

Progetti Donzelli

Patavina Libertas

Una storia europea dell'Università di Padova (1222-2022)

PIANO DELL'OPERA

Libertas

Tra religione, politica e saperi

a cura di Andrea Caracausi, Paola Molino, Denny Solera

Stranieri

Itinerari di vita studentesca tra XIII e XVIII secolo

a cura di Maria Cristina La Rocca e Giulia Zornetta

Intellettuali e uomini di corte

Padova e lo spazio europeo fra Cinque e Seicento

a cura di Ester Pietrobon

L'Università delle donne

Accademiche e studentesse dal Seicento a oggi

a cura di Andrea Martini e Carlotta Sorba

Alla prova della contemporaneità

Intellettuali e politica dall'Ottocento a oggi

a cura di Carlo Fumian

La filosofia e le lettere

Le origini, la modernità, il Novecento

a cura di Vincenzo Milanese

Arti e architettura

L'Università nella città

a cura di Jacopo Bonetto, Marta Nezzo,

Giovanna Valenzano, Stefano Zaggia

Scienza e tecnica

Dalla rivoluzione scientifica alla rivoluzione digitale

di Giulio Peruzzi e Valentina Roberti

L'arte medica

La scuola padovana e la medicina in Europa e nel mondo

a cura di Giovanni Silvano

Giulio Peruzzi e Valentina Roberti

SCIENZA E TECNICA

Dalla rivoluzione scientifica
alla rivoluzione digitale

Presentazione di
Daniela Mapelli e Annalisa Oboe

Questo volume fa parte dell'opera
Patavina Libertas.
Una storia europea dell'Università di Padova (1222-2022)

1222·2022
800
A N N I



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



© 2022 Donzelli editore e Padova University Press

Donzelli editore, Roma
Via Mentana 2b
www.donzelli.it

ISBN 978-88-5522-366-9

Indice

- p. VII **Presentazione**
di Daniela Mapelli e Annalisa Oboe
- 3 **Introduzione. Scienza e tecnica dalla rivoluzione scientifica
alla rivoluzione digitale**
- I. Le istituzioni**
- 19 1. Cenni sull'organizzazione degli studi dal 1222 al 1405
- 22 2. Lo Studio patavino durante la dominazione della Serenissima
(1405-1797)
- 31 3. Riforme e organizzazione universitaria durante la dominazione
napoleonica (1805-13): l'introduzione delle facoltà
- 35 4. Assetto istituzionale dell'Università di Padova sotto gli austriaci
(1813-66)
- 47 5. Istituzioni e riforme dopo l'Unità d'Italia
- II. Gli sviluppi della scienza dalla rivoluzione scientifica
al Novecento**
- 68 1. L'ingresso della scienza moderna in ambiente accademico
tra Seicento e Settecento
- 118 2. La scienza nell'Ottocento e le successive articolazioni disciplinari
- 168 3. I progressi delle scienze e la nascita di nuovi settori disciplinari
nel Novecento
- III. Gli sviluppi dell'ingegneria dalle botteghe artigiane a oggi**
- 217 1. Artigiani e tecnici nell'università, nelle accademie e nel territorio
nel Seicento e nel Settecento
- 223 2. L'ingegneria nell'Ottocento: l'affermazione della figura
dell'ingegnere in ambiente accademico e la Scuola di applicazione
per gli ingegneri

244	3. Dall'ingegneria elettrotecnica all'ingegneria aerospaziale
271	4. I gabinetti tecnico-scientifici e la loro evoluzione
277	Ringraziamenti
279	Bibliografia ragionata
299	Elenco delle illustrazioni
305	Indice dei nomi
311	Gli autori

Presentazione

Il 2022 è una data iconica per l'Università di Padova, per la città che la ospita dalle sue origini e per quanti in Europa e nel mondo hanno condiviso scienza, cultura e libertà come principi fondanti della società.

Le celebrazioni per gli otto secoli dell'Ateneo sono un traguardo ragguardevole che, pur rendendoci orgogliosi, potrebbe farci sentire il peso degli anni. Invece crediamo che questo momento storico abbia il compito di aprire con entusiasmo al nostro nono secolo, e siamo profondamente grati, nelle sfide che ci attendono, di poter contare su una storia lunga, punteggiata da grandi conquiste e da figure gigantesche di uomini e donne nella scienza, nella cultura, nelle arti. È questa vita duratura e piena dell'istituzione che permette a noi che siamo venuti dopo di salire sulle spalle dei giganti. La storia, ma anche la scienza e la conoscenza si fanno guardando al futuro, nelle dis/continuità rispetto a ciò che ci ha preceduto.

L'ottocentesimo anniversario si è presentato per tempo come un'opportunità per riconsiderare il ruolo dell'Ateneo nella creazione e nella diffusione del sapere e per valorizzare quella dimensione internazionale che gli fu propria fin dalla fondazione nel 1222. Tale volontà di recupero di un rapporto vivo con il passato si è configurata anche come un'occasione straordinaria per rilanciare gli studi storici sulla nostra Università e per renderne più leggibile e inclusiva l'immagine in questo passaggio epocale.

I volumi che compongono la collana editoriale che abbiamo chiamato *Patavina Libertas. Una storia europea dell'Università di Padova* costituiscono un'opera organica, fondata su solide ricerche d'archivio che insistono su assi tematici che ancorano saldamente la storia dell'Università di Padova al contesto europeo-internazionale e al valore fondante della libertà.

Ci fa molto piacere che il lavoro di giovani ricercatori e ricercatrici, sotto la guida sicura di figure esperte di Dipartimenti e Centri dell'Ateneo, si sia mosso nella direzione auspicata di fornire un'immagine della complessità e dello spessore scientifico-culturale-intellettuale-politico della lunga vita dell'istituzione, e sia ora reso visibile e condiviso in pubblicazioni di alta divulgazione informative e attraenti, che un pubblico ampio, non necessariamente di specialisti, potrà apprezzare.

Mobilità di persone e saperi, libertà, sviluppo scientifico, innovazione tecnologica, patrimonio culturale, dialogo fra università e politica, partecipazione femminile e trasformazione sociale sono alcune delle parole chiave di questa narrazione lunga otto secoli che affidiamo alle nuove generazioni. L'auspicio è che possano continuare a credere che l'università ha un ruolo centrale nella costruzione di un mondo sano, libero, democratico e sostenibile.

Daniela Mapelli, Rettrice

Annalisa Oboe, Coordinatrice
del progetto Patavina libertas

Scienza e tecnica

Introduzione

Scienza e tecnica dalla rivoluzione scientifica alla rivoluzione digitale

La nascita della scienza moderna non ha una data precisa, né un luogo circoscritto. La sua fase di gestazione, oggi nota come «rivoluzione scientifica», abbraccia un periodo di quasi centocinquant'anni, emblematicamente racchiuso tra il 1543, data della pubblicazione del *De Revolutionibus Orbium Coelestium* di Copernico, e il 1687, data di pubblicazione dei *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* di Newton. E coinvolge non una singola città né un singolo paese, ma l'Europa intera, che attraverso l'umanesimo e il Rinascimento raccoglie l'eredità dei formidabili sviluppi medievali della scienza islamica. Proprio tra XV e XVI secolo, a partire dall'Italia, si producono una serie di profondi cambiamenti che portano a un ripensamento dei rapporti tra conoscenza pura e applicata, in cui affonda le sue radici la rivoluzione scientifica.

Sia Platone sia Aristotele avevano disprezzato l'arte meccanica e il lavoro manuale, e l'assimilazione dell'opposizione tra schiavi e liberi a quella tra tecnica e scienza – cioè tra conoscenza rivolta alla pratica, all'uso, al soddisfacimento di bisogni quotidiani, e conoscenza rivolta alla contemplazione della verità – era andata consolidandosi nei secoli. Le sette arti liberali (del trivio: grammatica, retorica e dialettica; e del quadrivio: aritmetica, geometria, musica e astronomia) erano appunto proprie degli uomini liberi, mentre quelle meccaniche e manuali erano proprie dei non liberi o degli schiavi. Un primo significativo cambiamento si ha nell'Italia del XV secolo dall'incontro tra artisti e personaggi dediti alle arti liberali. L'artista riceveva all'epoca una formazione polivalente, che iniziava nella bottega di un maestro nella quale apprendeva, prima di specializzarsi, non solo le nozioni relative alla pittura e alla scultura, ma anche una vastissima serie di conoscenze riguardanti, per esempio, le proprietà dei pigmenti e dei metalli, la statica, la

dinamica, la resistenza dei materiali. Nelle botteghe artigiane si era andata quindi formando una vasta cultura scientifica e tecnica, certo non ancora sistematizzata, non riassunta in manuali, ma tramandata da maestro ad allievo. E così in una sola persona spesso si sovrapponevano all'artista propriamente detto quelle competenze che, usando termini moderni, diventeranno proprie dell'architetto, dell'urbanista, dell'esperto di fortificazioni e di balistica, dell'ingegnere, dello scienziato dei materiali, del matematico pratico. Tra i nomi di questi versatili artisti-tecnici ricordiamo, tra gli altri, Brunelleschi, Verrocchio, Mantegna, Leonardo da Vinci, Dürer.

La nuova poliedricità della formazione e dell'attività dell'artista favorì progressivi contatti tra questi artisti e studiosi (oggi li chiameremmo scienziati, ma il termine «scienziato» nell'accezione moderna comparirà molto dopo) quali Paolo dal Pozzo Toscanelli, Luca Pacioli, Cardano, Tartaglia, Peurbach, Regiomontano, che dell'artista-artigiano utilizzarono spesso l'opera. Da questi contatti tra studiosi e artisti, tra filosofi e persone dedite alle arti manuali nasce lentamente una nuova immagine dello studioso con interessi scientifici e una progressiva rivalutazione della tecnica e dei manufatti come strumenti non solo funzionali al progresso della conoscenza ma simbolo stesso della conoscenza. L'iconografia dell'epoca è fedele specchio di questa nuova epoca nella quale la progressiva emancipazione dalle dottrine che si rifacevano all'aristotelismo permette agli strumenti scientifici di diventare elementi sempre più centrali dello sviluppo della scienza della natura, all'epoca chiamata «filosofia naturale». Queste esperienze seminali del Quattrocento sono alla base della rivalutazione cinquecentesca delle arti meccaniche e della difesa sempre più decisa della loro dignità nell'ambito della cultura, una difesa che verrà ripresa tra gli altri da Galileo, Bacone e Cartesio. Proprio per questo, se gli strumenti scientifici presenti nel mondo antico e medievale, come la bilancia, il compasso, l'astrolabio, gli orologi solari o meccanici, erano il risultato di un lento processo di sviluppo, con il Quattrocento e il Cinquecento si assiste a un grande impulso nel loro perfezionamento e nella loro diffusione che prelude a quella ricca fase di invenzione che si inaugurerà con i primi anni del Seicento.

Quando, più di due anni fa, ci siamo impegnati a scrivere questo libro in occasione degli ottocento anni dalla fondazione dell'Università di Padova, abbiamo subito chiarito che il punto di partenza sarebbe stato proprio la rivoluzione scientifica: da qui infatti nasce la scienza moderna come settore autonomo della cultura, e sempre da qui prende le mosse lo sviluppo della tecnica, che acquisterà molti dei suoi moder-

ni connotati quasi un secolo dopo con la prima rivoluzione industriale. Gli sviluppi della conoscenza della natura precedenti alla rivoluzione scientifica sono prima di tutto parte della riflessione filosofica, e per questo si rimanda al volume *La filosofia e le lettere* curato da Vincenzo Milanesi di questa opera.

Proprio al centro del lungo periodo di gestazione della rivoluzione scientifica si colloca l'opera di Galileo, che trascorse diciotto fondamentali anni della sua vita proprio all'Università di Padova. La grandezza di Galileo sta nella sua consapevole presa di distanza dalla tradizione dominante e in un approccio ai problemi della conoscenza della natura così innovativo che quando si leggono i suoi scritti sembra di leggere gli scritti di uno scienziato di oggi. Anche per questo la sua opera è diventata l'emblema di una svolta. Prima di Galileo la conoscenza dei fenomeni naturali era essenzialmente legata all'osservazione diretta; da Galileo in poi l'osservazione si integra con la sperimentazione. Prima di Galileo gli strumenti erano pochi, usati per compiere misure in ambiti quali la topografia, la navigazione, la geodesia o l'astronomia, e più spesso impiegati per soddisfare bisogni quotidiani; da Galileo in poi gli strumenti diventano ineliminabili ausili per ampliare le conoscenze scientifiche. Non è un caso che Galileo, nominato nel 1605 accademico della Crusca, concorra alla nuova definizione del termine *meccanico* come aggettivo delle «arti» e della «scienza». Questa è ben documentata nel passaggio dalla prima alla seconda edizione del *Vocabolario degli accademici della Crusca*. Nella prima edizione del 1612 si legge infatti alla voce *meccanico*: «Aggiunto all'arti, vale, manuali, e vili, a distinzione delle, nobili, e liberali»; mentre nella seconda del 1623 è scritto: «Aggiunto all'arti, vale, manuali, ingegnosa distinzione delle liberali», e si aggiunge una definizione: «E meccaniche, si dice a quella scienza, per la quale si misura la resistenza, o momento de' pesi, e s'agevola il maneggiargli». L'aggiunta apportata nella seconda edizione apre la strada alla moderna accezione del termine *scienza meccanica*, o semplicemente *meccanica*, che nei secoli XVIII e XIX acquisterà il significato di studio della cinematica, statica e dinamica dei corpi ponderabili, fluidi o solidi. La rivalutazione delle arti meccaniche e dei manufatti al fine di produrre conoscenza è chiaramente espressa da Galileo nel seguente passo dei *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze*, del 1638:

SALV. Largo campo di filosofare a gl'intelletti specolativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, Signori Veneziani, ed in particolare in quella parte che meccanica si domanda; atteso che quivi ogni sorte di strumento e di machina vien continuamente posta in opera da numero grande

d'artefici, tra i quali, e per l'osservazioni fatte da i loro antecessori, e per quelle che di propria avvertenza vanno continuamente per sé stessi facendo, è forza che ve ne siano de i peritissimi e di finissimo discorso.

SAGR. V.S. non s'inganna punto: ed io, come per natura curioso, frequente per mio diporto la visita di questo luogo e la pratica di questi che noi, per certa preminenza che tengono sopra 'l resto della maestranza, domandiamo protti; la conferenza de i quali mi ha più volte aiutato nell'investigazione della ragione di effetti non solo meravigliosi, ma reconditi ancora e quasi inopinabili.

Prima di Galileo la filosofia naturale (in seguito scienza della natura) si era ridotta a descrivere il mondo naturale sulla base di regole codificate *in libris*; dopo Galileo essa è la libera e rigorosa esplorazione di «nuovi continenti», con l'utilizzo delle «sensate esperienze» (cioè basate sui sensi, per osservazione diretta o tramite esperimenti) e delle «certe dimostrazioni» (cioè attraverso l'applicazione sistematica della matematica). Come scriverà nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* del 1632:

E qual cosa è più vergognosa che il sentir nelle pubbliche dispute, mentre si tratta di conclusioni dimostrabili, uscir un di traverso con un testo, e bene scritto in ogni altro proposito, e con esso serrar la bocca all'avversario? Ma quando pure voi vogliate continuare in questo modo di studiare, deponete il nome di filosofi, e chiamatevi storici o dottori di memoria; ché non conviene che quelli che non filosofano mai, si usurpino l'onorato titolo di filosofi [...].

Signor Simplicio, venite pure con le ragioni e con le dimostrazioni, vostre o di Aristotile, e non con testi e nude autorità, perché i discorsi nostri hanno a essere intorno al mondo sensibile, e non sopra un mondo di carta.

Prima di Galileo la matematica aveva finito per assumere un ruolo marginale nella filosofia naturale, dopo Galileo la formalizzazione matematica diventerà uno dei tratti connotativi della scienza della natura. Come si legge ne *Il Saggiatore*, il testo diventato il manifesto del metodo della *scienza nuova*:

Parmi, oltre a ciò, di scorgere nel Sarsi [Lotario Sarsi, *alias* Orazio Grassi] ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all'opinioni di qualche celebre autore, sì che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso d'un altro, ne dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda; e forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'Iliade e l'Orlando Furioso, libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero. Sig. Sarsi, la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto dinanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente la parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Prima di Galileo la conoscenza naturale soggiaceva ad autorità politiche o religiose; dopo Galileo si afferma l'essenziale libertà della ricerca e il primato della ragione. Particolarmente significativo a tal proposito è il seguente passo di una lettera scritta nel 1624 a Francesco Ingoli, all'epoca segretario della Congregazione de Propaganda Fide della Curia romana:

Or qui, prima ch'io passi più oltre, vi dico che, nelle cose naturali, l'autorità d'uomini non val nulla; ma voi, come legista, mostrate farne gran capitale: ma la natura, Signor mio, si burla delle costituzioni e decreti de i principi, degl'imperatori e de i monarchi, a richiesta de i quali ella non muterebbe un iota delle leggi e statuti suoi.

Aristotele fu un uomo, vedde con gli occhi, ascoltò con gli orecchi, discorse col cervello. Io son uomo, veggio con gli occhi, e assai più che non vedde lui: quanto al discorrere, credo che discorresse intorno a più cose di me; ma se più o meglio di me, intorno a quelle che abbiamo discorso ambedue, lo mostreranno le nostre ragioni, e non le nostre autorità.

Prima di Galileo il latino era la lingua predominante nei testi di filosofia naturale; dopo Galileo inizia a diffondersi l'uso del volgare, accompagnato dall'esigenza di introdurre nuove definizioni di termini in uso e neologismi sia per nominare nuovi strumenti o nuovi effetti, sia per evitare che il significato di uso comune di una parola potesse viziare il significato del termine scientifico. I settori di ricerca inaugurati da Galileo e gli strumenti inventati o perfezionati da lui e dai suoi allievi, come il telescopio, il microscopio, il barometro, saranno le premesse degli sviluppi della scienza e della tecnica fino ai nostri giorni.

Chiarito quindi il punto di partenza della nostra trattazione ed evidenziati, con riferimento emblematico all'opera galileiana, alcuni fondamentali caratteri della svolta introdotta dalla «rivoluzione scientifica», ci soffermiamo ora su alcune considerazioni generali che fanno da premessa alla nostra ricostruzione storica degli sviluppi della scienza e della tecnica a Padova dal XVII secolo ai giorni nostri. Diciamo subito che preferiamo parlare di scienza e non di scienze della natura, per sottolineare il fatto che la scienza che indaga i fenomeni naturali ha alcuni capisaldi metodologici comuni a tutti i suoi settori, quali la fisica, la chimica, la geologia, l'astronomia, la biologia, la cosmologia.

Un'altra considerazione importante, e che risalterà dalle pagine seguenti, riguarda il fatto che le discipline che oggi compongono la scienza non acquistano tutte contemporaneamente, al momento della rivoluzione scientifica, i caratteri dei settori scientifici moderni. Indicativamente si può dire che la scansione temporale con cui i vari settori en-

trano nell'alveo della scienza moderna è la seguente: la fisica e la parte dell'astronomia che oggi chiamiamo meccanica celeste nel Seicento; la chimica verso la fine del Settecento; nel corso dell'Ottocento si susseguono la geologia, la biologia e l'astronomia scientifica o astrofisica; nel Novecento la cosmologia scientifica. Le ragioni di queste diverse fasi di maturazione dei vari settori della scienza moderna sono molteplici, ma sicuramente una di queste è la diversa complessità dei fenomeni oggetto di investigazione. In molti casi, prima di poter trovare un modello esplicativo soddisfacente, cioè quella che chiamiamo una teoria scientifica, è necessaria una fase descrittiva, nella quale ci si affida alla catalogazione, alla costruzione di una tassonomia e di una prima nomenclatura. È il caso della chimica, della botanica, della zoologia, ma anche dell'astronomia con i suoi cataloghi di stelle prima dell'avvento della spettroscopia. Dopo questa fase descrittiva è allora possibile, in misura diversa a seconda della complessità dei fenomeni oggetto delle ricerche, introdurre una formalizzazione matematica, anche se parziale, disponendo al contempo di osservazioni ed esperimenti riproducibili. Nasce così un nuovo settore della scienza della natura. Non bisogna dimenticare, inoltre, che esistono alcuni settori, in particolare la geologia, la biologia e la cosmologia, che manifestano, almeno originariamente, una specificità che potremmo definire «storica». La geologia studia come è fatta la Terra e la storia dei suoi mutamenti. La biologia studia gli organismi viventi e la loro storia evolutiva, sulla base dell'unica forma di vita che conosciamo, quella basata sul carbonio. La cosmologia studia l'universo nel suo insieme e la sua storia. È ovvio che, a differenza di quanto avviene per la fisica e la chimica dove si possono riprodurre in laboratorio tante copie dei fenomeni da studiare, in questi settori il modo di procedere è molto più complesso e criteri come quello della riproducibilità dei dati possono diventare problematici: se ho a disposizione una sola Terra, una sola forma di vita, un solo universo, necessariamente l'elemento di ricostruzione storica o evolutiva diventa centrale, almeno originariamente. In seguito, la fertilizzazione incrociata dei vari settori disciplinari con osservazioni, esperimenti e teorie provenienti dai settori più maturi, porta sicuramente a una convergenza delle forme e dei metodi di ricerca nei diversi ambiti disciplinari. Per esempio, la biologia moderna mutua una serie di conoscenze che provengono dalla chimica e dalla fisica, che a loro volta ripensano i loro ambiti di ricerca anche in riferimento alla biologia.

Una terza considerazione su cui soffermarsi è che negli stessi anni in cui nasce la *scienza nuova*, definendo i suoi ambiti di applicazione e

il suo metodo, si chiariscono quelli che potremmo chiamare i valori o le norme fondamentali del suo *ethos*. Questi valori si trovano chiaramente riassunti in un articolo pubblicato da Robert Merton nel 1942 dal titolo *A note on science and democracy*. Merton individua quattro valori che riassumono l'*ethos* della scienza. Le prime tracce di questi valori emergono già con la rivoluzione scientifica, ma ovviamente nell'articolo vengono enucleati alla luce degli sviluppi successivi della scienza, ed entro certi limiti, della tecnica e del nuovo contesto sociale, politico ed economico del XX secolo.

Il primo è l'«universalismo», inteso come indipendenza da etnia, nazionalità, religione, classe sociale. A questo proposito Merton cita un'affermazione contenuta nel discorso del 1888, con il quale Louis Pasteur inaugurava il suo istituto: «lo scienziato ha una patria, la scienza no». Il secondo valore è il «comunismo», nel significato esteso del termine, come «proprietà comune» delle acquisizioni scientifiche e tecnologiche, che mette in discussione l'effettiva congruenza dello sviluppo scientifico in un'economia capitalistica. Nelle relazioni tra scienza e mercato esistono inevitabilmente tensioni tra il carattere pubblico della scienza e «la definizione di tecnologia come “proprietà privata” in un'economia capitalista». Ovviamente Merton non pensava all'abolizione del mercato, e neppure si opponeva al fatto che la scienza e la tecnica dovessero contribuire alla crescita economica. Ma insisteva tuttavia sull'importanza di trovare appropriati e sostenibili bilanciamenti tra questi *ethos* incompatibili, quello del capitalismo e quello della scienza e della tecnica, così caratteristici delle moderne società. Il terzo valore è il «disinteresse», non nel senso che uno scienziato sia per forza un altruista, ma che per fare scienza ogni tentativo di frode alla fine viene punito grazie al controllo dei risultati. A ben vedere, questo è possibile grazie a uno dei caratteri connotativi del pensiero scientifico e tecnologico rispetto ad altri settori della cultura: il suo essere vincolato alla verifica sperimentale e alla riproducibilità dei risultati ottenuti. Infine il quarto valore è lo «scetticismo organizzato», inteso come l'uso sistematico della ragione e la sospensione del giudizio fino a che non ci siano fatti acclarati, un valore che, come osserva Merton, «le società totalitarie» cercano di arginare ricorrendo «all'anti-razionalismo e alla centralizzazione del controllo istituzionale». Quest'ultima critica di Merton relativa al conflitto tra scienza e società totalitarie è sicuramente legata al contesto in cui viene pubblicato l'articolo: siamo in piena seconda guerra mondiale e non si può prescindere da un riferimento ai regimi fascisti e nazisti, tra le cui conseguenze c'è quella diaspora degli scienziati

europei che di fatto è all'origine dello spostamento del baricentro della ricerca scientifica e tecnologica dall'Europa agli Stati Uniti d'America. D'altra parte, la riflessione di Merton ben si addice anche alla situazione in cui matura la rivoluzione scientifica. La *scienza nuova* nasce infatti in un contesto in cui non si può certo dire che gli scienziati fossero quietamente dediti alle loro ricerche. Come osserva Paolo Rossi:

In quei decenni l'Europa non vide solo i processi alle streghe e l'opera dei tribunali dell'Inquisizione (per cui il nostro pensiero va a Giordano Bruno bruciato sul rogo o al processo a Galileo). Essa fu testimone della Guerra dei Trent'anni, fu attraversata in lungo e in largo da eserciti di mercenari che commisero ogni sorta di nefandezze; e la peste dimezzò gli abitanti di città come Milano, Siviglia, Napoli, Londra.

Eppure solo all'interno di una Repubblica ideale, che tendeva a rendersi indipendente dalle lotte, dai contrasti, dalle miserie del mondo poteva nascere la stupefacente affermazione – che è di Francesco Bacone – secondo la quale una scienza esercitata in vista della gloria o della potenza del proprio paese è qualcosa di moralmente meno nobile di una scienza che si pone al servizio dell'intera umanità.

Non è un caso che, prima di entrare nelle università, la ricerca in ambito scientifico venisse primariamente svolta nelle accademie nate nel corso del Seicento. È qui che si dà corpo, non senza difficoltà, a quella «Repubblica ideale» nella quale si delineano gli elementi che connotano la *scienza nuova*: la libera discussione e circolazione delle idee e dei risultati; il lavoro di gruppo senza gerarchie precostituite; la definizione di regole di metodo e di comportamento; il confronto e la critica delle proposte e dei risultati ottenuti dagli altri sulla base dell'uso di esperimenti, dimostrazioni, teorie.

L'ultima considerazione generale riguarda la vocazione della scienza e della tecnica a non avere confini, una vocazione strettamente legata non solo al valore dell'«universalismo», ma anche al suo statuto epistemologico nel quale la riproducibilità dei risultati è elemento imprescindibile. Non si può quindi parlare degli sviluppi scientifici e tecnologici a Padova senza avere un'idea di cosa succeda nel resto del mondo.

Avendo in mente queste premesse si può meglio cogliere il senso della struttura data al volume. I tre capitoli di cui si compone sono dedicati rispettivamente allo sviluppo delle istituzioni universitarie, alla storia della scienza e alla storia della tecnica dal XVII secolo ai nostri giorni. L'intento è quello di offrire al lettore una ricostruzione storica che permetta non solo di seguire gli sviluppi della didattica e della ricerca nei settori scientifici e tecnologici, ma anche di comprendere come si

è arrivati alla loro attuale articolazione. Questo cammino non è stato sempre lineare, ma in esso l'Università di Padova ha svolto a più riprese un ruolo rilevante. Nella bibliografia finale sono raccolte, capitolo per capitolo, le fonti citate nel testo e ulteriori riferimenti per chi volesse approfondire la storia della scienza e della tecnica in generale e a Padova.

Nel primo capitolo, dopo una breve e necessaria sintesi sulla situazione universitaria medievale, ci si concentra sulle varie fasi che porteranno, dopo la rivoluzione scientifica, all'inserimento della formazione scientifica e poi tecnologica nelle università. Vale la pena notare che questo avviene, in Europa e in Italia, con un certo ritardo rispetto alla rivoluzione scientifica. Solo nel corso del Settecento infatti materie relative alla scienza moderna troveranno una loro collocazione in ambito universitario, e solo nel corso dell'Ottocento anche la formazione in ambito tecnico entrerà nei percorsi di alta formazione. Inoltre, se la didattica, missione primaria delle università fin dalle sue origini, sarà aggiornata per prima, la trasformazione delle università in centri in cui si svolge la ricerca scientifica prima, e tecnologica poi, avverrà solo in seguito. Questo percorso, peraltro, è anticipato dalle università europee rispetto a quelle italiane, anche se tra quelle italiane l'Università di Padova sarà spesso all'avanguardia. Nel capitolo vengono evidenziati i vari momenti di svolta, mettendo insieme informazioni spesso frammentarie e incomplete mutate da varie fonti relative alla storia delle università europee e italiane, concentrando poi l'attenzione su quanto avviene all'Università di Padova. Il quadro che emerge sottolinea luci e ombre dello sviluppo dell'Ateneo patavino, e lungimiranti richieste di riforma, avanzate già nel Settecento da docenti dell'Università, finiscono per essere attuate solo lentamente, stante anche il contesto politico, sociale ed economico del Veneto. È banale osservare infatti che finché la società, la classe politica e quella imprenditoriale di una nazione o di un territorio non riconoscono il ruolo della scienza, degli scienziati e degli ingegneri nella crescita della cultura e del benessere, è difficile che la didattica e la ricerca in ambito scientifico e tecnologico entrino a pieno titolo nelle università. Questo processo di accreditamento, specie nel settore dello sviluppo tecnologico, è più lento nel Veneto che in altre parti d'Italia e d'Europa, ed è una delle ragioni di alcuni tratti che connotano ancora oggi il Veneto nelle relazioni tra la sua classe politica e imprenditoriale e le sue università, di cui quella patavina è sicuramente la più avanzata e di più lunga tradizione.

Il secondo capitolo è dedicato alla scienza e alla sua progressiva istituzionalizzazione dal XVII secolo a oggi, sottolineando il fatto che la

scienza moderna non entra nelle università europee con Galileo ma solo verso la fine del Seicento, e in Italia solo nei primi decenni del Settecento. Per ogni settore disciplinare, che via via si affaccia alla scienza moderna, viene dato inizialmente un inquadramento generale dei suoi sviluppi nel periodo, seguito da un'esposizione di quanto succede a Padova. Non sarebbe stato possibile, forse non c'è bisogno di dirlo, fornire anche solo una sintesi della storia della scienza dal XVII al XXI secolo. Abbiamo solo illustrato, con inevitabili semplificazioni e con qualche omissione, un quadro di riferimento che potesse permettere di cogliere il ruolo giocato dall'Università di Padova, spesso al passo coi tempi se non addirittura all'avanguardia rispetto agli sviluppi della scienza moderna, prima eminentemente europei e poi internazionali. Tuttavia si notano a Padova differenze anche marcate tra settori disciplinari, alcuni dei quali, a seconda del periodo considerato, faticano a seguire le novità che in altri paesi sono ormai acquisite. Questo vale in particolare nei momenti in cui certi ambiti di didattica e di ricerca si costituiscono come nuove branche della scienza. In questo senso, emblematico è il caso della chimica, che anche dopo la rivoluzione di Lavoisier rimarrà per un certo tempo ancorata alle precedenti teorie del flogisto. Uno stesso ritardo si nota peraltro quando nascono, all'interno dello stesso ambito disciplinare, nuovi quadri interpretativi, come nel caso della fisica a cavallo tra Ottocento e Novecento.

Prima di passare al terzo capitolo ci preme chiarire che se la scienza moderna nasce in Europa, questa non è la scienza europea distinta dalla scienza di altri continenti: matura infatti nel corso dell'Ottocento l'idea che la scienza della natura è una sola. Oggi gli scienziati dell'India, della Cina, dell'Africa, dell'America Latina, degli Stati Uniti, dell'Europa, insomma di tutto il mondo, quando fanno ricerca parlano un'unica lingua, si riferiscono alle stesse teorie e agli stessi dati sperimentali. Quello che li differenzia sono le analogie, le metafore, le immagini mutuata dalle loro culture che li guidano nella costruzione del sapere scientifico. Una ricchezza e pluralità che concorre allo sviluppo di un'unica scienza della natura.

Il terzo e ultimo capitolo del volume è dedicato agli sviluppi della didattica e della ricerca nell'ambito della tecnica, che oggi costituisce qualitativamente e quantitativamente un settore fondamentale dell'eccellenza patavina. Ricordiamo che, dopo la rivalutazione seicentesca delle arti meccaniche, la cultura tecnologica si sviluppa inizialmente nelle botteghe artigiane per istituzionalizzarsi solo tra Settecento e Ottocento sulla spinta delle rivoluzioni industriali. Non è un caso che la figura dell'in-

gegneri e della sua formazione accademica nasca solo nell'Ottocento proprio a partire dai paesi protagonisti delle rivoluzioni industriali, in particolare Gran Bretagna, Francia e Germania. In questo senso l'Italia in generale, e in essa anche Padova, manifesta ritardi significativi.

Un'osservazione generale si impone a questo punto. La scienza e la tecnica moderne condividono, come abbiamo detto, una comune origine nell'ambito della rivoluzione scientifica. Tuttavia, almeno fino all'Ottocento, i loro rapporti con la società, la classe politica e la classe imprenditoriale manifestano marcate diversità. Se è infatti via via sempre più difficile essere creativi in ambito tecnologico senza una solida base scientifica, questa condizione è sicuramente necessaria, ma non sufficiente. Il territorio, regione o nazione che sia, deve essere maturo dal punto di vista culturale e imprenditoriale per sostenere davvero lo sviluppo della didattica e della ricerca in ambito tecnologico. Vedremo che nel caso dell'Italia in generale, e del Veneto in particolare, questa maturazione avviene faticosamente solo in tempi relativamente recenti. Non è un caso che la figura dell'ingegnere – e la sua formazione accademica – nasca di fatto compiutamente solo dopo l'Unità. E non è un caso che il primo Politecnico italiano sorga a Milano nel 1863 e il secondo a Torino nel 1906: due città capoluogo di regioni con un ampio sviluppo industriale, basato non solo su piccole e medie imprese ma anche su grandi imprese. Diversa è la situazione del Veneto, ben illustrata dalla vicenda di Enrico Bernardi, docente dell'Ateneo patavino, a cui si deve la prima industria automobilistica italiana. Un'industria veneta che dopo diverse vicissitudini verrà chiusa. Enrico Bernardi e il figlio Lauro passeranno allora alla neonata Fiat di Torino. La ricostruzione della storia della tecnica in ambito veneto vuole avere anche questa fondamentale funzione: ripensare, alla luce delle vicende del passato, anche recente, le scelte fatte dalla classe politica e imprenditoriale veneta. Un ripensamento che dovrebbe favorire nuove scelte per il futuro di cui oggi si osservano solo pochi, anche se talvolta significativi, segnali.

Questo terzo capitolo ha caratteri peculiari rispetto al precedente. Avendo come punto di riferimento quanto avviene all'Università di Padova, la storia che viene ricostruita si concentra maggiormente sul periodo che parte dalla seconda metà dell'Ottocento. In secondo luogo, più difficile è stata la ricerca delle fonti che permettessero un puntuale riferimento alla successione degli eventi, alcuni dei quali, si veda il caso della nascita della didattica e della ricerca nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione, risalgono solo a poche decine di anni fa. Questa difficoltà risiede anche nel fatto che pochi sono i lavori di rico-

struzione storica disponibili, e in questo senso il nostro contributo non può che configurarsi come un primo passo in questa direzione.

Mentre scrivevamo questa introduzione scoppiava, con l'invasione da parte della Russia, l'assurda guerra in Ucraina. Non è certo questa la sede per fare analisi di questo conflitto, o di quanto sia successo dalla caduta del Muro di Berlino del 1989, o dalla firma degli accordi di Minsk del 2014 e del 2015 per arrivare a questa nuova guerra in Europa. E non è questa certamente la sede per fare appelli. Tuttavia proprio la storia della scienza e della tecnica che qui viene proposta può fornire spunti importanti di riflessione. I valori alti e cosmopoliti di cui questi settori della cultura sono portatori sono infatti un importante riferimento per affrontare criticamente le vicende della storia, anche quelle più tragiche e che ci toccano più da vicino, stimolando una soluzione positiva dei conflitti.

La prima riflessione prende spunto da una conferenza dal titolo *Anti-Science and Anti-Technology Movement in the Us and Ussr*, svoltasi il 2-3 maggio 1991 al Massachusetts Institute of Technology (Mit), dopo la caduta del Muro di Berlino. Era questa la prima di una serie di conferenze tra Stati Uniti e Unione Sovietica centrate sulla riflessione della dimensione politica e sociale della scienza e della tecnologia. Gerald Holton, un noto storico della scienza, nel suo intervento alla conferenza rilevava come, nonostante si possano giudicare «gli eccessi prodotti dal nazionalismo, dal fondamentalismo, dai conflitti etnici o dalla celebrazione della violenza» i problemi più urgenti che la nostra civiltà dovrebbe affrontare, il vero tema con cui fare i conti sia l'«antiscienza», «se non altro perché è, storicamente e potenzialmente, ancora connesso in modo minaccioso con quegli altri, più ovvi pericoli». Riteneva infatti che movimenti che delegittimano la scienza sono sempre presenti e pronti a mettersi al servizio di forze che vogliono riorientare il corso della civiltà, per esempio tramite il populismo, le credenze popolari, la violenza, la mistificazione e un'ideologia che desta rabbia etnica e passioni nazionalistiche. A questo proposito Holton analizza quanto successo in Germania alla vigilia dell'avvento del nazismo, quando, tra gli anni venti e trenta si assiste alla nascita di quei movimenti che Fritz Stern chiama «luddisti culturali», che nel loro risentimento verso la società moderna cercano di distruggere l'intera «macchina culturale», e in particolar modo la scienza. Tra i più influenti ispiratori di questi movimenti, evidenzia Holton, vi era l'ideologo tedesco Julius Langbehn. Contro la scienza convenzionale, razionalista, specializzata, secolarizzata, positivista, si

diffondeva l'idea della scienza ariana, basata su concetti intuitivi, contraria alle formalizzazioni, tedesca. Politica e anti-scienza si incontrano in questo sovvertimento culturale. Se non si presta sufficiente attenzione a questi stravolgimenti culturali, i rischi per la nostra società, per la convivenza civile, sono altissimi. Il ragionamento di Holton è in qualche misura in linea con quanto sosteneva Merton nel suo articolo del 1942 sul prodursi di tensioni tra valori della scienza e contesto sociale e politico. Senza un richiamo a questi valori, che non può essere di pochi, i rischi per una società democratica possono aumentare. Tra gli esempi citati da Merton c'è il *Manifesto agli europei* di Nicolai e Einstein.

Nell'ottobre 1914, a seguito della reazione mondiale di condanna della Germania, che in agosto aveva invaso il Belgio violandone la neutralità, il governo tedesco tentò di correre ai ripari forzando gli intellettuali a pronunciarsi a sostegno del Reich. Venne così redatto il *Manifesto al mondo della cultura*, anche noto come *Manifesto dei 93*, che giustificava il militarismo tedesco come necessario per la difesa della cultura tedesca, il «più prezioso bene dell'umanità». Il manifesto che, oltre all'atteggiamento nazionalista, esprimeva anche un atteggiamento razzista, venne firmato da 93 personalità del mondo accademico, scientifico e umanistico. Tra gli scienziati spiccano i nomi di Paul Ehrlich, Fritz Haber, Felix Klein, Walther Nernst, Wilhelm Ostwald, Max Planck. Questo documento spinse Georg Friedrich Nicolai, un cardiologo pacifista di Berlino, a stendere un *Manifesto agli europei*, che condannava il nazionalismo, proponeva l'unione dell'Europa in un'unica entità politica e si opponeva alla guerra anche come causa della distruzione della cooperazione culturale europea. Einstein collaborò alla stesura di questo manifesto e alla sua promozione nel mondo culturale tedesco, non esitando a schierarsi contro l'ambiente accademico e l'atteggiamento nazionalistico prevalente. Nel testo di Nicolai e Einstein si legge:

Non è questo il luogo per discutere su come questo nuovo ordine in Europa possa essere realizzato. Vogliamo solo mettere in evidenza in linea di principio la nostra ferma convinzione che sia giunto il tempo in cui l'Europa debba agire come un'unica entità per preservare il suo territorio, la sua popolazione e la sua cultura. Crediamo che la volontà di agire unitariamente sia presente, anche se in forma latente, in molti. Esprimere collettivamente questa volontà speriamo possa darle forza.

Alla fine, ottennero l'adesione solo di Wilhelm Förster, ottantenne già direttore dell'Osservatorio di Berlino, e del giovane ricercatore Otto Buek (filosofo neo-kantiano, di tendenze politiche anarchiche). Solo quattro intellettuali presero posizione in difesa di uno dei capisaldi del-

l'*ethos* della scienza, disprezzando apertamente il nazionalismo e il razzismo contenuti nel *Manifesto dei 93*. Un numero troppo esiguo per evitare le deviazioni successive evidenziate da Holton che concorreranno all'avvento del nazismo. Tuttavia, come osserva Merton: «questa deviazione della norma dell'universalismo di fatto presuppone la legittimità di questa norma. Perché il "pregiudizio nazionalistico" è criticabile solo se giudicato nei termini dell'accezione usuale di universalismo; all'interno di un altro contesto istituzionale, esso viene ridefinito come una virtù, il patriottismo. Così, attraverso il processo che porta a disprezzare la loro violazione, i valori [dell'*ethos* della scienza] sono riaffermati». Se nell'immediato quindi l'effetto fu trascurabile, la testimonianza di Nicolai e Einstein resta comunque un'importante lezione per le generazioni successive.

Nel corso del XX secolo ci sono altri esempi significativi del rapporto tra scienza e tecnologia, da un lato, e società e sua organizzazione politica dall'altro. Ci limitiamo a ricordarne uno, particolarmente significativo in relazione alla guerra in Ucraina, ed è la lettera aperta alle Nazioni Unite di Niels Bohr del 9 giugno 1950. In essa il grande scienziato danese sostiene che le armi nucleari creano una situazione di pericolo mai incontrata prima dal genere umano. Ma proprio perché minacciano ugualmente tutte le nazioni, esse offrono un'opportunità unica per raggiungere un universale accordo a non farne uso, da cui può scaturire un'era di pace duratura. Scrive Bohr:

Qualunque garanzia che il progresso della scienza sia usato solo a beneficio del genere umano presuppone lo stesso tipo di atteggiamento di quello richiesto per realizzare la cooperazione tra le nazioni in tutti i settori della cultura. [...] La situazione richiede oggi l'atteggiamento più spregiudicato in tutte le questioni connesse con le relazioni internazionali. Oggi infatti è più necessario che mai rendersi pienamente conto dei doveri e delle responsabilità che l'essere cittadini del mondo comporta. [...] Il fine da porre sopra ogni altro è quello di un mondo aperto [dove ogni informazione circola liberamente ed è bandita ogni segretezza, un altro dei capisaldi della scienza moderna], nel quale ciascuna nazione possa affermarsi solo nei limiti in cui sia in grado di contribuire alla cultura comune e di aiutare le altre grazie alla propria esperienza e alle proprie risorse. [...] I ragionamenti qui presentati suggeriscono che ogni iniziativa, proveniente da qualsiasi parte, che si muova nella direzione di una rimozione degli ostacoli alla libera informazione reciproca e al libero scambio, sarebbe della massima importanza per rompere l'attuale situazione di stallo e incoraggiare altri a muoversi nella stessa direzione.

Un esempio del richiamo a uno dei valori dell'*ethos* della scienza in chiave di presa di posizione in favore di uno sviluppo democratico «in-

ternazionalista», sotto l'egida delle Nazioni Unite. Non a caso Bohr è tra i promotori, insieme a Pierre Auger e Edoardo Amaldi, della nascita del Cern a partire dal 1952: è di fatto il primo atto concreto di una cooperazione europea tra nazioni che uscivano da due guerre mondiali, con tragedie inenarrabili che le avevano viste schierate su fronti opposti.

Speriamo che una crescita di cultura scientifica e tecnologica diffusa, che non può prescindere dalla conoscenza della storia, possa almeno un poco contribuire oggi a fermare le guerre nel mondo, e domani a garantire il consolidarsi di una cultura di collaborazione pacifica tra i popoli.

I. Le istituzioni

Questo primo capitolo è dedicato a delineare, senza alcuna pretesa di esaustività, l'assetto istituzionale del sapere scientifico e tecnologico nell'Ateneo patavino nel corso dei secoli, tenendo presente che l'ingresso della scienza moderna in ambito universitario avviene solo nel corso del Settecento. D'altra parte, la scienza moderna nasce prima del Settecento, nel periodo della rivoluzione scientifica realizzatasi tra Cinquecento e Seicento, ma in questo periodo non sono le università, dunque nemmeno lo Studio di Padova, bensì le accademie a costituire il centro della formazione e della ricerca scientifica. Sarà solamente nei due secoli successivi che scienza e tecnica saranno in grado di trasformarsi in attività sociali organizzate con proprie istituzioni.

Tuttavia, la nascita della scienza moderna e ancora prima la rivalutazione delle arti meccaniche iniziata con l'umanesimo e il Rinascimento sono elementi importanti per comprendere le fasi aurorali dei nuovi settori disciplinari scientifici e tecnologici di cui illustreremo gli sviluppi nell'ambito del nostro Ateneo. Seguendo da vicino l'evoluzione delle discipline scientifiche e tecnologiche nel loro costituirsi come settori autonomi, ripercorreremo quindi le sostanziali modifiche e innovazioni che subisce l'assetto istituzionale fino al Novecento, alla luce dei particolari eventi storici e politici che investono non solo la città di Padova, ma anche l'Italia e l'Europa. L'intento è quello di disegnare una cornice entro la quale il lettore potrà meglio orientarsi nei seguenti capitoli di questo volume.

1. Cenni sull'organizzazione degli studi dal 1222 al 1405.

Per meglio comprendere l'assetto istituzionale dell'Ateneo agli albori della scienza moderna facciamo un breve cenno all'organizzazio-

ne degli studi dalla sua fondazione nel 1222 e fino al 1405, anno in cui la città di Padova, e contestualmente anche il suo Ateneo, passano sotto la dominazione della Repubblica di Venezia.

L'Università di Padova risale al 1222, anno in cui una migrazione di studenti e professori provenienti dall'Ateneo bolognese (la rinomata Alma Mater Studiorum, fondata nel 1088), in cerca di maggiore libertà accademica, porta alla fondazione dello Studio patavino, che assume fin dai suoi primi anni di vita un carattere di relativa stabilità. Con questo atto l'Università di Padova entra a pieno titolo tra i grandi centri culturali del mondo occidentale, insieme a Bologna, Oxford, Parigi e Cambridge, le prime università sorte in Europa rispettivamente nel 1088, 1096, 1150 e 1209. Dalla data della sua fondazione, infatti, si può registrare a Padova una regolare organizzazione universitaria, attestata dai primi documenti, i cosiddetti *rotuli*¹, che corrispondono ai moderni Prospetti degli studi. L'Ateneo nasce pertanto per gemmazione da una realtà prettamente studentesca, al contrario di ciò che accade nel resto d'Europa, dove l'università ha uno stato giuridico fondato da un'autorità, come il papa o l'imperatore. Tale originaria vocazione alla libertà verrà mantenuta e favorita in una prima fase dal Comune di Padova, successivamente dalla Signoria Carrarese, e continuerà a caratterizzare anche il periodo di maggiore splendore dell'Università, raggiunto a partire dalla dominazione della Serenissima. Non è un caso, dunque, che il motto della stessa Università reciti: «Universa universis patavina libertas», letteralmente «tutta intera, per tutti, la libertà nell'Università di Padova». Precisiamo comunque che, sebbene la libertà di cultura e di espressione abbia da sempre contraddistinto il nostro Ateneo, del celebre motto non se ne trovano tracce in testi anteriori agli anni quaranta del Novecento. A tutt'oggi, di fatto, non se ne conosce con esattezza l'origine: probabilmente esso viene coniato di concerto da Carlo Anti e Concetto Marchesi, entrambi rettori dell'Università (Anti dal 1932 al 1943, Marchesi solo nell'anno 1943) nei difficili anni della seconda guerra mondiale. Quel che è certo è che il motto compare inciso nell'Aula Magna a Palazzo del Bo nella sezione risistemata da Gio Ponti nel 1942.

¹ Nelle università medievali i *rotuli* sono intesi come supporto per la registrazione dei dati, antesignani dei più moderni Prospetti degli studi, entrati in vigore dal 1811. I *rotuli* sono fogli contenenti gli elenchi dei docenti e dei lettori chiamati a ricoprire i corsi universitari, le materie di insegnamento e gli orari delle lezioni. Per quanto riguarda lo Studio patavino, il primo *rotulus* pervenuto in forma completa risale all'anno 1430-31; durante la dominazione della Serenissima i *rotuli* vengono predisposti nelle riunioni delle corporazioni studentesche e approvati con votazione degli «elezionari» per i giuristi e dei consiglieri dei gruppi nazionali nell'università degli artisti.

Lo Studio sorge come Universitas Scholarium (secondo il modello bolognese) a indirizzo giuridico, ed è solo a partire dal 1399 che l'Università degli artisti (la Universitas Artistarum) raggiunge una propria autonomia separandosi completamente dai giuristi. A partire da questa data, gli studenti sono quindi distribuiti in due Università: Università degli artisti e Università dei giuristi, ciascuna presieduta da un proprio rettore e regolata da propri statuti. Per quanto concerne gli insegnamenti impartiti, rigorosamente in latino, possiamo individuare due grandi aree disciplinari: la prima riguarda gli insegnamenti di diritto civile e canonico, tenuti presso l'Università dei giuristi, e la seconda gli insegnamenti delle arti liberali (distinte nel medioevo in arti del trivio – grammatica, dialettica e retorica – e arti del quadrivio – aritmetica, geometria, astronomia e musica) e di medicina, impartiti nell'Università degli artisti. Osservando il sigillo dell'Università, introdotto nel 1894 per iniziativa del rettore in carica al tempo, Carlo Francesco Ferraris, troviamo rappresentati i due patroni dell'Università degli artisti e dell'Università dei giuristi, rispettivamente il Cristo risorto (patrono dei medici, i quali sono impegnati a ridare vita ai corpi malati) e santa Caterina d'Alessandria (patrona dei giuristi poiché prima del suo martirio si difese da sola nel processo intentatole dagli idolatri).

Inizialmente sono gli studenti a eleggere i propri docenti, che vengono retribuiti con il ricavato di collette. Tale situazione rimane immutata fino al 1465, quando la scelta dei professori passerà nelle mani dell'autorità pubblica e sarà quindi il Senato a nominare i professori di «primo e secondo luogo», stipendiati con pubblico erario, mentre quelli che ricopriranno le cattedre minori, i cosiddetti «terzi luoghi», potranno ancora essere scelti mediante un ballottaggio degli studenti. Il corpo studentesco è organizzato in *nationes*², ovvero associazioni-corporazioni, la cui denominazione richiama il luogo d'origine dei membri costituenti, indicando una qualche comunanza geografica, etnica, linguistica o politica degli stessi. Le *nationes* dello Studio patavino sono suddivise in due macro gruppi: la *natio citramontana*, che raccoglie gli studenti provenienti dall'Italia, e la *natio ultramontana*, che

² Nel XIV secolo presso lo Studio patavino le *nationes* sono nove per gli ultramontani e dieci per i citramontani. Saliranno a venti nel XV secolo, dieci per gli ultramontani e dieci per i citramontani. Gli studenti pertanto confluiscono in due distinte associazioni, anche se strettamente collegate tra loro, che hanno a capo due distinti rettori, oppure, in alcune occasioni, uno solo. Vale la pena sottolineare che fino al 1738 sono gli studenti a Padova, come a Bologna, che, oltre a scegliere i docenti, eleggono i rettori all'interno del corpo studentesco. A partire dal 1738 saranno i Riformatori ad avocare a sé la nomina dei rettori e verranno soppressi i consiglieri delle *nationes*.

comprende tutti gli studenti non italiani. La costituzione di una *natio ultramontana*, a sua volta suddivisa in gruppi nazionali, è una chiara evidenza dell'elevata affluenza di studenti provenienti da ogni parte d'Europa richiamati a Padova da un Ateneo che già in questo primo periodo gode di notevole fama a livello internazionale. Di tutte le *nationes ultramontane*, quella *germanica* è la predominante, per consistenza numerica, per speciali privilegi di cui i membri possono beneficiare e per lo spessore della struttura organizzativa.

Per completezza citiamo anche un altro organo istituzionale, cui è assegnato il compito di promuovere e garantire l'avanzamento dello studio: ogni anno vengono eletti tra i cittadini quattro trattatori o sollecitatori³, chiamati settimanalmente a consiglio dai rettori delle due università.

2. *Lo Studio patavino durante la dominazione della Serenissima (1405-1797).*

A partire dal 1405, anno in cui ha inizio la plurisecolare dominazione della Repubblica di Venezia, l'Università va incontro a un periodo di particolare fioritura. Tra gli eventi che concorrono a tale straordinario sviluppo, determinante sarà, come vedremo, la chiamata a Padova nel 1592 di Galileo Galilei. Analizzeremo quindi come la struttura istituzionale muti, riflettendo quel particolare processo che vede l'ingresso nell'ambito accademico delle discipline che si costituiscono via via in seno alla scienza moderna e la conseguente istituzione di luoghi deputati all'insegnamento e, successivamente, anche alla ricerca in questi nuovi settori.

Prima però vale la pena premettere alcune considerazioni generali. Per quanto riguarda l'assetto didattico, i cambiamenti che si verificano a Padova tra Seicento e Settecento sono in linea con gli importanti cambiamenti che si producono a livello europeo. Tuttavia, durante il Seicento i luoghi deputati alla discussione di temi scientifici sono eminentemente le accademie e i circoli intellettuali, luoghi al di fuori dell'ambiente universitario in cui è possibile lo scambio di informazioni su temi scientifici, la discussione di ipotesi e la realizzazione di esperimenti. Se quindi nel corso del XVII secolo pochi sono i cambiamenti degli as-

³ Sempre in epoca medievale, i trattatori, quattro in numero, sono designati dal Comune quali ufficiali dell'autorità pubblica, ne costituiscono l'organo di controllo sull'attività dello Studio e, al contempo, il ponte tra gli uffici del Comune e quelli accademici.

setti universitari per le discipline scientifiche e tecniche, le accademie sono comunque un fertile terreno di coltura per quanto avverrà nel secolo successivo. Se delle accademie facevano parte professori universitari, accanto a questi c'erano anche ricercatori di diversa estrazione e artigiani, in ogni caso persone non appartenenti all'università: una varietà di esperienze che lentamente confluiranno in ambito universitario. Peraltro, come osserva Paolo Rossi nella sua introduzione alla *Storia della scienza moderna e contemporanea*, «è necessario guardarsi dal proiettare su tutte le Accademie, soprattutto quelle del Cinquecento e del primo Seicento, le caratteristiche delle più tarde (e familiari) accademie scientifiche. Non converrà tuttavia per questo dimenticare un dato importante: il carattere di *rinuncia al lavoro solitario* che comunque caratterizza il costituirsi in gruppo dei dotti». Quest'ultimo dato è uno dei tratti che connotano la scienza moderna e che nel secolo successivo troverà un suo riconoscimento nel contesto universitario. Tra le più importanti accademie nate in questo periodo in Italia citiamo l'Accademia dei Lincei, istituita nel 1603 a Roma, e l'Accademia del Cimento, nata nel 1657 a Firenze. E non è un caso che anche a Padova, a partire dal 1540 con l'istituzione dell'Accademia degli Infiammati, fioriscano varie accademie, di vita più o meno breve, e nel 1599 nasca l'Accademia dei Ricovrati⁴, oggi Accademia galileiana.

Solo nel secolo dei Lumi le discipline scientifiche e tecnologiche trovano finalmente una propria collocazione in ambiente accademico. Sarà così che anche a Padova si assisterà alla creazione, propugnata già nei primi anni del Settecento da intellettuali e professori dello Studio, di nuove cattedre a esse dedicate. Verso la fine del Settecento anche le arti meccaniche si preparano a fare il loro ingresso in ambito universitario, come vedremo nel capitolo dedicato all'ingegneria. È importante tuttavia sottolineare che, sebbene vengano introdotte le prime cattedre di carattere scientifico, solo nell'Ottocento l'università diventerà un centro di ricerca scientifico in senso moderno.

Tornando all'inizio della dominazione della Serenissima, questa, che non ha ancora una propria università, sceglie l'Università di Padova come suo unico «Gymnasium Omnium Disciplinarum», come si legge sulla facciata principale del Palazzo del Bo, sopra l'imponente portone.

⁴ L'Accademia dei Ricovrati viene istituita il 25 novembre 1599 dall'abate Federico Cornaro e le sue porte si aprono ufficialmente il 9 gennaio 1600. Nel 1779 l'Accademia sarà accorpata dal Senato veneto all'Accademia di arte agraria (1769); da qui nasce la nuova denominazione di Accademia di scienze, lettere ed arti. Divenuta nel 1949 Accademia patavina di scienze, lettere ed arti, e dal 1998 Accademia galileiana, la prestigiosa istituzione continuerà a svolgere la sua proficua attività di promozione culturale.

Proprio sotto la Repubblica di Venezia l'Università di Padova diverrà meta sempre più ambita non solo di studenti, ma anche di professori e intellettuali provenienti da ogni parte d'Europa, che contribuiranno ad accrescerne la fama. Il termine *Gymnasium*, in alternativa a *Studium*, viene utilizzato per designare la moderna struttura dell'università degli studi come luogo preposto all'elaborazione e trasmissione del sapere. Il primo documento formale, oggi conservato presso l'Archivio di Stato di Venezia, attestante la ripartizione degli studi durante la dominazione della Serenissima è il *rotulo* dell'anno accademico 1430-31.

Nel 1509 l'Università rimane chiusa a causa della guerra di Venezia contro la Lega di Cambrai e, alla riapertura, avvenuta ufficialmente nell'agosto del 1517, viene realizzata una prima modifica istituzionale degna di nota operata dal governo della Serenissima, ovvero l'eliminazione del magistrato dei trattatori e la sua sostituzione con un nuovo magistrato, quello dei Riformatori, con le medesime mansioni. Il magistrato dei Riformatori diventerà definitivamente attivo a partire dal 1528: questi, in numero di tre, sono scelti non più tra i cittadini bensì tra i patrizi veneti e la loro carica dura per un biennio. L'istituzione di tale magistrato è la diretta espressione del Senato veneziano: a differenza della precedente magistratura dei trattatori, infatti, ai Riformatori sono via via attribuite varie competenze, quali le pratiche per la condotta dei lettori, la conferma delle elezioni delle cattedre minori, la censura sulla stampa e il controllo del commercio librario, oltre all'elaborazione di modifiche sul piano formale dell'organizzazione didattica. È quindi evidente l'avvio di un processo di accentramento, nelle mani dello Stato, dei poteri di controllo di alcuni aspetti fondamentali dell'attività dello Studio, con conseguente indebolimento dell'autonomia studentesca.

Come si è già ricordato, in questi quattro secoli di dominazione della Serenissima, specie a partire dal Cinquecento, lo Studio patavino vive un periodo particolarmente fiorente, in cui al perfezionamento degli strumenti di studio e alla costruzione di consoni luoghi di insegnamento corrisponde anche l'elevazione della preparazione scientifica, possibile grazie a un'accurata scelta dei docenti e all'ampliamento dei campi di indagine: ciò renderà in Italia lo Studio patavino l'Ateneo più frequentato da studenti stranieri.

Vari sono i luoghi che ospitano tali straordinari progressi, e che costituiranno il teatro della ricerca scientifica padovana. Innanzitutto, la storica sede dell'Università, ormai divenuta luogo iconico della città di Padova. Fin dalla nascita dello Studio, le sedi degli insegnamenti universitari si trovano dislocate in diverse contrade. È solo nel 1493 che si de-

cide di trasferire l'Università dei giuristi nella sede che era stata occupata da una grande locanda dal nome *Hospitium bovis* (con la figura di un bue come propria insegna, da cui il nome), una delle locande più grandi e lussuose di Padova. Nel 1522 si rende necessario l'acquisto di edifici adiacenti al palazzo a seguito della decisione del Senato di trasferire nella nuova sede anche gli «artisti»: per la prima volta vengono dunque riunite in un unico luogo anche le materie scientifiche (che al tempo, ricordiamo, abbracciano esclusivamente la matematica e l'astronomia), alle quali sarà dedicato nel corso dei secoli sempre più spazio, in ragione dell'introduzione di nuove cattedre. Il trasferimento degli insegnamenti in una sede comune, oltre a rispondere a una esigenza organizzativa, è evidenza del carattere pubblico dello *Studio* e delle attività che vi si svolgono, in armonia con la politica culturale della Serenissima.

Tra le sale più importanti del Palazzo del Bo vale la pena ricordare l'Aula magna, deputata agli insegnamenti dei giuristi ma che accoglierà, tra la fine del Cinquecento e il primo decennio del Seicento, anche i numerosi studenti che seguiranno le lezioni di matematica tenute da Galileo. Due ampi vani del palazzo vengono poi occupati dal Teatro anatomico, inaugurato nel 1595, primo al mondo nel suo genere e testimone di un nuovo modo di svolgere le lezioni di medicina: il metodo dimostrativo entra in modo sistematico nella didattica dedicata all'anatomia. Come si vedrà nei successivi capitoli, il complesso del Bo ospiterà nel corso del Settecento, via via che si introdurranno nell'insegnamento nuovi settori scientifici, il Museo Vallisneriano di storia naturale e il Teatro di filosofia sperimentale di Giovanni Poleni. Il Laboratorio di chimica verrà trasferito dall'abitazione del professore, a Palazzo Treves, a Palazzo del Bo solamente nell'Ottocento. Per questo il Bo diventerà, fino ai primi anni del Novecento, uno dei principali luoghi dedicati alla scienza e al suo sviluppo.

Sempre nel Cinquecento, un altro luogo che concorre al fiorire delle scienze a Padova è l'Orto botanico, o Orto dei semplici (dal nome dei componenti naturali dei farmaci), il più antico orto universitario tuttora esistente nella sua collocazione originale, di cui parleremo nella sezione del cap. II dedicata alle scienze naturali. Qui è sufficiente ricordare l'inaugurazione nel 1533 di un nuovo insegnamento, la *lectura simplicium*, precorritrice della moderna botanica e delle derivate scienze vegetali, affidato a Francesco Bonafede, già professore di medicina nello *Studio*. A quel tempo in Italia una tale cattedra si trova solamente a Roma, già istituita nel 1514. Bonafede, tuttavia, ben presto lamenta la mancanza di adeguati mezzi per svolgere le sue lezioni e sollecita l'isti-

tuzione di un orto dei semplici in cui si possa «piantar, disponer, et conservar li semplici»: tale sollecitazione viene accolta nel 1545 dal Senato della Repubblica, che ne approva in quell'anno la costruzione.

Da notare che gli orti botanici, tra le più antiche strutture realizzate a scopi scientifici, iniziano in quel periodo a essere istituiti in tutta Europa, con l'obiettivo principale di permettere un chiaro riconoscimento dei semplici vegetali. Originariamente quindi essi sono legati prima di tutto allo sviluppo della farmacopea, nella quale già all'epoca si riscontrano sofisticazioni spesso dolose, ma spesso anche legate all'ignoranza. Questi luoghi, al di là dell'indubbio prestigio che conferiscono alle sedi in cui vengono istituiti, nascono dunque intimamente connessi con la medicina e successivamente, come approfondiremo, fortemente interrelati con la chimica. Inoltre, come vedremo meglio nel prossimo capitolo, la botanica subirà uno sviluppo più veloce rispetto agli altri settori delle scienze naturali, come per esempio la zoologia, proprio grazie al suo legame con la medicina e alla maggiore facilità di osservazione e di raccolta.

Tra le novità che riguardano le cattedre di matematica e di astronomia – su cui ci soffermeremo nei capitoli successivi – ricordiamo che le due lecture *Ad mathematicam* e *Ad astronomiam*, originariamente separate nei *rotuli* dell'Università, a partire dal 1506 vengono riunite, principalmente per ragioni economiche, in una sola cattedra denominata *Ad mathematicam*. Nell'ambito di quest'ultimo insegnamento si alterneranno per questo negli anni argomenti matematici, quali gli *Elementi* di Euclide, la meccanica di Aristotele, l'ottica e la prospettiva, e argomenti astronomici, quali le teoriche dei pianeti, la *Sfera* di Sacrobosco e l'*Almagesto* di Tolomeo. Anche Galileo, lettore sulla cattedra di matematica, tratterà infatti argomenti sia matematici che fisici e astronomici.

Proprio Galileo è figura centrale della cultura europea nel Seicento. Insegnerà nello Studio di Padova per diciotto anni, dal 1592 al 1610. In questo periodo, vale la pena sottolineare, l'assetto istituzionale rispecchia ancora molto da vicino quello dell'università medievale, sia per l'importanza conferita ai testi aristotelici e tolemaici, sia per l'approccio didattico. Oltre al suo impegno in ambito accademico, Galileo frequenterà a Padova e a Venezia circoli di intellettuali e patrizi, e sarà tra i soci che daranno vita all'Accademia dei Ricovrati.

Sofferamoci a questo punto su alcune novità relative agli insegnamenti dell'Ateneo patavino, che prepareranno il terreno alle riforme settecentesche di stampo squisitamente illuministico.

Per quanto riguarda le cattedre, nel 1678 vengono nuovamente separati gli insegnamenti di matematica e di astronomia, frutto di una

specializzazione avvenuta con la rivoluzione scientifica. La cattedra di astronomia prevede anche l'insegnamento della meteorologia (è per questo motivo che nei *rotuli* troviamo scritto *astronomia e meteore*), riflesso della particolare attenzione che la Repubblica di Venezia riserva agli studiosi di quegli eventi atmosferici in grado di provocare danni all'agricoltura e alla vita civile. Tale situazione resterà immutata fino alla caduta della Repubblica nel 1797.

Per quanto concerne la chimica, nel Seicento ancora non se ne trovano tracce nei documenti universitari: è infatti solamente intorno alla metà del secolo che si va affermando una figura paragonabile a quella di un chimico in senso moderno, ma questa inizialmente non opera all'interno dell'Università, bensì lavora come farmacista o come medico nelle accademie di metallurgia o mineralogia o presso gli Orti.

Altre istituzioni nate a Padova nel Seicento sono i «collegi veneti», che si affiancano a quelli precedentemente istituiti e denominati «pontifici e sacri». La loro fondazione si deve alla lotta sostenuta dagli studenti acattolici, sia italiani che stranieri, presso la Serenissima: essi vengono infatti istituiti per ovviare alla bolla papale che nel 1564 obbliga tutti gli studenti intenzionati a conseguire un grado accademico a fare professione di fede cattolica. Per fare fronte alla diminuzione di studenti stranieri, in specie alemanni e greci, ai quali, non professando la religione cattolica, è precluso il raggiungimento del grado dottorale nel 1616 viene istituito il Collegio veneto degli artisti e nel 1635 il Collegio veneto dei giuristi. Presso questi collegi i laureandi possono addottorarsi senza l'intervento del vescovo, senza il giuramento di fede cattolica e anche con minore spesa. La loro istituzione costituisce quindi anche una risposta al progressivo declino delle autonomie studentesche, a cui abbiamo accennato in precedenza.

Nel Settecento vengono promossi, in tutti gli studi italiani, importanti interventi che modificano il loro assetto istituzionale. Specialmente nella seconda metà del secolo i primi settori disciplinari nati dalla rivoluzione scientifica vengono inclusi nei programmi di studio. È un processo che investe tutte le università europee, dove vengono istituite nuove cattedre accompagnate dalla creazione di biblioteche specialistiche, laboratori di ricerca, musei di storia naturale e specole astronomiche.

Focalizzando lo sguardo sull'Ateneo patavino e le riforme settecentesche che lo coinvolsero, ricordiamo come l'Università fosse gestita dai Riformatori e dal Senato veneziano, e l'attività didattica si svolgesse in un periodo di otto mesi, suddiviso in tre parti. Ciascuna di queste

parti si conclude con degli attestati, le cosiddette «terziarie», che certificano la regolare frequenza degli studenti alle lezioni, e ne consentono quindi l'ammissione agli esami e al dottorato finale. All'epoca sono previsti per gli studenti artisti vari indirizzi di studio, ma è possibile conseguire unicamente i titoli di medico o di chirurgo o di teologo. Le lezioni pubbliche sono suddivise in «ordinarie» e «straordinarie», a seconda del giorno in cui vengono svolte, feriale o festivo rispettivamente. All'insegnamento pubblico si aggiungono, come già si usava nel Seicento, lezioni private impartite in lingua italiana generalmente presso le abitazioni degli stessi docenti.

Certamente, grazie anche alla presenza di Galileo, l'Ateneo patavino aveva acquisito progressivamente fama di centro scientifico primario, superando per notorietà e per risultati anche l'Università di Bologna. Ma nel corso del Seicento questo primato si era in parte appannato; per mantenerlo e per assicurare la presenza di un buon numero di studenti, garantendone una solida preparazione culturale e professionale, vengono allora avanzate già agli inizi del Settecento proposte per una riforma dell'Università. L'intento è quello di rivedere l'assetto didattico in linea con lo sviluppo delle idee illuministiche, introducendo nuove sperimentazioni che riportino l'Ateneo al livello delle più avanzate università europee. Queste esigenze sono ben espresse, insieme ad altre articolate proposte, nel *Ricordo per la riforma dello Studio* del letterato veronese Scipione Maffei, redatto nel 1715. Maffei, lamentando le condizioni di arretratezza in cui versa lo Studio patavino, reclama, quasi a complemento della «lettura dei semplici», un professore di chimica con relativo laboratorio. Inoltre manifesta l'esigenza di derivare dalla cattedra di filosofia una cattedra di fisica, a patto che per essa si abbandoni lo studio di Aristotele, e auspica l'introduzione di un professore di filosofia sperimentale. Maffei rivolge infatti un'aspra critica al numero spropositato di cattedre dedicate alla lettura di Aristotele in tutte le «specie di filosofia». Il lettore della cattedra di filosofia sperimentale, secondo lo studioso, avrebbe dovuto ricevere un assegno per attrezzare il laboratorio per gli esperimenti. Così scrive poi Maffei per quanto riguarda gli insegnamenti di matematica, per cui raccomanda l'istituzione di più cattedre, e di astronomia, per la quale auspica l'edificazione di una specola astronomica:

Il decoro di una tanta Università esige certamente una lettura della Matematica, per così dire speculativa, acciocché non vi si rimanga all'oscuro della Geometria interiore e degli ammirabili moderni ritrovamenti per abbreviare le strade col mezzo dell'Analisi e del famoso Calcolo differenziale. Ma ce ne vo-

gliono ancora due altre per andarvi esponendo la Geografia, la Nautica, l'Architettura, la Fortificazione, la Meccanica, la Prospettiva. [...] Osservasi l'Architettura, arte già tutta nostra, a che barbarie e a che inezie è ridotta. Va in questo col professore di astronomia; ma per questa scienza è di giovamento infinito un Osservatorio con suoi strumenti, e se questo qui si costituisce, verrebbe a darsi un sommo lustro allo Studio.

Un ruolo importante al fine di favorire l'introduzione di modifiche sul piano didattico viene ricoperto da Giovan Francesco Pivati, funzionario veneziano incaricato dai Riformatori di vigilare circa «le cose letterarie dello Studio di Padova». Nel 1738 scrive le *Riflessioni sopra lo stato presente dell'Ateneo*, in cui espone le sue argomentazioni in favore di una riforma della didattica e invita il magistrato ad adottare il nuovo metodo scientifico con l'introduzione di nuove cattedre e dunque nuove materie. Le autorità veneziane decideranno di accogliere solamente alcune proposte, cioè quelle che in un primo momento avrebbero potuto rispondere a concrete esigenze politiche ed economiche. Non dobbiamo tuttavia trascurare il fatto che lo sviluppo degli studi fisici e matematici sarà sempre di più al centro dell'attenzione della Serenissima, tradizionalmente interessata alle discipline meccaniche e idrauliche.

L'età delle riforme settecentesche si contraddistingue per una ricca dotazione scientifica dell'Ateneo.

Tra le novità introdotte dai Riformatori, menzioniamo l'istituzione nel 1738 della cattedra di fisica sperimentale, e due anni dopo l'inaugurazione al Palazzo del Bo del Teatro di filosofia sperimentale. Sempre in questi anni, precisamente nel 1734, viene creato il Museo di storia naturale, che accoglie collezioni naturalistiche di straordinario pregio e che avrà sede sempre al Palazzo del Bo. Nel 1759 vi è poi l'introduzione della prima cattedra di chimica sperimentale, che sostituisce il preesistente corso domenicale facoltativo. A supporto di questo insegnamento viene istituito il Laboratorio di chimica, allestito inizialmente presso l'abitazione del professore, per poi essere trasferito durante l'Ottocento al Palazzo del Bo.

Un'importante riforma, di cui il massimo ispiratore è Simone Stratico, risale al 1761. Alcune delle idee più innovative e all'avanguardia propugnate da Stratico, come la soppressione della bipartizione medievale tra artisti e legisti, vengono respinte dai Riformatori, a testimonianza ancora di un certo conservatorismo. I Riformatori, tuttavia, sempre sulla base della proposta di Stratico, presentano in Senato una scrittura e adottano una terminazione (cioè una delibera del magistrato) che inciderà sull'assetto didattico, con il trasferimento al Bo delle

lezioni private e la predisposizione di articolati piani di studio, accompagnati dall'istituzione di nuove cattedre.

Viene approvata nel 1761 l'istituzione della Scuola di agricoltura sperimentale con annesso Orto agrario (o, secondo la denominazione originaria, Campi della pubblica scuola agraria) per dare supporto all'insegnamento dell'agricoltura. In quel periodo istituzioni simili nascono in tutta Europa, come riflesso di quel fervore culturale che caratterizza l'Illuminismo. Esse si trasformeranno nel corso degli anni in laboratori sperimentali delle tecniche di coltivazione delle piante agrarie. Va comunque detto che a Padova l'Orto agrario e l'Orto botanico rimarranno sempre ben distinti, sia per quanto riguarda la posizione fisica sia per quanto concerne le rispettive finalità.

Alle esigenze del settore agricolo e a quelle del commercio marittimo e delle costruzioni navali sono legati anche gli insegnamenti di astronomia, geografia e meteorologia, il cui sviluppo verrà notevolmente accresciuto con la costruzione della Specola. Questa, approvata nel 1767, è fortemente sostenuta dal titolare della cattedra del tempo, Giovanni Alberto Colombo, di cui si parlerà nel prossimo capitolo nella sezione dedicata all'astronomia. Per Colombo infatti «il Professore di Astronomia senza un osservatorio è un uomo senza braccia, un fabbro senza martello e incudine, un soldato senza armi e munizioni, un anatomico senza dissezione dei cadaveri». È da notare che in questo periodo gli studi astronomici acquisteranno sempre più fama e rilievo a livello europeo. Di queste nuove cattedre e del ruolo svolto dai professori che le ricoprono parleremo nei prossimi capitoli.

Un'importante testimonianza degli ammodernamenti che subisce lo Studio in questi anni, sia sul piano didattico sia sul piano degli stabilimenti scientifici, è offerta dall'astronomo francese Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande, in visita a Padova:

Da qualche anno il Senato di Venezia ha eretto nell'Università di Padova altri stabilimenti utili. 1. L'osservatorio [...]; è costato dodicimila zecchini [...]. 2. Il laboratorio di chimica molto ben dotato [...]. 3. Il gabinetto per la scuola di ostetricia, il più bello d'Italia [...]. 4. Una scuola di veterinaria.

Nel complesso, i provvedimenti adottati dalla Serenissima in questi anni, pur introducendo novità importanti, non rappresentano tuttavia un radicale intervento sul piano istituzionale, bensì un tentativo per tamponare in via provvisoria carenze presenti sul piano didattico e della ricerca. Se infatti, da un lato, vi è la creazione di nuove cattedre e il potenziamento di insegnamenti preesistenti, dall'altro è ancora del tut-

to assente un progetto concreto di riforma globale. Dovremo aspettare le riforme napoleoniche per assistere a un definitivo cambiamento, che conferirà alla struttura dell'Ateneo una veste nuova e moderna.

*3. Riforme e organizzazione universitaria
durante la dominazione napoleonica (1805-13):
l'introduzione delle facoltà.*

Gli anni tra la fine del Settecento e i primi decenni dell'Ottocento sono anni complessi e turbolenti sul piano sia politico che culturale. Gli storici hanno denominato questo periodo come quello «degli otto avvicendamenti», con riferimento al succedersi delle dominazioni francese e austriaca, un periodo in cui l'Ateneo va incontro a profondi mutamenti. Non ci soffermeremo sui primi anni, dalla caduta della Serenissima fino all'inizio dell'ultima dominazione napoleonica, che inizia il 13 novembre 1805, anche perché in quel breve volgere di anni le instabilità politiche non permettono un regolare svolgimento delle lezioni. Pertanto la nostra analisi prende le mosse dal 1806, quando il decreto imperiale del 25 luglio di quell'anno, l'editto di Saint-Cloud, stabilisce che l'Università di Padova venga posta sullo stesso piano delle altre due del Regno, ovvero Pavia e Bologna.

Inquadramento generale

I cambiamenti introdotti sul piano istituzionale a Padova in questo periodo sono in larga parte un riflesso dell'importanza attribuita in Francia alla scienza e alla tecnica.

Innanzitutto va ricordato che i processi di istituzionalizzazione e la conseguente elaborazione di un sistema normativo della scienza sono ascrivibili a quel vasto movimento di idee che va sotto il nome di Illuminismo che, nato in Francia, si diffonde in tutta Europa. È in questo contesto che la scienza e gli scienziati acquistano in ambito sociale un'immagine fortemente positiva. Nella Francia della seconda metà del Settecento, tutti i settori scientifici sono coltivati a un livello molto alto, come testimonia la presenza nel paese di scienziati e tecnici di notevole caratura. Non stupirà dunque se il campo privilegiato del riformismo napoleonico investirà principalmente l'istruzione scientifica e tecnica. Nel territorio veneto tuttavia i modelli di scienziato e di ingegnere previsti dalla nuova legislazione faticano, almeno in un primo momento, ad affermarsi. Tra le ragioni di questo ritardo non dobbiamo

sottovalutare il periodo politicamente travagliato che sta attraversando la città di Padova, che vede l'incessante avvicendamento delle due dominazioni, francese e austriaca. Ciò non permette un regolare svolgimento dell'attività accademica, e di conseguenza neppure un adeguamento progressivo e lineare ai modelli imposti dalle riforme. Le novità introdotte dal governo francese tuttavia verranno positivamente accolte dalla successiva dominazione austriaca, che attuerà definitivamente alcune riforme napoleoniche riconoscendone l'efficacia.

Le modifiche istituzionali a cui va incontro l'Ateneo patavino sono legate a ciò che sta avvenendo sul piano istituzionale in questo periodo in tutta Europa, in special modo in Francia.

A cavallo tra Settecento e Ottocento, come conseguenza dei notevoli progressi compiuti nel campo della scienza e della tecnica, vengono create nuove istituzioni, in cui cominciano a concentrarsi tutte quelle attività che fino a quel momento venivano svolte presso le accademie e le società scientifiche: in altri termini, il centro della ricerca scientifica inizia a spostarsi nelle università. Questo processo vedrà poi nel corso dell'Ottocento la sua definitiva realizzazione, quando anche all'interno delle stesse università si costituiranno laboratori e istituti di ricerca. In Francia in questo periodo vengono create nuove scuole, come le *écoles spéciales*, centri di studio altamente specialistici con lo scopo di formare un'élite culturale professionalmente adeguata. Tra queste si distingue la famosa École polytechnique, istituita a Parigi nel 1794 col nome di École Centrale des Travaux Publics e rinominata nel 1795 École polytechnique, una scuola superiore di ingegneria orientata all'insegnamento delle scienze esatte, matematica, fisica e chimica, e alla loro applicazione in ambito strategico, e che, nel giro di pochi anni, diventerà uno dei maggiori centri di ricerca della Francia. Le Écoles centrales vengono introdotte invece per preparare i giovani direttamente all'inserimento nel mondo del lavoro o, in alternativa, al proseguimento degli studi presso le *écoles spéciales*.

Ricordiamo inoltre l'istituzione dell'École normale, nata allo scopo di formare il futuro corpo docente delle scuole francesi per permettere la diffusione della nuova cultura scientifica. Per quanto riguarda la formazione post-universitaria, invece, nascono le *écoles d'application*, che mirano a formare studenti tecnicamente preparati e specializzati, una volta terminati i loro studi presso l'École polytechnique. Proprio le *écoles* costituiranno il modello per riformare l'assetto didattico dell'Ateneo padovano sotto la dominazione francese, e costituiranno uno

dei presupposti fondamentali per la nascita a Padova nell'Ottocento di un percorso di studi dedicato a ingegneri architetti.

Organizzazione degli studi

Nonostante le difficoltà del periodo, con Padova in stato di assedio, assistiamo a una prima importante rivoluzione per quanto riguarda l'assetto istituzionale: viene finalmente eliminata, come aveva proposto Stratico, la tradizionale divisione medievale in Università dei giuristi e Università degli artisti, assetto ancora vigente nel periodo della prima dominazione austriaca. Di cruciale importanza è la costituzione di tre facoltà, a capo delle quali viene nominato un unico rettore: la Facoltà fisico-matematica, quella medica e quella legale. La Facoltà teologica viene invece affidata al Seminario vescovile. Già con questa fondamentale modifica, l'Ateneo patavino inizia ad acquisire una strutturazione di stampo moderno. Altra novità significativa riguarda la lingua in cui si svolgono ora le lezioni: i professori, di nomina governativa, ora adottano l'italiano. Questa novità riguarda tutti i corsi, che vengono impartiti giornalmente per un'ora, mentre il latino viene riservato alle prolusioni dei docenti in occasione della loro assunzione all'università. Come già notato, il settore privilegiato su cui si concentrano le riforme napoleoniche è quello tecnico-scientifico: le arti meccaniche iniziano a far parte della formazione universitaria, come si evince da un'analisi dei Prospetti degli studi in cui si nota una netta prevalenza delle materie tecnico-scientifiche.

Anche le cattedre mutano profondamente: molte vengono soppresse e ne vengono introdotte di nuove. Dal nuovo assetto accademico emerge una progressiva introduzione di materie specialistiche, conforme alla volontà di far acquisire agli studenti capacità professionali concrete. Come testimonianza della nuova sperimentazione culturale, elenchiamo di seguito gli insegnamenti principali impartiti in seno *alla Facoltà fisico-matematica*, di durata quadriennale, nell'anno accademico 1806-07: fisica generale, fisica sperimentale, introduzione al calcolo sublime, elementi di geometria e algebra, matematica applicata, agraria, astronomia, architettura civile e militare, idrodinamica, statica e meccanica. Inoltre, degno di nota è il fatto che in questo periodo acquistano una propria autonomia anche gli insegnamenti di storia naturale e di chimica farmaceutica.

Per quanto riguarda l'iter didattico, viene mantenuta la suddivisione in trimestri: ritroviamo dunque le «terziarie» con i relativi attestati finali, che rappresentano un requisito indispensabile per potersi addottorare.

L'iscrizione all'Università è consentita solo a chi ha già frequentato il ginnasio e il liceo, e particolari agevolazioni sono riservate a chi ha già integrato la sua preparazione di base con materie che rientrano nei programmi universitari. Possiamo infatti evidenziare, come si legge nel decreto del 15 novembre 1808, n. 338, riguardante il piano degli studi, una certa osmosi tra i corsi liceali e quelli universitari, che ritroveremo anche nel lungo periodo di dominazione austriaca. In particolare, nell'articolo 2 del decreto sono riportati i requisiti che devono essere soddisfatti dagli studenti per essere ammessi alla Facoltà di loro interesse, i cosiddetti studi preparatori che possono essere compiuti presso un liceo oppure presso un'altra scuola pubblica; questi gli studi preparatori per chi sia intenzionato a frequentare la Facoltà fisico-matematica: «Gli studi preparatori necessari per essere ammesso a seguire i corsi nelle università, ed a proseguire i gradi accademici, sono: [...] per gli alunni che si destinano alla facoltà di fisica e matematica, le lingue italiana, francese e latina, le belle lettere, l'istoria antica e moderna, la logica e morale, gli elementi di geometria e algebra, il disegno, la fisica, la chimica e l'istoria naturale, la botanica e l'agraria».

Gli studenti che hanno seguito tali studi preparatori vengono ammessi direttamente a seguire i corsi del secondo anno presso l'università. Di conseguenza, a partire dal 1808, risultano sovrabbondanti le cattedre universitarie del primo anno. Nell'articolo 4 infatti si legge che «Tutte le cattedre quindi attualmente esistenti nelle università per l'insegnamento de' corsi del primo anno, sono e restano soppresse». Da qui si evince che, a partire dal 1808, il primo anno universitario viene svolto esclusivamente presso un liceo o una scuola pubblica: ed è questa una delle ragioni per cui molti strumenti scientifici dell'epoca, insieme a strumenti scientifici appartenuti all'università, si trovano ancora oggi presso i licei del Veneto di più lunga tradizione, come per esempio presso il Liceo Tito Livio a Padova, il Liceo Gian Battista Brocchi a Bassano del Grappa e il Liceo Scipione Maffei a Verona.

Per completezza riportiamo alcune informazioni sulle cattedre liceali che corrispondono ai vari corsi universitari, contenute nel decreto del 15 novembre 1811, n. 262, che stabilisce un sistema d'insegnamento uniforme in tutti i ginnasi e i licei del Regno, e che riporta l'elenco delle cattedre liceali, tutte biennali: cattedra di storia, di geografia, di principi generali sulle belle arti; di istituzioni di logica e morale, e di istituzioni civili; di elementi di algebra e geometria; di elementi di scienze naturali, vale a dire di fisica insieme a chimica e storia naturale elementare; di principi e pratica del disegno.

Per quanto riguarda i titoli conferiti, prima della laurea lo studente ha l'obbligo di sostenere due prove: il superamento della prima lo porta al conseguimento del grado di baccelliere, mentre il superamento della seconda permette di ottenere la licenza. Il titolo di laurea viene riservato ai legali, medici e chirurghi, mentre il semplice grado accademico è rilasciato ad architetti, ingegneri, farmacisti e agrimensori. Emerge chiaramente la netta separazione tra le figure tecniche e professionali rispetto al laureato accademico classico.

È significativo sottolineare, infine, alcuni aspetti problematici del nuovo riformismo francese: come si è già accennato, accanto alle innovazioni didattiche e agli esperimenti culturali, emergono problemi riguardanti l'organizzazione della vita accademica, problemi intimamente legati alla ricerca di un equilibrio tra le novità introdotte dalla dominazione francese e l'eredità del passato. Infatti, il riformismo napoleonico si inserisce in una realtà in cui sono profondamente radicate usanze e consuetudini secolari. Esemplificativa è la situazione degli studenti, un tempo famosi per il loro anarchismo e le loro libertà: essi ora devono fare i conti con una struttura decisamente più rigida, la quale impone loro di sottostare a regole ferree, che prevedono la loro organizzazione in strutture paramilitari, con l'introduzione di uniformi e la dotazione di un equipaggiamento bellico.

4. *Assetto istituzionale dell'Università di Padova sotto gli austriaci (1813-66).*

Il definitivo ritorno degli austriaci in territorio veneto si ha nel 1813. A partire da questa data Padova sarà assoggettata alla dominazione austriaca per circa mezzo secolo, fino all'annessione al neo-istituito Regno d'Italia con capitale Firenze. Inizialmente il governo austriaco si dedica a un'opera di risanamento dello Studio, che versa in pessime condizioni economiche anche a causa dei frequenti e violenti passaggi di regime e di governo. In seguito, dopo questo primo periodo di assestamento, l'Ateneo patavino viene parificato alle altre università dell'Impero.

Vengono definitivamente attuate alcune riforme, solo abbozzate durante il periodo napoleonico, e realizzate tante altre proposte riguardanti il piano istituzionale e didattico. Complessivamente, l'assetto generale si discosterà di poco da quello della precedente dominazione, in riferimento specialmente alla Facoltà filosofico-matematica, al cui in-

terno sono introdotte nuove cattedre e nuovi percorsi di studio, in linea con gli sviluppi compiuti dalla scienza e dalla tecnica in questo secolo. L'Ottocento rappresenta infatti il secolo d'oro della specializzazione: notevoli progressi vengono compiuti nei settori disciplinari nati dalla rivoluzione scientifica, e altri si costituiscono definitivamente in forma autonoma, guadagnandosi un posto all'interno dell'organizzazione della didattica e della ricerca. Inoltre nella prima metà del secolo verranno conferiti i primi gradi dottorali, le lauree in senso moderno, nelle prime materie scientifiche.

Inquadramento generale

Se fino agli anni venti dell'Ottocento è la Francia a detenere il primato per quanto riguarda la preparazione di scienziati e tecnici, a partire dai primi decenni dell'Ottocento sarà la Germania ad attirare studenti da ogni parte d'Europa per la superiorità nella formazione universitaria. Si verificano in Germania, come poi avverrà in tutta Europa, alcuni cambiamenti che danno luogo alla definitiva identificazione dell'università come luogo per eccellenza dedicato all'alta formazione e alla ricerca e alla trasformazione dell'attività scientifica in attività professionale. I mutamenti dell'assetto istituzionale descritti all'inizio del paragrafo precedente trovano nel corso dell'Ottocento la loro completa realizzazione. In parallelo si registra un progressivo ampliamento quantitativo della comunità scientifica che porta, specialmente nella seconda metà del secolo, a un crescente sviluppo di strumenti formali e tecnici utilizzati in ambito sia teorico che sperimentale, alla ulteriore diminuzione della distanza tra la scienza e le sue applicazioni e al consolidamento del processo di specializzazione nella formazione degli scienziati, che si compirà definitivamente nel Novecento.

Dopo la metà dell'Ottocento, l'incontro tra scienza, tecnica e industria dà il via a una situazione radicalmente nuova per la scienza: essa diviene infatti un ineliminabile fattore per lo sviluppo economico e sociale. La crescita economica e industriale si accompagna alla domanda di un numero crescente di risultati del lavoro scientifico che alimenta il processo di specializzazione. Fino alla metà dell'Ottocento è l'Inghilterra la prima nazione industriale al mondo: non è un caso che nel 1851 la prima Grande Esposizione Universale si sia svolta a Londra. In seguito, come vedremo, con la seconda rivoluzione industriale degli anni settanta del secolo la Gran Bretagna cederà il passo alla Germania e agli Stati Uniti.

Proprio negli ultimi decenni dell'Ottocento, almeno a livello europeo, nasce anche una concorrenza tra le industrie, in particolare quelle

elettriche e chimiche, e le università, preludio di quella che nel secolo successivo sarà la concorrenza tra strutture di ricerca pubbliche e private. La visione della scienza come elemento fondamentale dello sviluppo economico e sociale e le nuove dinamiche da questa innescate valgono sicuramente per l'Europa e gli Stati Uniti. In Italia, tuttavia, l'interazione tra scienze e industria avviene con un certo ritardo: qui i laboratori scientifici di ricerca rimangono in un primo momento sconosciuti alle imprese. Solo negli ultimi anni del secolo si creeranno anche nel nostro paese i presupposti favorevoli a promuovere uno sviluppo congiunto di scienza e industria, come vedremo nel capitolo dedicato all'ingegneria.

Le associazioni scientifiche

Nella prima metà dell'Ottocento, tra gli anni trenta e quaranta, si costituiscono in tutta Europa molte associazioni che contribuiscono al rafforzamento dei legami tra scienziati, classe dirigente politica ed economica e società civile in senso lato. Associazioni per promuovere la ricerca scientifica nascono in vari paesi europei proprio nei primi decenni del secolo. La loro attività si esplica prima di tutto nello svolgimento di congressi con cadenza almeno annuale, che hanno prima di tutto lo scopo di consentire un florido interscambio di idee, conoscenze e informazioni in ambito scientifico, ma anche l'obiettivo di creare collegamenti tra scienza e società. La scienza infatti inizia ad acquisire un ruolo autonomo nella cultura e nella società e ad acquisire la consapevolezza che questo nuovo ruolo vada pubblicamente rafforzato.

Gli esempi in questo senso sono numerosi; ci limitiamo a indicarne alcuni. Nel 1822 viene istituita in Germania la Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (Società dei naturalisti e medici tedeschi) e nel 1831 in Gran Bretagna la British Association for the Advancement of Science (Associazione britannica per l'avanzamento della scienza). In Italia viene promossa a Pisa nel 1839 dal granduca Leopoldo II la prima delle «Riunioni degli scienziati italiani»: incontri che da allora in poi verranno organizzati in città diverse con cadenza annuale fino al 1847, per poi riprendere dal 1861, quando verrà indetto un congresso straordinario a Firenze, fino al 1875. Queste riunioni testimoniano come anche in Italia si stia attuando un passaggio alla figura dello scienziato inteso in senso moderno, da amatore o dilettante a professionista. D'altra parte, è bene sottolineare il ritardo con cui questo avviene, come emerge chiaramente dal fatto che la Società italiana per il progresso delle scienze (Sips), che quegli incontri erano intesi a far nascere, sarà

fondata ufficialmente solo nel 1908. La Sips avrà comunque tra i propri presidenti insigni scienziati italiani, come Giacomo Ciamician, Raffaello Nasini e Ferdinando Lori, nomi legati proprio all'Ateneo patavino, di cui si parlerà nelle sezioni dedicate alla chimica, per quanto riguarda i primi due, e all'ingegneria, per quanto concerne il terzo. Certo è che le «Riunioni degli scienziati italiani», nonostante le difficoltà che si incontreranno nel raggiungere l'Unità nazionale, riescono comunque a costituire un sodalizio per il progresso della scienza, che darà un contributo alla successiva riunificazione politica. Questo fervore, sia scientifico sia patriottico, emerge chiaramente dagli atti dei congressi, a cui si rimanda il lettore per ulteriori approfondimenti. Vale la pena evidenziare inoltre il ruolo di tali riunioni nella promozione di nuove «identità disciplinari», anche attraverso la scelta dei temi delle sezioni e delle sottosezioni, che anticipano e favoriscono il loro sviluppo in ambito accademico.

Padova ospiterà il congresso degli scienziati italiani del 1842 (su cui torneremo in seguito), e tale avvenimento costituirà un'occasione preziosa per i docenti padovani per entrare in contatto con conoscenze all'avanguardia e per ottenere importanti riconoscimenti da parte dei più illustri scienziati italiani. Questo un passo del discorso letto dal presidente generale dell'adunanza del 1842, Andrea Cittadella Vigodarzere, a sottolineare il processo di avanzamento della scienza in questi anni:

A chi percorra la istoria di qualsiasi contrada si fa manifesto il legame fra l'avanzamento delle scienze fisiche e quell'aggregato di mezzi, onde viene potenza, ricchezza, stabilità alla vita dei popoli ed agiatezza alla vita domestica.

In ogni caso con i moti insurrezionali del 1848, scoppiati in tutta Europa come risposta delle forze liberali e democratiche alla politica della Restaurazione, le «Riunioni degli scienziati italiani» hanno una battuta d'arresto. La gioventù studentesca padovana diventa protagonista in quell'anno di forti proteste contro il governo austriaco, a causa di malcontenti sempre più acuti e condivisi, e animata dal comune desiderio di raggiungere l'indipendenza italiana. L'apice di tale mobilitazione, che vede protagonisti anche alcuni docenti dell'Ateneo che incontreremo nei prossimi capitoli, viene raggiunto con le violenze dell'8 febbraio e comporterà la chiusura temporanea dell'Università, insieme all'arresto di numerosi studenti e la destituzione di vari docenti. All'8 Febbraio è oggi intitolata la via dove l'Università di Padova ha ancora la sua sede centrale.

Organizzazione degli studi

Gli anni di dominazione austriaca impongono rigide limitazioni alla vita accademica patavina. È un periodo di forte conformismo culturale a cui devono sottostare professori e docenti, privati di qualsiasi libera iniziativa. Tuttavia non mancano nomi di rilievo in campo scientifico, come vedremo. In questi anni, anche per far fronte all'imbrigliamento sul piano istituzionale e didattico, si intensificano gli scambi con i colleghi italiani e stranieri.

I cambiamenti più significativi che subisce l'assetto didattico in ambito scientifico e tecnologico tra il 1813 e il 1866 sono dovuti all'applicazione delle numerose riforme che si affastellano in questo lungo periodo di dominazione austriaca. Tra queste si segnala l'introduzione di nuove cattedre e l'accorpamento di insegnamenti precedentemente distinti. Va detto che la Facoltà filosofico-matematica seguirà un percorso decisamente meno lineare rispetto alle altre facoltà, e nel quale si evidenziano tre fasi: la prima inizia con l'approvazione definitiva della riforma austriaca nell'anno accademico 1817-18; la seconda è circoscritta al periodo che va dal 1824-25 al 1841-42; la terza va dal 1842-43 al 1847-48. Queste tre fasi, messe in evidenza da Berti, sono sicuramente identificabili in tre distinti Prospetti degli studi complessivi per i vari percorsi formativi, ma all'interno di ciascuna di esse si producono ulteriori riforme.

Nel 1813, quando le truppe austriache occupano la città di Padova, lo Studio versa in pessime condizioni economiche. Il primo atto ufficiale della dominazione austriaca è la conservazione provvisoria dell'assetto istituzionale della dominazione napoleonica. La situazione, dopo questa prima fase di assestamento, viene sbloccata con il decreto del 12 settembre 1815, n. 98, riguardante il *ripristino dell'Università di Padova e fissazione del corso de' suoi studi*. Anche se nel decreto emerge ancora chiaramente l'accettazione in larga misura della struttura organizzativa della precedente gestione, tuttavia sono presenti alcune modifiche che rispecchiano la politica austriaca in merito alla formazione superiore. Tra le novità introdotte vi è il reinserimento nell'Ateneo della Facoltà di teologia, come dimostrazione del ruolo fondamentale che Vienna attribuisce alla religione nella vita politica e statale. La Facoltà fisico-matematica cambia denominazione in Facoltà filosofico-matematica e offre varie possibilità di specializzazione dopo un primo percorso di studi propedeutico, sempre frequentabile anche presso i licei. La riforma è avviata nell'anno accademico 1815-16.

Dopo vari aggiustamenti, verso la fine del 1816 viene approvata una nuova serie di disposizioni, poi pubblicata dal governo di Venezia il 23 febbraio 1817, con l'intento di accelerare il processo di omologazione dell'Università di Padova al sistema accademico tedesco, ovvero quello vigente negli Atenei di Vienna, Praga, Pest e Cracovia.

Diverse sono le novità nell'assetto didattico e organizzativo. L'Università è sempre presieduta da un rettore e ciascuna facoltà ha un proprio direttore. L'anno accademico, che ha inizio il 15 ottobre e termina il 15 agosto, non è più suddiviso in trimestri, secondo l'antica tradizione veneziana, bensì in semestri: in un anno accademico quindi gli studenti devono superare solo due esami semestrali e, prima di essere ammessi agli studi più alti, hanno l'obbligo di frequentare tre anni di corso filosofico (c'è da dire, tuttavia, che tale durata sarà continuamente soggetta a modifiche).

È importante a questo punto fare una precisazione sulla suddivisione in «Studi» e in «Facoltà», che faciliterà notevolmente, a chi fosse interessato, la lettura dei Prospetti universitari. Ogni facoltà racchiude al suo interno uno o più studi (così come troviamo indicato nei Prospetti), corrispondenti a tutti gli effetti ai differenti corsi di studio che prevedono tutti gli insegnamenti erogati presso la facoltà stessa.

La Facoltà filosofico-matematica in questa prima fase offre un unico corso di studio, denominato «studio filosofico», che presenta due indirizzi generali, uno filosofico con carattere propedeutico e uno matematico.

Il corso filosofico svolge le medesime funzioni degli studi liceali, ricalcando l'impostazione napoleonica, e costituisce la base obbligatoria per accedere alle diverse specializzazioni universitarie. Se ci limitiamo alle discipline scientifiche, la composizione disciplinare di tale corso prevede gli insegnamenti di matematica pura elementare (al primo anno), fisica teorica e fisica sperimentale (al secondo anno) e di storia naturale universale (al terzo anno). Viene attivato inoltre un corso filosofico annuale unicamente riservato alla formazione dei periti agrimensores, che come vedremo è propedeutico agli studi matematici. Con due secoli di ritardo, sembra di assistere all'istituzionalizzazione di quanto affermato da Francesco Bacone:

La filosofia naturale è stata così trasformata in una specie di passaggio o di ponte ad altre discipline. Questa grande madre delle scienze è stata trasformata in un'ancella che ha il compito di introdurre alla medicina o alla matematica e di dare una prima pulitura e una prima infarinatura alle menti immature degli adolescenti per facilitare e rendere più comodo lo studio di un'altra disciplina.

Una volta terminato il corso filosofico e superati gli esami in tutte le materie, è possibile accedere agli indirizzi legale, medico, chirurgico, farmaceutico e teologico in seno alle altre facoltà, oppure intraprendere gli studi matematici all'interno dello stesso «studio filosofico», come il corso per periti agrimensori e quello per ingegneri architetti.

L'iter di studi riservato ai periti agrimensori e agli ingegneri architetti sarà quello che subirà le maggiori modifiche nel corso degli anni: accogliendo infatti le innovazioni introdotte con il riformismo napoleonico, tali percorsi vengono mantenuti ma continuamente rimodulati a seconda delle richieste per l'esercizio della professione, garantendo sia ai futuri ingegneri architetti sia ai futuri periti agrimensori una solida preparazione teorica di base.

Il percorso di formazione per periti agrimensori ha una durata complessiva di tre anni: un anno di corso filosofico, appositamente disegnato per garantire una formazione di base, e due anni di corso matematico. La situazione è diversa per quanto riguarda gli ingegneri e gli architetti, la cui formazione prevede una durata complessiva di sei anni: tre anni di corso filosofico propedeutico generale e tre anni di corso matematico.

Per quanto riguarda la composizione disciplinare dei due indirizzi, i futuri periti agrimensori il primo anno frequentano l'insegnamento di matematica pura elementare in seno al corso filosofico propedeutico. Nei successivi due anni di studi matematici seguono al primo anno i corsi di matematica pura elementare, fisica teorica e sperimentale e agraria; al secondo anno i corsi di introduzione al calcolo sublime, disegno e architettura civile, geodesia e idrometria.

Gli aspiranti ingegneri e architetti invece, dopo il triennio filosofico propedeutico generale, frequentano tre anni di studi matematici. Al primo anno seguono gli insegnamenti di introduzione al calcolo sublime, fisica teoria e sperimentale, agraria e storia naturale (specialmente quelle parti che riguardano la mineralogia e la geologia); al secondo anno quelli di calcolo sublime, matematica applicata, disegno e architettura civile; al terzo anno gli insegnamenti di calcolo sublime, matematica applicata, astronomia teorica e pratica, disegno e architettura civile.

Un paio di puntualizzazioni possono aiutare a cogliere novità e inerzie che contraddistinguono questo primo periodo di dominazione austriaca. In primo luogo è da sottolineare che non viene ancora conferita la laurea a ingegneri architetti e a periti agrimensori: come vedremo, l'introduzione di tale titolo accademico si avrà solo in seguito all'annessione del Veneto al Regno d'Italia, quando verrà attuato il decreto Matteucci, che prevede anche, per la prima volta, il conferimento

delle lauree scientifiche. Si vuole ricordare in secondo luogo che la chimica generale, la chimica farmaceutica, la botanica e parte della storia naturale sono materie di studio trattate unicamente in seno alla Facoltà medica. In seguito alle numerose riforme che si susseguiranno a ritmo serrato durante gli anni di dominazione austriaca, questi insegnamenti, come vedremo, inizieranno a essere impartiti anche presso la Facoltà filosofico-matematica.

La seconda fase del riformismo asburgico ha inizio con l'approvazione del nuovo regolamento dell'8 aprile 1825, che stabilisce in maniera definitiva la base su cui poggerà la vita accademica in tutti i suoi aspetti fino al termine della dominazione asburgica. Secondo il Regolamento generale «l'Università è posta sotto l'immediata ispezione e dipendenza dell'I.R. Governo col quale corrisponde direttamente per mezzo del Rettore e dei Direttori degli Studi». Al vertice dell'Università troviamo la figura del rettore, eletto annualmente a turno da tutte le facoltà, secondo il loro ordine (la prima e la principale è quella di teologia, la seconda è la giuridica, la terza è la medica e la quarta è la filosofica). Il rettore è coadiuvato nell'esercizio delle sue funzioni da un Senato accademico. Una volta ricordata la differenza tra studio e facoltà, vengono definite le figure di appartenenza allo Studio, ovvero i direttori degli studi e i professori, e quelle di appartenenza alla facoltà, i direttori degli studi, i decani e i dottori. A capo delle sezioni di studio troviamo i direttori degli studi, mentre a capo delle facoltà vi è il decano. Vale la pena sottolineare l'importante ruolo decisionale di ciascuna facoltà nel deliberare propri regolamenti o statuti relativamente a temi che riguardano esclusivamente sé stessa; la medesima capacità decisionale è accordata sempre al rettore e al Senato accademico.

Prendendo in considerazione ora le principali modifiche introdotte dal punto di vista dell'articolazione curriculare nella Facoltà filosofico-matematica, si segnala in primo luogo la riduzione del corso propedeutico filosofico da tre a due anni. Tra gli insegnamenti soppressi, si ricorda la storia naturale universale, che passerà nel gruppo delle cattedre libere.

Fino al 1826 il percorso per ingegneri e architetti e per periti agrimensori non subisce sostanziali modifiche. A partire dall'anno accademico 1826-27 si registra invece una semplificazione: per i futuri periti agrimensori da una parte viene abolito il corso filosofico propedeutico annuale, per cui la loro formazione di base è ora uniformata a quella degli ingegneri architetti (a questo punto biennale), dall'altra il corso degli studi matematici riduce la sua durata a un unico anno (la formazione per i periti agrimensori avrà pertanto sempre la durata di tre anni, due di

corso filosofico generale e uno di corso matematico). Il percorso formativo degli ingegneri e architetti risulta invece ridotto da sei a cinque anni, ma pressoché immutato per quanto concerne l'articolazione didattica.

La terza fase viene inaugurata nel 1842-43 con l'introduzione di un importante cambiamento curricolare: il corso filosofico («studio filosofico») e il corso matematico («studio matematico») vengono ufficialmente separati, così come vengono distinti i professori incaricati delle due sezioni. Per ciascuno «studio» si stabilirà due anni più tardi una struttura didattico-amministrativa diversa, pur nella condivisione dello stesso direttore. Lo «studio filosofico» si articola in due sezioni: da una parte lo «studio filosofico d'obbligo», di durata biennale, e dall'altra lo «studio filosofico libero» di durata annuale. Anche lo «studio matematico» va incontro a una bipartizione: la «sezione prima» comprende lo studio per gli ingegneri e architetti, di durata triennale e accessibile dopo aver compiuto lo «studio filosofico» d'obbligo, mentre la «sezione seconda» è costituita dallo studio per periti agrimensori di durata annuale, iter percorribile anche in questo caso unicamente dopo aver compiuto lo studio biennale filosofico. Da questi elementi si evince ormai la netta separazione della Facoltà matematica dalla Facoltà filosofica, che verrà formalmente riconosciuta nel 1846 con il decreto governativo del 9 marzo 1846, n. 7641/861. Da questa data infatti il corso per periti agrimensori e quello per ingegneri architetti troveranno la propria collocazione unicamente all'interno della Facoltà matematica, che rimarrà pertanto suddivisa nelle due sezioni.

Per quanto riguarda lo «studio matematico», questo si scinde in una «sezione prima», per ingegneri architetti, che prevede al primo anno gli insegnamenti di introduzione alla matematica sublime, geodesia e idrometria, disegno di geometria, storia naturale; al secondo anno quelli di matematica sublime col calcolo differenziale e integrale, architettura civile e stradale, geometria descrittiva con disegni, disegno nell'architettura civile; al terzo quelli di matematica applicata, architettura civile e idraulica, disegno di macchine e disegno nell'architettura civile. La «sezione seconda», per periti agrimensori, prevede gli insegnamenti di architettura civile e stradale, economia rurale, disegno di geometria, geodesia, disegno nell'architettura civile e storia naturale generale.

Collocazione delle materie scientifiche all'interno delle facoltà

Cominciando la nostra ricognizione dall'insegnamento delle scienze naturali, preme mettere in luce il fatto che dall'ingresso di tali disci-

pline in ambiente accademico con la legislazione napoleonica, fino alla costituzione della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali nel 1873, gli insegnamenti di mineralogia, di geologia e di zoologia costituiscono complessivamente l'insegnamento di storia naturale, non essendoci ancora una netta separazione tra gli insegnamenti relativi alle scienze della Terra e quelli relativi alle scienze della vita. Agli insegnamenti di storia naturale viene attribuita maggiore importanza all'interno della Facoltà medica, anche se non dobbiamo tralasciare il fatto che esse vengono impartite, spesso dai medesimi professori, anche all'interno della Facoltà filosofico-matematica.

Tuttavia, se la fisica, sperimentale e teorica, la matematica e l'astronomia avevano già trovato una collocazione in seno alla Facoltà filosofico-matematica, dobbiamo aspettare l'anno accademico 1818-19 per vedere inserito l'insegnamento di storia naturale, denominato «storia naturale, specialmente quelle parti che riguardano la mineralogia e la geologia», nel curriculum dedicato agli ingegneri architetti. Il testo di riferimento adottato per questo corso, indicato nei Prospetti degli studi, ci offre l'opportunità di fare una breve considerazione sulla filosofia romantica o *Naturphilosophie*, termine che indica quel fiorente intreccio di motivi filosofici e prospettive scientifiche che si prefigge come scopo una più profonda e unitaria comprensione della natura. Tale movimento si sviluppa in Germania tra il 1790 e il 1830 e si diffonderà anche nel resto d'Europa. I temi affrontati dai *Naturphilosophen* si fanno strada in ambito accademico, tanto da imporsi nei libri di testo per gli studenti. Durante il periodo di dominazione austriaca anche lo Studio patavino accoglierà questa tradizione, in linea con i programmi universitari tedeschi: esemplificativa è l'adozione come libro di testo per il corso di storia naturale del *Handbuch der Naturgeschichte* (Manuale di storia naturale), scritto da uno dei più ferventi *Naturphilosophen*, Johann Friedrich Blumenbach, di cui viene fornita la traduzione italiana. È da sottolineare infatti che per tutta la durata del governo austriaco l'italiano rimane la lingua ufficiale anche per l'insegnamento, come era già stato stabilito dalla precedente dominazione, e il corso di lingua tedesca si inserisce tra gli insegnamenti facoltativi.

Una prima impostazione modulare dell'insegnamento di storia naturale si ha a partire dall'anno 1824-25 all'interno dello studio medico-chirurgico-farmacologico della Facoltà medica: al primo semestre viene infatti tenuto l'insegnamento delle scienze della Terra, mineralogia e geologia, mentre al secondo compare l'insegnamento di zoologia. Rimane immutata invece la generica denominazione di storia naturale nel

corso degli studi matematici per ingegneri architetti e per periti agrimensori. Consultando infine il Prospetto degli studi per l'anno accademico 1858-59, troviamo in seno alla Facoltà filosofica l'insegnamento di storia naturale generale: il primo semestre è dedicato alla mineralogia e alla geologia, mentre il secondo alla botanica e alla zoologia; all'interno della Facoltà medica, lo stesso docente svolge gli insegnamenti formalmente separati di storia naturale speciale, cioè zoologia, e di continuazione della storia naturale speciale, cioè mineralogia e geognosia, mentre l'insegnamento di botanica è affidato a un docente differente. L'aggettivo «speciale» che accompagna questa e altre denominazioni di discipline scientifiche sta a indicare i temi più all'avanguardia che costituiscono ancora oggetto di studio e necessitano indagini più approfondite, dunque ancora in via di definizione all'interno della stessa disciplina scientifica. Al contrario, l'attributo «generale» si riferisce all'insieme degli argomenti già ampiamente indagati e dunque già entrati a far parte di una consolidata tradizione scientifica e didattica. Questa distinzione è particolarmente significativa: in Italia come nel resto dell'Europa cominciano a diventare temi di formazione universitaria anche gli sviluppi più recenti delle ricerche scientifiche.

Diversa, rispetto alla storia naturale, è la situazione dell'insegnamento della chimica. Nella periodizzazione considerata sopra, tale disciplina non viene mai nominata all'interno degli studi per ingegneri architetti e per periti agrimensori. La chimica entrerà infatti a far parte degli insegnamenti matematici e filosofici solo a partire dal 1858. Prima di questa data, è comunque possibile ottenere in seno alla Facoltà medica il titolo di dottorato in Chimica (laurea in Chimica), istituito per la prima volta nel 1834-35: si tratta della seconda laurea in materie scientifiche conferita presso l'Ateneo di Padova, dopo quella in Matematica introdotta nel 1812 all'interno della Facoltà filosofico-matematica. Riportiamo di seguito per completezza ciò che si legge nel Prospetto degli studi dell'anno 1834-35 in merito all'introduzione del grado di dottore in chimica: «per quelli che vogliono ottenere il grado di dottore in chimica: per ottenere il grado di dottore di Chimica deve l'aspirante comprovare: 1. D'aver adempiuto a tutto ciò che si richiede pei Farmacisti; 2. Di aver percorso l'intero corso Ginnasiale e Filosofico come Scolare ordinario in un pubblico Istituto d'istruzione, e di avervi ottenuta la prima Classe di progresso. Il Corso degli Studi per essi è triennale».

Una volta introdotta la chimica come nuova disciplina in seno alla Facoltà filosofica e alla Facoltà matematica sarà poi possibile ottenere

il titolo di dottore in Chimica dopo aver superato alcuni esami speciali che riguardano la storia naturale, la botanica, la chimica generale e animale e la chimica farmaceutica.

Per quanto riguarda le discipline scientifiche presenti unicamente all'interno della Facoltà filosofico-matematica, di più complessa articolazione, l'insegnamento della matematica si suddivide in tre parti: matematica pura elementare, che prevede l'insegnamento di algebra, geometria, trigonometria, rudimenti di sezioni coniche; introduzione al calcolo sublime, introduzione all'analisi funzionale (oggi matematica); calcolo sublime, ovvero l'analisi funzionale vera e propria con il calcolo integrale e differenziale. Evitando di analizzare in dettaglio la ripartizione di questi insegnamenti nel corso degli anni, ci limitiamo a osservare che la matematica pura viene impartita nel corso filosofico, sia triennale sia biennale, mentre troviamo l'introduzione al calcolo sublime nel piano didattico di entrambi i corsi specializzanti, quello per periti agrimensori e quello per ingegneri architetti. Per quanto riguarda invece l'analisi funzionale vera e propria, essa compare unicamente nel corso per ingegneri architetti, che sarà infatti quello con maggiore contenuto matematico. Dobbiamo ricordare inoltre il corso di matematica applicata, che inizialmente viene impartito nel secondo e nel terzo anno degli studi per ingegneri architetti e comprende l'idraulica pratica, la geodesia e l'idrometria. Con il passare del tempo, la matematica applicata verrà suddivisa in sezione teorica, che comprende la matematica applicata, e in sezione sperimentale, che abbraccia l'idrometria e la geodesia; le due sezioni guadagneranno una propria autonomia a partire dal 1844.

Passando all'insegnamento di architettura civile e di disegno, esso si trova inserito in un primo momento nel corso degli studi matematici per ingegneri architetti. A partire dagli anni quaranta dell'Ottocento, questo insegnamento subirà un percorso travagliato, dovuto alla sua difficile collocazione sul piano istituzionale: andrà infatti incontro a suddivisioni interne, in linea con l'esigenza di formare ingegneri sempre più specializzati, come vedremo in modo più approfondito nel capitolo dedicato all'ingegneria. A partire dal 1842, la cattedra si separa in tre sezioni autonome: la prima dedicata all'architettura civile e stradale e all'architettura civile e idraulica, la seconda al disegno nell'architettura civile e la terza al disegno di macchine.

Infine, gli insegnamenti che si manterranno pressoché invariati nel corso degli anni e che quindi seguiranno un percorso più lineare dal punto di vista istituzionale sono i seguenti: geometria descrittiva, collocata prima in seno allo «studio matematico», poi impartita unica-

mente presso la Facoltà matematica, al momento della separazione della Facoltà filosofico-matematica; fisica, presente sia nello «studio filosofico» sia nello «studio matematico» fino all'anno accademico 1845-46, quando scomparirà dal corso matematico; agraria, che troviamo unicamente nell'indirizzo matematico; astronomia teorica e pratica che, inizialmente in seno al corso degli studi matematici per ingegneri architetti e nello «studio filosofico libero», scomparirà definitivamente dallo «studio matematico» a partire dal 1842, quando passerà a far parte esclusivamente degli insegnamenti della Facoltà filosofica.

5. Istituzioni e riforme dopo l'Unità d'Italia.

Terminati i più di cinquant'anni di dominazione asburgica, a partire dal 1866 si apre per il Veneto, e quindi per Padova, la nuova esperienza nazionale. Sarà un periodo ricco di cambiamenti per ciò che concerne l'evoluzione dell'assetto istituzionale dell'Università patavina, in relazione sia ai molteplici avvenimenti politici che caratterizzano quest'arco cronologico (l'Italia passa attraverso tre differenti regimi politici, monarchia, dittatura fascista e repubblica), sia allo sviluppo esponenziale della scienza e della tecnica, che porterà alla nascita di nuove discipline tecnico-scientifiche sempre più specializzate. Rimandando, per ulteriori informazioni su questi aspetti, a un altro volume della presente opera, *Alla prova della contemporaneità*, curato da Carlo Fumian, ci limiteremo qui a fornire una cornice entro cui collocare i principali mutamenti che subiranno sia l'assetto istituzionale sia l'architettura curricolare dell'Università di Padova, fino ad assumere la fisionomia attuale, sotto la spinta a volte di specifiche esigenze culturali, altre volte di particolari contingenze storiche e politiche.

Punto di partenza della nostra indagine sarà la costituzione, nel 1873, della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali e annessa Scuola di applicazione per gli ingegneri. Questa, come abbiamo già osservato, è il risultato di un lungo processo in cui si afferma progressivamente la rilevanza del pensiero scientifico non solo in seno all'università, ma anche nello sviluppo in senso più ampio della società. L'ordinamento degli studi della Facoltà di Scienze, di cui parleremo, è quello previsto dalla legge Casati emanata nel 1859, che costituisce l'atto di nascita del sistema universitario nazionale.

Da questo momento in poi il regolamento didattico dell'Università di Padova e la sua forma di governo saranno quelli imposti su scala naziona-

le. In questo contesto due saranno le principali riforme novecentesche: la prima promulgata nel 1923, durante i travagliati anni del regime fascista, e la seconda negli anni ottanta del Novecento, che concretizza il complesso tema dell'autonomia universitaria. Di queste riforme analizzeremo i principali contenuti relativi alle discipline tecnico-scientifiche e le conseguenze che la loro attuazione comporterà. Concluderemo infine quest'ultimo paragrafo fornendo al lettore uno sguardo a volo d'uccello sull'attuale struttura organizzativa dell'università, risultato della messa in atto della legge n. 240 del 30 dicembre 2010, la cosiddetta riforma Gelmini.

Inquadramento generale

I mutamenti istituzionali non possono essere compresi senza una breve descrizione dei principali cambiamenti avvenuti nello sviluppo della scienza e della tecnica.

A cavallo tra Ottocento e Novecento, si assiste sia al definitivo consolidamento di alcuni settori scientifici disciplinari sia alla nascita di nuove discipline. Nel corso del Novecento, la crescita del sapere scientifico e tecnologico è di tipo esponenziale: ciò induce a profonde trasformazioni, sia nella forma che nella modalità con cui la didattica e la ricerca scientifica e tecnologica vengono svolte.

Si realizza definitivamente in questi anni il processo di progressiva specializzazione dei vari settori disciplinari scientifici e tecnologici: gli scienziati acquisiscono specifiche competenze in ambiti sempre più ristretti del sapere tecnico e scientifico, con inevitabili riflessi sul piano istituzionale. Infatti, come vedremo più avanti, nella prima metà del XX secolo vengono introdotti nuovi insegnamenti e nuove lauree. Tale specializzazione è un fenomeno indubbiamente positivo, poiché permette un più rapido progresso delle conoscenze scientifiche. Tuttavia, ciò che almeno in un primo momento sembra venire meno è la visione d'insieme dei fenomeni naturali.

Un altro mutamento importante riguarda il ruolo dello scienziato: la professione del ricercatore scientifico infatti inizia ad abbracciare anche altri ruoli: per citarne alcuni, quelli dell'impiegato, del dirigente, dell'esperto. Si assiste in questo periodo a un fenomeno via via crescente di professionalizzazione della ricerca scientifica già avviatosi nel XIX secolo: i ricercatori sono in contatto lavorativo con governo o enti pubblici o privati. Da qui, risulta chiaro che, in modo sempre più deciso rispetto a quanto accadeva in passato, i costi e i vantaggi dei progetti scientifici non sono più misurati secondo generici interessi o problematiche della scienza e della tecnica, bensì giudicati sulla base degli interessi economici

dei singoli paesi relativi alla propria espansione politica e militare che non può non contemplare anche l'espansione scientifica e tecnologica. Se da una parte, dunque, si assiste a una progressiva specializzazione che permette un più rapido progresso della conoscenza scientifica e tecnologica, dall'altro, come evidente conseguenza dei fenomeni sopracitati, è necessario evidenziare una progressiva perdita di autonomia della scienza, con l'influsso crescente di interessi politici, economici e militari.

Se, parlando degli sviluppi della scienza e della tecnologia tra Settecento e prima metà dell'Ottocento, il contesto di riferimento era l'Europa, in particolare Gran Bretagna, Francia e Germania, nel periodo ora considerato è necessario fare un accenno allo sviluppo della scienza e della tecnologia negli Stati Uniti. Qui nascono, a partire dalla seconda metà del XIX secolo, i primi centri privati di ricerca presso industrie e, parallelamente, gli istituti e le università iniziano a ricevere cospicue donazioni anche da parte di enti privati. Le università stesse cominciano inoltre a offrire ai ricercatori europei mezzi non reperibili nei loro paesi.

I due conflitti mondiali portano poi gli Stati Uniti ad acquisire nella scienza e nello sviluppo tecnologico quell'egemonia che precedentemente era stata propria dell'Inghilterra, prima, e della Francia e della Germania poi, egemonia che riguarda contemporaneamente due aspetti tra loro correlati: la ricchezza dei mezzi messi a disposizione e lo sviluppo di conoscenze. Tra gli elementi che concorrono al raggiungimento di tale primato vi è il sistema di ricerca statunitense, caratterizzato da una maggiore flessibilità rispetto a quello europeo. Esso è contraddistinto da un'organizzazione che produce nel complesso effetti positivi sulla ricerca, ed è prima di tutto legata a una certa osmosi tra ricerca pubblica e privata. Non a caso una parte consistente della ricerca viene svolta nei laboratori e nei centri di ricerca di industrie private.

È proprio anche grazie alla consapevolezza del crescente divario scientifico e tecnologico tra Europa e Stati Uniti che vengono istituite le prime organizzazioni di ricerca a livello europeo, al di fuori dei limiti nazionali. Ci limitiamo a citare due esempi: l'istituzione nel 1954 del Consiglio europeo per la ricerca nucleare (Cern), che ben presto acquisirà un ruolo di rilievo in ambito internazionale per quanto riguarda lo studio dei costituenti ultimi della materia; e la costituzione nel 1975 dell'Esa (European Space Agency), punto culminante di una riorganizzazione del programma spaziale europeo.

Per quanto riguarda la situazione italiana, prima di tutto menzioniamo la costituzione nel 1923 del Cnr (Consiglio nazionale delle ricerche), il più grande istituto pubblico di ricerca nel nostro paese, in

tutti i settori della cultura: per questo si parla di ricerca generalista. In secondo luogo, l'istituzione tra il 1951 e il 1952 dell'Infn (Istituto nazionale di fisica nucleare), che vede tra i fondatori anche gruppi dell'Università di Padova, oltre che delle Università di Roma, Torino e Milano: lo scopo è sviluppare le ricerche in fisica nucleare, sul piano sia teorico sia sperimentale, iniziate negli anni trenta del secolo. Nella seconda metà degli anni cinquanta, l'Infn progetta e costruisce il primo acceleratore italiano a Frascati e, negli stessi anni, permette all'Italia di partecipare da protagonista alla nascita e agli sviluppi del Cern per la costruzione e l'utilizzo di macchine acceleratrici.

Organizzazione degli studi fino al primo conflitto mondiale

Dopo l'annessione del Veneto al Regno d'Italia nel 1866, gli insegnamenti rimangono inquadri per altri sei anni nel vecchio regolamento. Già in questo primo periodo di assestamento avvengono alcuni mutamenti significativi nelle cattedre e nei corsi. Diamo qui solo due esempi. Nel 1869 la cattedra di storia naturale speciale viene scissa in una di zoologia e anatomia comparata e una di mineralogia e geologia, affidate a docenti diversi, come vedremo meglio nel capitolo II, nel paragrafo dedicato alle scienze naturali. Si può citare poi l'introduzione di una cattedra di meccanica razionale, di un corso di geodesia teoretica (poi assorbito dall'astronomia), di uno di geodesia pratica e di uno di geografia fisica.

Sarà tuttavia solo con il regio decreto del 12 maggio 1872, n. 821, che l'Università di Padova verrà parificata, insieme a quella di Roma, alle altre del Regno.

Per quanto attiene ai settori scientifici e tecnologici, il decisivo punto di svolta è rappresentato dalla costituzione, nel 1873, della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali e Scuola di applicazione per gli ingegneri, in cui confluiscono tutti gli insegnamenti scientifici e tecnologici dei corsi di studio della Facoltà matematica, della Facoltà filosofica e della Facoltà medica. Da questo momento in poi, la scienza e la tecnica vengono definitivamente raggruppate nella stessa unità amministrativa, insieme alle scienze naturali, tradizionalmente collocate in seno alla Facoltà medica.

Questa svolta in realtà è preparata da un serie di atti che risalgono a più di dieci anni prima. L'ordinamento degli studi della neocostituita Facoltà di Scienze, infatti, è quello previsto dal «Regolamento per le Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali» del regio decreto 14

settembre 1862, n. 842, del neonato Regno d'Italia riguardante il regolamento universitario: si tratta del decreto Matteucci, ovvero l'applicazione, per sommi capi, della legge Casati, emanata all'alba dell'Unità nazionale il 13 novembre 1859 ed entrata in vigore nel 1861.

Vale la pena soffermarsi sull'importanza della legge Casati, da cui prenderanno le mosse tutti i dibattiti e i tentativi di riforma che si susseguiranno in questi anni. Riportarli, analizzarli e seguirne l'evoluzione esula dal nostro scopo (per approfondimenti sul tema si rimanda il lettore alla bibliografia ragionata in coda al presente volume). Tale legge rappresenta, infatti, il primo tentativo di superare la complessa situazione delle università italiane, la cui frammentazione e disomogeneità, riflesso della frammentazione politica del territorio stesso, dovevano dar vita ora a un sistema universitario nazionale. I principi a cui si ispira la riforma, e che troveranno una prima vera realizzazione con Matteucci, sono costituiti dal modello francese e dal modello tedesco: il primo prevede un elevato grado di centralizzazione della struttura di governo del sistema universitario, mentre il secondo segue un modello basato sull'unità di ricerca portato avanti da una comunità di ricercatori, formata da docenti e studenti.

La figura cruciale di queste trasformazioni è il fisico Carlo Matteucci, ministro della Pubblica istruzione tra il 1862 e il 1864. Matteucci colloca la sua azione nel contesto del dibattito tra chi sostiene una centralizzazione dell'università di stampo francese e chi propugna un'autonomia delle singole università secondo il modello tedesco. Il sistema universitario nazionale sarà improntato da Matteucci a un tentativo di fusione di entrambi i modelli, anche se si caratterizza per una forte enfasi sulla centralizzazione della struttura di governo: una scelta dettata dai radicali cambiamenti che il processo di unificazione impone. Le università assumono ora l'aspetto di organi dello Stato e il loro fine è certamente quello di perseguire la conoscenza scientifica tenendo ben presente che lo sviluppo di questa può, e nell'idea di gran parte dei politici dell'epoca deve, contribuire al consolidamento dello Stato nazionale. Si deve sempre a Matteucci la riduzione del numero delle sedi universitarie al fine di concentrare le risorse disponibili in pochi istituti di eccellenza, in grado di accogliere i docenti più valenti e affermati, insieme alle collezioni di reperti e strumenti scientifici più ricche e alle migliori dotazioni per la ricerca e le applicazioni. Seguendo questo criterio, gli atenei italiani vengono classificati in primari e in secondari e l'Università di Padova si collocherà, al momento dell'annessione del Veneto al Regno d'Italia, all'interno del primo gruppo.

Per ciò che concerne le discipline scientifiche e i cambiamenti apportati dalla legge Casati, è necessario anzitutto fare una premessa generale, in quanto si costituiscono per la prima volta le facoltà intese in senso moderno, cinque in numero: la Facoltà teologica (che verrà poi soppressa nel 1872), la Facoltà di Giurisprudenza, la Facoltà di Medicina, la Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali e la Facoltà di Filosofia e Lettere, la cui definizione è contenuta nel capo I, sotto il «Titolo II. Dell'istruzione superiore» della legge Casati. A qualsiasi corso universitario è possibile accedere solo dopo aver frequentato il liceo, di durata triennale, e quindi dopo aver conseguito il diploma liceale, oppure dopo aver superato un esame equivalente nella sezione fisico-matematica degli istituti tecnici.

Per quanto riguarda la Facoltà di Scienze, vi sono ora quattro percorsi di laurea distinti: la laurea nelle Scienze matematiche, la laurea nelle Scienze fisico-matematiche, la laurea nelle Scienze fisico-chimiche e la laurea in Storia naturale. Vediamo quindi che sia la chimica che la storia naturale, discipline tradizionalmente collocate in seno alla Facoltà di Medicina, vengono ora riconosciute a tutti gli effetti, anche sul piano istituzionale, come veri e propri settori della scienza con un proprio percorso di studi all'interno della Facoltà di Scienze.

Per completezza citiamo gli insegnamenti obbligatori della Facoltà di Scienze, come indicato nell'articolo 6 del Regolamento Matteucci: algebra complementare, geometria analitica, calcolo differenziale integrale, meccanica razionale, geometria descrittiva, geodesia teoretica, astronomia, analisi superiore, geometria superiore, meccanica celeste, fisica-matematica, disegno, fisica, chimica organica, chimica inorganica, mineralogia e geologia, zoologia, anatomia comparata e botanica. Riportiamo inoltre il corpo dell'articolo 12 del decreto Matteucci, in cui si trovano i temi della dissertazione per il conseguimento di tutte e quattro le lauree: «Alla fine dei quattro anni, e superati gli esami speciali per ognuno degli insegnamenti obbligatori sopradescritti, vi sarà l'esame di laurea, il quale consiste, secondo le norme stabilite nel regolamento generale, in una dissertazione e in un esame orale sulle materie attinenti al tema della dissertazione. Per la laurea in scienze matematiche i temi della dissertazione si aggireranno sopra l'analisi e la geometria superiore, la meccanica razionale e la meccanica celeste. Per la laurea in scienze fisico-matematiche i temi della dissertazione abbracceranno la meccanica razionale, la fisica e la fisica-matematica. Per la laurea in scienze fisico-chimiche i temi della dissertazione abbracceranno la fisica, la chimica inorganica e l'organica. Per la laurea in scienze na-

turali i temi della dissertazione comprenderanno la fisiologia vegetabile, l'anatomia comparata e la geologia».

Vengono rilasciati inoltre, anche senza il conseguimento della laurea, i titoli di baccelliere e di licenziato, di napoleonica memoria: dopo aver superato gli esami alla fine dei primi due anni di corso, si ha diritto al diploma di baccelliere, mentre il diploma di licenza viene rilasciato dopo aver conseguito tutti gli esami speciali inclusi quelli del terzo anno, come si legge nell'articolo 17 del Regolamento Matteucci.

Per quanto riguarda la Scuola di applicazione per gli ingegneri, questa ha durata di cinque anni, mentre tutti gli altri corsi hanno durata quadriennale. L'unico requisito per accedere alla Scuola per ingegneri è il conseguimento della licenza per le scienze matematiche, da cui si evince che la durata complessiva del percorso di studi è di otto anni. L'articolo 18 del Regolamento Matteucci asserisce infatti: «L'attestato di licenza per le scienze matematiche apre l'adito alle scuole di applicazione per gli ingegneri ed alle pratiche per ottenere il diploma di ingegnere secondo le leggi vigenti nelle varie Province del Regno».

Nel 1875 viene emanato un altro regio decreto, il decreto Bonghi (11 ottobre 1875, n. 2742), che prevede la costituzione della Scuola di applicazione per gli ingegneri in forma autonoma e il cambio di denominazione della Facoltà di Scienze in Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali (anteponendo le matematiche alle fisiche), di cui possiamo riportare le principali finalità, indicate nell'articolo 1: «Promuovere la cultura scientifica nazionale; fornire agli studenti della Facoltà di Medicina gl'insegnamenti di scienze fisiche e naturali; abilitare all'ammissione alla Scuola di applicazione per gl'ingegneri». Un aspetto sul quale vale la pena soffermarsi è che, a partire da quest'anno, troviamo nei Prospetti degli studi l'introduzione dei corsi di laurea in Matematica, in Fisica, in Chimica e in Scienze naturali: per la prima volta viene riconosciuta una propria identità curriculare alla fisica e alla chimica. Tutti e quattro i titoli di laurea vengono conferiti dopo aver ottenuto la licenza nelle scienze matematiche e fisiche, oppure in scienze naturali, come previsto dal decreto, e ambedue conseguibili mediante un esame. Ai corsi di laurea è possibile accedere con qualsiasi tipo di licenza, dopo aver sostenuto, eventualmente, gli esami integrativi affini al corso di laurea prescelto. Gli insegnamenti comuni a tutti i percorsi di laurea, che vengono da questo momento in poi impartiti presso la Facoltà di Scienze, sono i seguenti: fisica sperimentale, chimica, mineralogia e geologia, zoologia e anatomia e fisiologia comparate, botanica, analisi algebrica, analisi infinitesimale, geometria analitica, geome-

tria proiettiva e descrittiva con disegno, disegno di ornato e di architettura elementare.

Nel 1878 infine viene introdotta una novità curricolare: si tratta dell'attivazione di tre nuovi corsi, antropologia, «su alcuni progressi della fisica» e storia delle matematiche, di cui parleremo in seguito, tenuti da professori a titolo di «docenti privati».

*Dai gabinetti agli istituti scientifici
nella Facoltà di Scienze*

Fin dagli anni della dominazione napoleonica di inizio Ottocento, i gabinetti e gli stabilimenti scientifici hanno avuto una storia ben documentata nei Prospetti degli studi. In alcuni casi, già nel Settecento si hanno notizie di collezioni e di strumentazioni scientifiche appartenenti ai primi gabinetti, quali per esempio il «teatro di filosofia sperimentale» e il laboratorio di chimica, che rappresentano le più antiche testimonianze di strutture scientifiche organizzate in seno all'Università degli artisti.

Con la costituzione poi della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, nascono i primi istituti scientifici, la diretta evoluzione dei tradizionali gabinetti. Consultando il Prospetto degli studi dell'anno accademico 1873-74, infatti, tra i gabinetti scientifici troviamo il primo istituto, quello di chimica, costituito nel 1873. Per meglio comprendere questo punto, riportiamo l'elenco dei principali gabinetti e istituti scientifici in seno alla Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali in quest'anno accademico: Gabinetto di mineralogia e geologia, Orto botanico, Gabinetto di zoologia e anatomia comparata, Osservatorio astronomico, Gabinetto di fisica, Istituto di chimica, Gabinetto di disegno, Gabinetto di geometria descrittiva, Gabinetto di geodesia, Gabinetto di meccanica industriale, Gabinetto di architettura, Gabinetto di idraulica pratica, Orto agrario collegato al Gabinetto di modelli e strumenti, e Gabinetto di numismatica e archeologia. A capo di ciascun gabinetto o istituto vi è un direttore, che ricopre anche il ruolo di professore ordinario o straordinario delle corrispondenti discipline teoriche. Generalmente il personale afferente ai gabinetti e agli istituti comprende, oltre alla già citata figura del direttore, quella dell'assistente, uno o più di uno a seconda delle necessità, e quella del «servente». Esistono inoltre altre figure di supporto alla particolare disciplina, come ad esempio quella del giardiniere, del sotto-giardiniere e del custode, per quanto riguarda l'Orto botanico, quella del macchinista e del calcolatore aggiunto nel caso dell'Osservatorio astrono-

mico, e quella del preparatore, di fondamentale importanza per le attività di dissezione che si svolgono presso il Gabinetto di zoologia e anatomia comparata.

Gli istituti a cavallo tra Ottocento e Novecento arriveranno ad abbracciare un numero sempre maggiore di docenti, lettori e sperimentatori. Si sta già delineando quindi, a partire dalla fine dell'Ottocento, una struttura organizzativa che precorrerà quella dei moderni dipartimenti.

In conclusione citiamo gli anni di nascita dei principali istituti in seno alla Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, ricordando che alcuni di essi passeranno successivamente alla Scuola di applicazione per ingegneri al momento della sua costituzione in forma autonoma. Si è già visto che il primo istituto che viene creato a Padova nel 1873 è quello di chimica; nel 1874 viene istituito quello di fisica; nel 1886 quelli di botanica, di zoologia e di astronomia; nel 1903 quello di antropologia; infine, tra il 1907 e il 1908 quelli di geodesia, geologia e mineralogia. Molti di questi istituti derivano direttamente dai rispettivi gabinetti, che mutano semplicemente il loro nome da gabinetto a istituto scientifico. Via via gli istituti scientifici potranno raggruppare al loro interno più cattedre di discipline scientifiche affini, come previsto in via definitiva dal regio decreto del 31 agosto 1933, n. 1592, fino a venire assorbiti dai dipartimenti a partire dagli anni ottanta del Novecento.

Per quanto riguarda i dettagli dell'analogo sviluppo dei gabinetti tecnico-scientifici nell'ambito dell'ingegneria, rimandiamo la trattazione al paragrafo 4 alla fine del capitolo III.

Istituzione di nuovi insegnamenti

È sicuramente di qualche interesse citare a questo punto alcuni dei nuovi insegnamenti introdotti in questi anni in seguito alla crescente specializzazione della scienza e della tecnica. Alla fine dell'Ottocento e nella prima metà del Novecento, la progressiva ramificazione delle discipline tecnico-scientifiche ha come corrispettivo la nascita di specifici percorsi di laurea.

Per quanto riguarda la formazione degli ingegneri, possiamo citare qui alcune innovazioni, a cui dedicheremo più spazio nel capitolo dedicato all'ingegneria. Queste sono contenute nel regolamento per gli ingegneri nel corpo del decreto promulgato l'8 ottobre 1876 (cfr. regio decreto 8 ottobre 1876, n. 3434, serie 2). In primo luogo, vengono introdotti il diploma di ingegnere civile e quello di architetto. Riportiamo di seguito i criteri per l'ammissione ai corsi: lo studente deve aver ottenuto la licenza fisico-matematica, che richiede due anni

di frequenza, e i certificati di diligenza (ovvero attestati accertanti la frequenza alle lezioni e il profitto degli alunni) dei corsi di mineralogia, di geologia e di disegno di ornato e di architettura. Risale poi al 21 giugno 1908 il regio decreto che approva un nuovo regolamento per la Scuola di applicazione (cfr. regio decreto 21 giugno 1908, n. 580). Qui viene introdotto un biennio propedeutico comprendente due indirizzi: il generale e l'idraulico. In seguito, dopo la promulgazione del regio decreto 6 settembre 1913, n. 1242, vengono introdotti due nuovi corsi di laurea: il primo in Ingegneria industriale e il secondo in Ingegneria civile, che prevede la possibilità di specializzazione in studi idraulici ed elettrici.

Per quanto riguarda la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, nel 1902 viene pubblicato dal ministero dell'Istruzione un altro regolamento che distingue tra insegnamenti fondamentali (in tutto ventuno) e complementari, quali la biologia generale, l'antropologia, la chimica fisica, la fisica complementare e altre materie di importanza particolare per le singole sezioni. Vengono mantenuti quattro corsi di laurea quadriennali e introdotte due licenze biennali a fini didattici. Tra il 1903 e il 1909, infine, sono aggiunti nuovi insegnamenti, a cui è dedicata una cattedra: matematica per chimici, chimica fisica, meteorologia, storia delle matematiche, matematiche superiori e paleontologia.

Dal primo dopoguerra alla riforma Gelmini

Il 24 novembre 1919, finito il primo conflitto mondiale, possono finalmente riprendere le lezioni universitarie, interrotte a Padova a partire dall'autunno 1914, e i nuovi edifici adibiti all'insegnamento delle scienze, costruiti in larga parte prima della guerra, vengono destinati all'utilizzo per il quale erano stati progettati. In questo periodo l'assetto istituzionale e l'articolazione curricolare rimangono pressoché invariati fino agli anni venti del Novecento, anche se tanti sono i tentativi e le proposte di riforma.

Dopo quarant'anni di dibattiti e discussioni sulla necessità di riformare il sistema universitario, superati i tragici anni della guerra, nel 1923 viene varata col regio decreto 30 settembre 1923, n. 2102, la riforma Gentile che contiene il primo tentativo politico, organicamente perseguito, di ristrutturare il sistema universitario italiano, sintetizzando le proposte, le critiche, i principi innovativi che si erano avvicendati in questi anni. Come successo con le precedenti riforme, anche la riforma Gentile si innesta su una particolare contingenza storica, ovvero l'ascesa al potere del fascismo, con annessi tutti i cambiamenti politici, eco-

nomici, sociali e culturali da esso perseguiti. Se se ne analizza il contenuto, essa sembra racchiudere a un primo sguardo alcuni aspetti innovativi: viene infatti, per esempio, ridimensionata la centralizzazione da parte dello Stato. Alle singole università viene accordata personalità giuridica, dunque gli aspetti di carattere organizzativo sono regolati e applicati in base agli statuti che ogni università elabora autonomamente. Tuttavia, anche se vengono introdotti per la prima volta, questi e altri aspetti che segnano una netta discontinuità con il passato, nel volgere di pochi anni, con l'istituzionalizzazione del regime fascista, vengono messi da parte e via via smantellati. L'università e la sua forma di governo quindi continuano a essere caratterizzati da un assetto fortemente centralizzato e dall'assenza di autonomia, anche se le motivazioni del regime fascista sono in larga parte diverse da quelle che animavano la riforma universitaria post-unitaria.

L'università, con questa riforma, continua a essere considerata il luogo per eccellenza preposto alla diffusione della cultura. Il progetto gentiliano prevede inoltre la differenziazione delle istituzioni, distinguendo l'università dagli istituti regi di carattere professionalizzante. Ecco quindi spiegato il motivo per cui le scuole di ingegneria diventeranno «regi istituti». Questi vengono posti a un livello inferiore rispetto alle università, sia gerarchicamente sia qualitativamente. Almeno in un primo momento, vengono accordate all'università personalità giuridica e una considerevole autonomia, mentre lo Stato mantiene la funzione accentratrice stabilendo la durata dei corsi, oltre a nominare le più alte cariche, come detto. Si legge infatti nell'articolo 8 della riforma: «I rettori e i direttori sono nominati dal re tra i professori stabili appartenenti rispettivamente all'università o istituto. Durano in ufficio un triennio e possono essere confermati».

Venendo all'Università di Padova, la riforma Gentile riconosce per l'Università le seguenti facoltà e scuole: Facoltà di Giurisprudenza, Facoltà di Lettere e Filosofia, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, Scuola di farmacia e Regia scuola d'ingegneria. In seguito, con il regio decreto 27 ottobre 1935, n. 2123, si costituisce la Facoltà di Ingegneria che viene aggregata all'Università di Padova, come si legge nell'articolo 1: «A decorrere dal 29 ottobre 1935 il Regio istituto superiore d'ingegneria di Padova è aggregato alla Regia università della stessa sede, costituendo la Facoltà d'ingegneria». Dopo aver compiuto il biennio di studi propedeutici, è possibile accedere al triennio di applicazione conseguendo la laurea in Ingegneria civile, Ingegneria industriale e Ingegneria chimica.

Dopo l'emanazione della legge Gentile, che rappresenta come si è detto un piano ben articolato e organico di riforma, le cose rimarranno pressoché immutate per circa mezzo secolo. Due significativi momenti di svolta si avranno solamente negli anni ottanta, con il decreto dell'11 luglio 1980, n. 382, e con la cosiddetta riforma Ruberti (1989-91), che realizzerà l'autonomia universitaria, portando a compimento un dibattito di lunga data. Su questo delicato tema si erano delineati in particolare due schieramenti: da una parte i sostenitori della necessità di istituire un sistema di governo delle università caratterizzato da una concessione di più ampia autonomia, amministrativa, didattica, disciplinare e statutaria, e dall'altra coloro che sostenevano il mantenimento del modello centralizzato per timore che l'autonomia potesse minare la possibilità di governo del sistema universitario in senso unitario e nazionale.

Questa controversia è ancora accesa quando, nella seconda metà degli anni sessanta, esplodono le contestazioni studentesche, di cui l'Università di Padova sarà uno dei teatri fin dall'inizio. Nel 1967 e nel 1968, quando comincia la protesta degli studenti, l'accesso al mondo universitario è permesso esclusivamente ai diplomati presso il liceo: non stupisce dunque che gli iscritti all'università siano prevalentemente figli di professionisti, impiegati o insegnanti.

Proprio per venire incontro, almeno in parte, alle contestazioni vengono presi alcuni provvedimenti, non sempre con coerenza e lungimiranza. Snodo cruciale nella struttura universitaria è rappresentato dall'emanazione della legge Codignola, dell'11 dicembre del 1969, che introduce la liberalizzazione degli accessi universitari e dei piani di studio, senz'alcuna distinzione tra le tipologie di diploma. Come si legge nell'art. 1 della legge 11 dicembre 1969, n. 910: «Fino all'attuazione della riforma universitaria possono iscriversi a qualsiasi corso di laurea: a) i diplomati degli istituti di istruzione secondaria di secondo grado di durata quinquennale, ivi compresi i licei linguistici riconosciuti per legge, e coloro che abbiano superato i corsi integrativi previsti dalla legge che ne autorizza la sperimentazione negli istituti professionali; b) i diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici che abbiano frequentato, con esito positivo, un corso annuale integrativo, da organizzarsi dai provveditorati agli studi, in ogni provincia, sotto la responsabilità didattica e scientifica delle università, sulla base di disposizioni che verranno impartite dal Ministro per la pubblica istruzione».

Si assiste così al passaggio dall'università di élite all'università di massa, fenomeno che interessa gran parte dell'Europa e che vede crescere negli anni il numero degli iscritti agli atenei.

La prima evidente conseguenza dell'entrata in vigore di tale legge è ovviamente una crescita esponenziale e indiscriminata degli studenti, per cui si cerca di ristabilire con una serie di riforme l'equilibrio numerico tra docenti e studenti. Una seconda conseguenza è l'insorgere di alcune contraddizioni tra un modello di cultura ancora di élite e le esigenze dei giovani appartenenti a classi sociali che per la prima volta si trovano ad affrontare gli studi superiori. Vengono istituiti nuovi corsi che cercano di far fronte alle crescenti richieste della popolazione studentesca, ma tali modifiche, spesso poco meditate, sono foriere di continui adeguamenti e riorganizzazioni. Le riforme che si susseguono in questi anni, fino al 1980, non riescono infatti a risolvere alcuni importanti problemi. Tra questi, per esempio, il fatto che l'Università continui a essere improntata alla riproduzione di logiche politiche ormai obsolete e inefficienti. Inoltre restano essenzialmente irrisolti i problemi strutturali dell'università, le questioni sollevate dal mutato rapporto tra società e università, e i problemi legati alla nuova identità assunta dall'istruzione superiore nel passaggio dall'università d'élite all'università di massa.

Solo con l'emanazione del decreto dell'11 luglio 1980, n. 382, verranno apportate importanti modifiche strutturali, la cui realizzazione richiederà comunque molti anni. Tra i contenuti del decreto del 1980 più rilevanti per la nostra analisi, troviamo l'introduzione del dottorato di ricerca, «quale titolo accademico valutabile unicamente nell'ambito della ricerca scientifica» e la costituzione dei dipartimenti, in via sperimentale e facoltativa, intesi come «organizzazione di uno o più settori di ricerca affini per finalità o per metodo». I dipartimenti, ove introdotti, assurgono al ruolo di unità di coordinamento e promozione delle attività di ricerca, definendone i programmi e organizzando le strutture a questo fine, e possono concorrere alle attività didattiche. Degno di nota è il fatto che, già al momento della loro istituzione, i dipartimenti godono di una propria autonomia finanziaria e amministrativa e dispongono di personale tecnico e amministrativo. Sempre all'interno di questa riforma, vengono specificate le funzioni degli istituti, in cui fino a questo momento sono articolate le facoltà, che hanno l'importante ruolo di raccordo tra facoltà e dipartimenti. In collaborazione con le facoltà, gli istituti svolgono le attività didattiche per il conseguimento delle lauree e dei diplomi previsti dagli statuti e, in collaborazione con i dipartimenti, dove costituiti, portano avanti le attività di ricerca relative alle discipline afferenti agli istituti stessi. A questo proposito, si legge nell'art. 88 del d.p.r. 382: «Gli istituti, ciascuno dei quali comprende più discipline di insegnamento affini, svolgono, in collabora-

zione con le facoltà ed i corsi di laurea e di indirizzo, le attività didattiche per il conseguimento delle lauree e dei diplomi previsti dagli statuti, o, in collaborazione con i dipartimenti ove costituiti, le attività di ricerca concernenti le discipline afferenti agli istituti stessi. L'istituto è diretto da un professore ordinario o straordinario di una delle discipline afferenti all'istituto stesso, nominato dal rettore su designazione del consiglio di istituto».

Tuttavia si sta preparando il terreno per la definitiva soppressione degli istituti «scientifici», denominazione questa introdotta per la prima volta nel testo del già citato regio decreto 31 agosto 1933, n. 1592, che vengono via via sostituiti dai dipartimenti. Si prevede infatti all'art. 88 comma 7 del d.p.r. 382 che nelle università «dove sono costituite strutture dipartimentali il rettore, su proposta della commissione di ateneo e sentito il senato accademico, dispone che gli istituti che rientrano nell'area disciplinare propria di uno o più dipartimenti vengano da questi assorbiti».

Per quanto riguarda quest'ultimo punto, possiamo citare alcune trasformazioni significative che subisce l'Università di Padova con l'entrata in vigore della legge n. 382. Alcuni dipartimenti si costituiscono con la semplice trasformazione di istituti preesistenti, con dimensioni e caratteristiche conformi alle richieste di legge. Per esempio, l'Istituto di fisica diventa nel 1983 il Dipartimento di Fisica, che continua a includere la maggioranza dei docenti e ricercatori che operano nel campo della fisica nelle due Facoltà, quella di Scienze matematiche, fisiche e naturali e quella di Ingegneria. Stesso dicasi dell'Istituto di chimica fisica, che diventa nel 1985 il Dipartimento di Chimica fisica. D'altra parte, nello stesso anno nascono il Dipartimento di Chimica organica, che sostituisce il precedente Istituto di chimica organica e chimica industriale, e il Dipartimento di Chimica inorganica, metallorganica e analitica, cui afferisce la stragrande maggioranza dei docenti e ricercatori dell'Istituto di chimica generale e inorganica e dell'Istituto di chimica analitica.

Altri dipartimenti si formano dall'aggregazione di più istituti o da parti di più istituti che devono confluire in un unico dipartimento. Ad esempio, viene istituito nel 1983 il Dipartimento di Biologia come conseguenza della fusione degli Istituti di biologia animale, di botanica, di antropologia, dell'Orto botanico e della Stazione di biologia marina di Chioggia. Per quanto riguarda le scienze matematiche, si costituisce nel 1987 il Dipartimento di Matematica pura e applicata, che raccoglie tutti i docenti di matematica della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, tutti quelli della Facoltà di Statistica e parte di quelli della Fa-

coltà d'Ingegneria e sostituisce i precedenti Istituti di algebra e geometria, analisi e meccanica e parte dell'Istituto di matematica applicata. Per varie ragioni, l'altra parte dei docenti all'Istituto di matematica applicata confluirà nel Dipartimento di Metodi e modelli matematici per le scienze applicate, istituito in seno alla Facoltà di Ingegneria nel 1989, che accoglierà al suo interno anche un gruppo di docenti di matematica già appartenenti alla Facoltà di Ingegneria. Tra le modifiche introdotte presso la Facoltà di Ingegneria, si può citare la costituzione dei Dipartimenti di Ingegneria meccanica, di Innovazione meccanica e gestionale, di Processi chimici dell'ingegneria e di Fisica tecnica, in cui confluiscono i docenti e i ricercatori dei preesistenti Istituti di macchine, meccanica applicata, di fisica tecnica, di organizzazione aziendale e di chimica applicata. Per quanto concerne l'ingegneria civile, il processo di trasformazione porta alla nascita dei seguenti dipartimenti: il Dipartimento di Costruzioni e trasporti, che accoglie i docenti e ricercatori dei preesistenti Istituti di scienza delle costruzioni e di costruzioni di strade; il Dipartimento di Ingegneria idraulica, ambientale, marittima e geotecnica; il Dipartimento di Architettura, urbanistica e rilevamento, a cui afferiscono docenti e ricercatori dei preesistenti Istituti di architettura tecnica e urbanistica e di topografia.

Un discorso a parte merita la trasformazione dell'Istituto di elettrotecnica ed elettronica, i cui docenti nella quasi totalità dei casi afferiscono a Ingegneria. Si decide in questo caso di dar vita, da un unico istituto, a due dipartimenti distinti: il Dipartimento di Ingegneria elettrica nel 1988, interessato principalmente a temi riguardanti sistemi di potenza; il Dipartimento di Elettronica e di informatica nel 1987, che accoglie anche docenti e ricercatori afferenti ad altre Facoltà, dedicato soprattutto a temi dell'ingegneria dell'informazione. A partire dal 2002 il Dipartimento di Elettronica e di informatica assumerà la nuova denominazione di Dipartimento di Ingegneria dell'informazione.

Si stanno, pertanto, via via delineando i tratti di una struttura organizzativa universitaria molto vicina a quella attuale.

A partire dal 1989 si apre l'altra importante stagione di riforme, il cui atto di nascita è in qualche modo sancito dall'istituzione, voluta da Antonio Ruberti, del ministero per l'Università e la Ricerca scientifica, autonomo rispetto al ministero della Pubblica istruzione. Per la prima volta ci troviamo di fronte a una serie di provvedimenti non adottati sulla spinta di emergenze legate a contingenze, storiche o politiche, come nei casi precedenti, bensì al primo tentativo concreto di riforma meditata, volta a segnare una netta discontinuità rispetto al passato. Vengono pro-

mulgate tre leggi, designate in forma sintetica riforma Ruberti, che portano con sé importanti trasformazioni. Tra tutte, di centrale importanza è l'affermazione dell'autonomia universitaria. Da questo momento in poi, ogni università avrà un proprio centro di governo e potrà autoregolarsi nei principali aspetti statutari e istituzionali. Centrale in questo contesto legislativo sarà anche un ripensamento degli ordinamenti didattici che, almeno per un certo periodo, porteranno all'introduzione, accanto alla laurea e al dottorato, di diplomi biennali e triennali di carattere più prettamente professionalizzante. Con questi ultimi, peraltro, si può accedere anche ai corsi di laurea tradizionali.

Per quanto riguarda i diplomi, di cui si parla più in dettaglio nel volume di quest'opera a cura di Carlo Fumian, questi trovano naturale realizzazione in particolare nella Facoltà di Ingegneria, che tende a consolidare un virtuoso rapporto con le realtà produttive presenti nel territorio, con l'intento anche di stimolare l'avvio di nuova imprenditorialità. Così nell'a.a. 1992-93 la Facoltà di Ingegneria istituisce i primi diplomi triennali, in Ingegneria meccanica, in Ingegneria elettronica con sede a Vicenza, dove già erano attivi corsi di laurea in Ingegneria, e in Ingegneria informatica e automatica in varie sedi in cui non erano presenti corsi di laurea e le cui lezioni erano erogate a distanza. In particolare del diploma in Ingegneria informatica e automatica, che prevede due indirizzi, viene attivato soltanto quello in Informatica, erogato presso tre sedi distaccate in provincia di Rovigo, Belluno e Treviso. Come si evince dal piano di studi, il curriculum prevede – accanto a un nucleo cospicuo di materie informatiche – anche le basi essenziali dell'Ingegneria dell'informazione, con l'obiettivo di formare tecnici in grado di applicare l'informatica a un'ampia varietà di contesti industriali. Questa esperienza sicuramente lungimirante non sortirà tuttavia, almeno nell'immediato, i risultati attesi. Nel 1998-99 i corsi di diploma istituiti nel 1992-93 saranno ancora tutti attivi. Il diploma di Ingegneria informatica confluirà successivamente nel corso di laurea triennale in Ingegneria informatica, con alcuni aggiustamenti per adattarlo alle esigenze del 3+2, introdotto con la riforma Berlinguer, come vedremo tra breve.

La realizzazione dell'autonomia universitaria genera tuttavia un ampio movimento di contestazione, animato soprattutto dagli studenti. La legge Ruberti viene infatti interpretata come l'avvio di un processo di aziendalizzazione dell'università, luogo per eccellenza di elaborazione e trasmissione del sapere e della cultura, ambiti che non dovrebbero in alcun modo soggiacere a una logica meramente aziendale. Sen-

za voler dare semplicistiche valutazioni di operazioni complesse come queste, è tuttavia possibile affermare a distanza di trent'anni che il processo di aziendalizzazione delle università, con tutte le negative conseguenze cui oggi assistiamo, è stato avviato proprio dalla riforma Ruberti. I successivi ministri, troppo spesso di caratura minore rispetto a quella di Ruberti, hanno finito per accentuare le parti peggiori del suo quadro riformatore, marginalizzando quelli che invece potevano essere elementi positivi. Tra questi ultimi ne citiamo due: l'idea generale dell'autonomia delle università, che non necessariamente deve essere correlata all'aziendalizzazione, e quella, più particolare, della istituzione di percorsi triennali professionalizzanti per specifici ambiti disciplinari.

I neoistituiti diplomi avranno vita breve. Infatti, con la riforma introdotta dal decreto 3 novembre 1999, n. 509, su proposta del ministro Luigi Berlinguer, e per questo nota come «riforma Berlinguer», i diplomi saranno soppressi. Questa riforma, che ha l'obiettivo di un adeguamento della struttura didattica italiana al modello europeo, introduce inoltre la suddivisione del percorso universitario in una laurea triennale e in una specialistica (poi rinominata magistrale) di durata biennale. Lo scopo di snellire il percorso formativo universitario, consentendo un più rapido accesso al mondo del lavoro, si scontrerà con diverse critiche, provenienti prima di tutto dai settori umanistici. Anche nei settori tecnico-scientifici questo obiettivo non si può dire sia stato davvero raggiunto, ma di fatto oramai il cosiddetto 3+2 è entrato a far parte di tutti i corsi di studio, salvo alcuni rimasti a ciclo unico, come nelle Facoltà di Medicina e di Giurisprudenza.

Per quanto riguarda i mutamenti che hanno investito le discipline tecnico-scientifiche portandole alla forma attuale, è bene partire dalla promulgazione della legge del 30 dicembre 2010, n. 240, la cosiddetta legge o riforma Gelmini, la quale darà luogo a una ulteriore trasformazione della struttura organizzativa dell'università. Uno degli obiettivi principali della riforma è la semplificazione dell'articolazione organizzativa, con l'intento di risparmiare sulla spesa universitaria e interpretare in forme nuove il sistema di governo delle università assimilandolo di più a quello aziendale. In questo contesto viene prima di tutto potenziato il ruolo del rettore e vengono ridefinite le competenze del Senato accademico e del Consiglio di amministrazione a favore di quest'ultimo. In secondo luogo si ristrutturano i dipartimenti ai quali, oltre alle tradizionali funzioni finalizzate all'attività di ricerca scientifica, vengono attribuite anche le funzioni inerenti alle attività didattiche e al reclutamento della docenza, fino a quel momento svolte dalle facoltà.

Queste ultime vengono abolite, dando la possibilità comunque di istituire strutture di raccordo, che possono conservare il nome di facoltà o prendere quello di scuole.

Per quanto riguarda i dipartimenti, la riforma Gelmini non si limita a trasferire le competenze delle facoltà ai dipartimenti ma impone anche la riorganizzazione dei dipartimenti stessi: sempre al fine di alleggerire la struttura organizzativa, viene imposta una considerevole riduzione del loro numero. Ciascun dipartimento, con a capo un proprio direttore, deve essere infatti composto da un numero di professori e ricercatori afferenti a settori scientifico-disciplinari omogenei non inferiore a trentacinque per le università con un numero di docenti inferiore a mille unità, e non inferiore a quaranta per le università con un numero di docenti superiore a mille unità. In tal modo, mediamente, il numero dei dipartimenti in cui sono articolate le università risulta dimezzato (per quanto riguarda l'Università di Padova, ne rimarranno 32). L'esigenza di rispettare un numero minimo di docenti e ricercatori per dipartimento ha imposto l'accorpamento tramite la fusione di più dipartimenti oppure l'incorporazione di dipartimenti più piccoli in dipartimenti più grandi. Benché tale azione venga inizialmente promossa, come abbiamo già ricordato, con l'intento di snellire l'articolazione organizzativa, essa porta con sé anche rilevanti implicazioni dal punto di vista culturale. Da una parte, come succede in alcuni casi, si creano dipartimenti poco omogenei, con la conseguenza di ostacolare di fatto lo sviluppo delle strategie di ricerca e di didattica dei dipartimenti stessi o comunque di mortificare settori disciplinari rappresentati da pochi docenti. In altri casi tuttavia tale provvedimento permette di riconoscere la ricchezza culturale che l'interazione di discipline scientifiche affini, riunite ora sotto la stessa unità organizzativa, porta con sé.

Per quanto riguarda l'Università di Padova, l'abolizione delle facoltà è seguita dall'istituzione di strutture di raccordo che prendono il nome di scuole, nome scelto per sottolineare la discontinuità rispetto alle precedenti facoltà. Dalle tredici precedenti facoltà si passa a otto scuole, con le funzioni di coordinare le attività didattiche e di coadiuvare la gestione dei corsi di laurea dei dipartimenti che vi afferiscono.

Un discorso più generale dell'impatto della legge Gelmini sull'Ateneo patavino si trova nel volume di quest'opera curato da Fumian. Per i temi qui trattati ci limitiamo a qualche osservazione sulla Scuola di Scienze e sulla Scuola di Ingegneria, e sui nuovi dipartimenti che a queste afferiscono. La Scuola di Scienze, attiva dall'anno 2013, comprende i corsi di studio della ex-Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e na-

turali e della ex-Facoltà di Scienze statistiche. Ad essa afferiscono i Dipartimenti di Biologia, di Fisica e astronomia, di Geoscienze, di Matematica, di Scienze chimiche e di Scienze statistiche. La Scuola di Ingegneria raggruppa invece i Dipartimenti di Ingegneria civile, edile ed ambientale, di Ingegneria dell'informazione, di Ingegneria industriale e di Tecnica e gestione dei sistemi industriali, ai quali si affiancano i Dipartimenti di Matematica e di Fisica e astronomia.

I dipartimenti che afferiscono a queste scuole sono frutto dell'accorpamento o della fusione di dipartimenti precedentemente distinti. Alcuni di questi accorpamenti sono riusciti con successo. In questo senso paradigmatica è la costituzione a Padova, nel 2012, del Dipartimento di Fisica e astronomia, nato dalla fusione del Dipartimento di Fisica e del Dipartimento di Astronomia. Culturalmente è stata un'ottima scelta, che ha favorito la ricerca e la didattica in due ambiti disciplinari fortemente correlati, ma dal punto di vista delle politiche accademiche ha creato inizialmente tensioni legate alla differente consistenza numerica delle due comunità, con quella dei fisici molto più numerosa rispetto a quella degli astronomi. Un discorso analogo vale anche per il Dipartimento di Geoscienze, tra i pochi sopravvissuti in Italia, formatosi il 1° gennaio 2007 dalla fusione del Dipartimento di Geologia, paleontologia e geofisica e del Dipartimento di Mineralogia e petrologia. Un ultimo esempio in linea con quelli precedenti è l'istituzione nel 2012 del Dipartimento di Ingegneria industriale, uno dei dipartimenti che afferiscono alla Scuola di Ingegneria, che nasce dall'unione di sei precedenti dipartimenti: Ingegneria meccanica, Processi chimici dell'ingegneria, Fisica tecnica, Ingegneria elettrica, Principi e impianti di ingegneria chimica «I. Sorgato» e Innovazione meccanica e gestionale.

Se sicuramente, tanto più a distanza di dieci anni, la riforma Gelmini ha evidenziato i suoi molti limiti, certo è che la riorganizzazione dei dipartimenti, almeno nell'area tecnico-scientifica, ha portato a una positiva convivenza e interazione tra discipline diverse, dopo che queste avevano guadagnato una propria autonomia, anche sul piano istituzionale, nel corso dell'Ottocento e nei primi decenni del Novecento. È questo, se vogliamo, un tratto ricorrente nella storia delle discipline tecnico-scientifiche. Nel momento infatti del loro costituirsi come nuovi campi del sapere, le diverse discipline hanno bisogno di una fase di definizione della propria identità e dei perimetri del proprio campo di competenza. Tuttavia, successivamente, questi confini via via sfumano, e anzi è proprio dall'incontro tra settori con una ben consolidata tradizione scientifica e dalla loro proficua interrelazione, dal punto di

vista sia teorico e metodologico sia sperimentale, che è possibile ottenere un considerevole arricchimento culturale, principale fondamento per lo sviluppo scientifico e tecnologico.

L'altra faccia di questa medaglia è però che con la scomparsa delle facoltà si è reso più difficile l'avvio di iniziative interdipartimentali, proprio in una fase in cui la multidisciplinarietà è un valore sempre più riconosciuto.

II. Gli sviluppi della scienza dalla rivoluzione scientifica al Novecento

Il Seicento è, come abbiamo già visto, il secolo nel quale si afferma la rivoluzione scientifica e nasce la scienza moderna. Tuttavia non si deve pensare che nel corso del Seicento venga già realizzata la ricca articolazione disciplinare che oggi connota la scienza della natura. Se infatti la fisica, almeno per quanto riguarda la «scienza del moto dei corpi» e la prima teoria della gravitazione, raggiunge già una sua maturità negli ultimi decenni del XVII secolo in stretto rapporto con i coevi sviluppi della matematica, altri settori disciplinari come la chimica, la geologia, la biologia, l'astronomia, la cosmologia saranno inclusi nel perimetro della scienza moderna solo nei secoli successivi.

Nel corso di questa affascinante storia della nascita delle discipline scientifiche, ci sono due elementi significativi riguardanti l'Università di Padova che vanno subito evidenziati. Il primo riguarda il fatto che in ogni epoca l'Ateneo patavino ha mantenuto il passo con gli sviluppi della scienza a livello internazionale, grazie anche alla presenza di docenti che spesso ne sono stati protagonisti. Il secondo è legato alla possibilità di comprendere, tramite la ricostruzione dell'evolversi dell'offerta formativa e della ricerca nei vari settori, come siamo arrivati all'attuale organizzazione dell'Ateneo nell'ambito tecnico e scientifico, cioè da dove sono nati gli attuali dipartimenti e corsi di laurea. Uno sguardo al passato che ci permette di capire meglio il presente e immaginare le prospettive future.

Prima di entrare nel merito della trattazione, elenchiamo alcuni elementi rilevanti che connotano la nuova scienza. In primo luogo, la scienza della natura fortemente ancorata sulla riproducibilità dei risultati scientifici genera, più di altri settori della cultura, una crescente spinta alla comunicazione e alla libera circolazione delle idee. Non è quindi un caso che l'Università di Padova sia uno dei luoghi ideali per favorire lo sviluppo della scienza nuova.

In secondo luogo, con la nascita del metodo scientifico moderno si realizza una definitiva rottura rispetto alla tradizione aristotelica, che riguarda il modo in cui l'uomo affronta la conoscenza dei fenomeni naturali: non si opera più la netta distinzione tra mondo «naturale» e mondo «artificiale». La natura viene interrogata d'ora in poi anche in condizioni «artificiali»: si riproduce cioè il fenomeno naturale in esame in condizioni semplificate per mezzo di esperimenti appositamente realizzati, dai quali trarre risultati quantificabili. Gli strumenti scientifici presenti nel mondo antico e medievale (come la bilancia, il compasso, l'astrolabio, i primi orologi meccanici) sono il risultato di un lento processo di perfezionamento. A partire dal Seicento invece si assiste a una fase accelerata di invenzione che nel volgere di un secolo cambia radicalmente l'immagine della scienza e il suo rapporto con la società. L'opera di Galileo e della sua cerchia è in questo senso emblematica. Connotativo della scienza moderna è proprio la nuova consapevolezza dello stretto nesso tra l'invenzione di nuovi strumenti e le scoperte scientifiche.

Un altro importante elemento che caratterizza questo periodo di ineguagliabile fermento culturale, riguarda la matematizzazione della scienza: la matematica diviene un fondamentale strumento non solo per il progresso della scienza, ma anche per lo sviluppo tecnologico in quanto la formulazione matematica dei risultati costituisce una guida sicura per le applicazioni pratiche.

1. L'ingresso della scienza moderna in ambiente accademico tra Seicento e Settecento.

L'evoluzione della scienza e la naturale trasformazione delle esigenze sociali e culturali contribuivano simultaneamente a dare una fisionomia nuova alla funzione scientifica con rinnovamento di cattedre e di materie e all'ordinamento scolastico un sensibile mutamento di organi.

Partiamo da una breve rassegna dello stato delle varie scienze e dei loro stadi di maturazione durante il Seicento e il Settecento con l'obiettivo principale di contestualizzare i lavori e le ricerche dei più illustri professori dell'Ateneo patavino e di comprendere meglio quanto i loro contributi fossero importanti e al passo coi tempi. Agli albori della rivoluzione scientifica, alcuni settori della filosofia naturale sono già sufficientemente maturi per l'introduzione del nuovo metodo scientifico, basato sulle «certe dimostrazioni» (matematica) e le «sensate esperien-

ze» (gli esperimenti), mentre altri raggiungeranno lo *status* di nuove discipline scientifiche autonome solamente a partire dall'Ottocento.

Tra le ragioni di questi diversi tempi di maturazione dei campi del sapere scientifico vi sono sicuramente la complessità crescente dei fenomeni oggetto della loro indagine che si accompagna con la difficoltà di ottenere risultati riproducibili. Per questo, in tempi diversi, vari settori disciplinari partono come scienze descrittive, limitandosi cioè a una mera classificazione dei fenomeni, per poi costituirsi come settori veri e propri della scienza moderna, con l'uso sistematico degli esperimenti e la formulazione di leggi via via formalizzate. Ciò vale per tutti i settori della scienza naturale, dall'astronomia alla chimica, dalla geologia e mineralogia alle cosiddette scienze della vita, come la botanica e la zoologia.

La nostra analisi prenderà le mosse dai settori disciplinari più antichi, l'astronomia e la matematica, già inseriti in epoca medievale nelle arti del quadrivio ma che con l'avvento della scienza moderna subiranno profondi mutamenti. Parleremo poi dell'evoluzione della filosofia naturale con la progressiva nascita della fisica, della chimica e, infine, della geologia e della biologia.

Astronomia

L'astronomia possiede già prima del periodo considerato una struttura teorica ben consolidata: è infatti la prima disciplina a passare da congerie di nozioni frammentarie a un *corpus* omogeneo e ben organizzato di conoscenze. Per meglio comprendere il significato di quella che viene definita «rivoluzione astronomica» è di qualche utilità richiamare alcuni elementi del millenario sistema del mondo, aristotelico da una parte, e tolemaico dall'altra, nel quale confluiscono altresì elementi propri delle filosofie neoplatoniche, dell'astrologia e della teologia, al cui smantellamento daranno contributi decisivi Copernico, Tycho Brahe, Keplero e Galileo.

La cosmologia aristotelica prevede una netta distinzione tra *mondo terrestre* e *mondo celeste*. Il mondo terrestre o sublunare è costituito dalla mescolanza dei quattro elementi, *terra*, *acqua* (che hanno una naturale tendenza a muoversi in linea retta verso il centro della Terra), *aria* e *fuoco* (che hanno invece una naturale tendenza a muoversi in linea retta verso l'alto). Generazione e corruzione sono caratteri propri del mondo terrestre o sublunare. Qui esistono due tipi di moto, *moti naturali* e *moti violenti*. Il moto naturale di un corpo, che si svolge sempre in linea retta, riporta il corpo nel suo luogo naturale: se il corpo

è prevalentemente composto di acqua o terra, se spostato dal suo luogo naturale tenderà sempre a muoversi verso il centro della Terra, mentre un corpo prevalentemente composto da aria o fuoco tenderà a muoversi verso l'alto. Il moto rettilineo verso l'alto o verso il basso è quindi dettato dalla naturale tendenza dei corpi a raggiungere il loro luogo naturale. I moti violenti invece, come quelli di una freccia o di una pietra scagliate, sono dovuti a una qualche azione esterna ai corpi e non avvengono in linea retta; quando cessa questa azione l'oggetto tende a riprendere con un moto rettilineo il posto che per natura gli compete.

In contrapposizione al mondo sublunare, vi è quello del cielo in cui nulla nasce e nulla si corrompe, tutto è immutabile ed eterno. Le stelle e i pianeti, che si muovono intorno alla Terra, sono costituiti da una *quinta essentia*, non soggetta a modificazioni. Della stessa materia sono fatte le sfere celesti che secondo la teoria aristotelica trasportano nel loro moto le stelle erranti. Al moto rettilineo, sempre limitato nel tempo, proprio dei corpi del mondo terrestre, si contrappone nel mondo celeste il moto circolare e uniforme, perenne, delle sfere e dei corpi celesti. La sfera divina, o *primo mobile*, trasporta le stelle fisse e produce quel moto che si trasmette, per contatto, alle altre sfere e giunge sino al cielo della Luna, che costituisce il limite inferiore del mondo celeste. Alla Terra non può competere per natura alcun moto circolare, essa è immutabile al centro dell'universo. La tesi della sua immutabilità e centralità è uno dei pilastri dell'intera fisica aristotelica, così come lo sarà della teoria tolemaica.

Tolomeo nel suo *Almagesto* sviluppa un modello matematico, che è in grado di dar conto dei moti celesti mediante una complessa teoria relativa alla composizione di molteplici moti circolari. L'universo, limitato dalla sfera delle stelle fisse, ha anche qui al suo centro la Terra immobile. I pianeti ruotano attorno al centro dell'universo, dunque alla Terra, e tutti i loro movimenti, che visti dalla Terra non hanno apparentemente sempre moti circolari uniformi (si pensi alle fasi di moto retrogrado dei pianeti), vengono ricondotti a composizioni di moti circolari eterni utilizzando eccentrici, epicicli, equanti¹. Mentre le sfere di Aristotele sono enti reali, solidi e cristallini, gli eccentrici, gli epicicli e gli equanti di Tolomeo non hanno realtà fisica, sono solo il mezzo ma-

¹ Secondo l'antica astronomia tolemaica l'«epiciclo» designa una circonferenza sulla quale si suppone muoversi un pianeta di moto circolare uniforme intorno alla Terra, il cui centro descrive a sua volta una circonferenza detta «eccentrico» o «deferente» dell'epiciclo. Il termine «equante» si riferisce invece al punto interno al deferente, giacente sulla linea degli apsidali di un pianeta supposto in moto intorno alla Terra, dal quale il moto del centro dell'epiciclo appare uniforme. Epicicli, deferenti ed equanti vengono introdotti allo scopo di ridurre a composizioni di moti circolari uniformi i moti non uniformi dei pianeti sulla volta celeste.

tematico per spiegare il moto dei corpi celesti osservato dalla Terra. L'astronomia viene infatti presentata da Tolomeo come campo di attività per i matematici, gli unici in grado di elaborare un modello geometrico con buone capacità predittive.

La concezione geocentrica e geostatica di Aristotele e di Tolomeo sarà dominante nella cultura medievale grazie anche al contributo fondamentale della civiltà araba. Restano comunque contrapposte nella cosiddetta concezione aristotelico-tolemaica le due differenti correnti di pensiero che la compongono: quella dei cosiddetti *naturales*, o fisici cosmologici, seguaci della filosofia di Aristotele, e quella dei *matici*, interessati al calcolo delle posizioni dei corpi celesti e al controllo delle previsioni per mezzo dell'osservazione diretta, fedeli sostenitori del sistema tolemaico. Questa frattura tra astronomia matematica e astronomia fisica sarà definitivamente abbandonata con la rivoluzione astronomica.

Senza soffermarsi troppo sull'insegnamento dell'astronomia in epoca medievale, qualche considerazione è comunque utile per comprendere le trasformazioni che si verificheranno tra Cinquecento e Seicento. Astronomia e astrologia costituiscono nel periodo medievale due aspetti, in parte complementari, dell'indagine dei corpi celesti, anche se è già ben delineata la distinzione dei loro compiti: l'astronomia cerca una causa ai moti celesti utilizzando la macchina delle sfere di aristotelica memoria e calcola i moti celesti tramite il modello matematico e geometrico di Tolomeo, via via sempre più raffinato, mentre l'astrologia, pur utilizzando il calcolo astronomico, ne tratta in particolare gli effetti sul mondo terreno, secondo la tradizionale analogia tra macrocosmo e microcosmo. Non ci dobbiamo dunque stupire se troveremo indicato l'insegnamento denominato *ad astrologiam* nei primi *rotuli* dello Studio patavino. L'astronomia viene insegnata all'interno della filosofia, come descrizione del sistema fisico del mondo, mentre l'astrologia è inserita in ambito medico: un medico per arrivare alle diagnosi deve non solo avere conoscenza del corpo umano, ma anche dei moti dei corpi celesti che esercitano i loro influssi sugli esseri viventi. In altre parole, come osserva Paolo Rossi, l'astrologia non è in realtà isolabile da un più generale contesto mitico-religioso, e non è quindi una «disciplina» nel senso moderno. Con le dovute distinzioni si può dire lo stesso, come vedremo, per la magia e l'alchimia. L'astrologo, come un sacerdote, cerca di allearsi con alcune forze naturali per contrastarne altre: i suoi calcoli e gli strumenti che utilizza non possono essere scissi da questa funzione religiosa di «convinzione» della natura.

Nel Cinquecento la meccanica celeste costituisce la principale branca dell'astronomia: essa si occupa dello studio del movimento dei corpi celesti, con riferimento essenzialmente al moto dei pianeti del sistema solare. Vengono in questo periodo compilate sempre più precise effemeridi (in particolare quelle della Luna), ovvero tabelle astronomiche redatte fin dall'antichità, che contengono i valori calcolati di alcune grandezze astronomiche variabili a intervalli prefissati ed equidistanti tra loro. Le effemeridi, al di là del loro impiego nell'astrologia, erano uno strumento prezioso in particolare per la definizione del calendario e per la navigazione.

Con la pubblicazione nel 1543 del *De revolutionibus orbium coelestium* di Niccolò Copernico, si inaugura una nuova fase della storia dell'astronomia. Ammettendo la rotazione diurna della Terra intorno all'asse passante per i suoi poli e la rotazione della Terra e degli altri pianeti intorno al Sole, Copernico riesce a dare una nuova spiegazione dei moti celesti. Si parla di «rivoluzione astronomica» proprio perché essa segna una radicale rottura rispetto a una tradizione millenaria dominata dai sistemi aristotelico e tolemaico. La proposta copernicana non si limiterà però a rivoluzionare la visione del cosmo, ma innescherà un processo di profondo mutamento delle idee sulla natura e sul posto che l'uomo occupa in essa, dando inizio alla rivoluzione scientifica. È comunque opportuno fare una precisazione. Come scrive Paolo Rossi, «la rivoluzione copernicana non consiste in un perfezionamento dei metodi dell'astronomia, né in una scoperta di nuovi dati, ma nella costruzione di una cosmologia nuova fondata sui dati stessi forniti dall'astronomia tolemaica».

Lo scopo principale che si prefigge Copernico con la sua opera è quello di semplificare il complesso sistema del mondo elaborato da Tolomeo. Sebbene più semplice del sistema tolemaico (si elimina ad esempio il ricorso agli equanti), tale semplicità è solo apparente. Al fine di giustificare i dati delle osservazioni infatti, Copernico è costretto a far coincidere il centro dell'universo non con la posizione del Sole ma con il punto centrale dell'orbita terrestre. La Terra ruota quindi attorno a un punto che non coincide esattamente con la posizione del Sole, e in questo senso il sistema copernicano non è eliocentrico ma eliostatico. In secondo luogo, per spiegare i moti dei pianeti egli fa ancora ricorso a epicicli ed eccentrici. Va detto infine che il suo universo presenta ancora elementi dell'antica tradizione aristotelico-tolemaica: esso è ancora sferico e finito e tutti i corpi percorrono orbite perfettamente circolari.

Se a Copernico si deve l'avvio di quella che oggi è nota come «rivoluzione copernicana», questa si concretizzerà definitivamente grazie

all'opera di Tycho Brahe, Giovanni Keplero e Galileo Galilei su cui ci soffermiamo brevemente. Tycho Brahe porta al massimo livello di precisione le osservazioni astronomiche prima dell'avvento del telescopio, e i dati da lui raccolti saranno fondamentali per le ricerche di Keplero. D'altra parte Tycho non aderisce al sistema copernicano e introduce un suo sistema cosmologico nel quale la Terra è ancora ferma al centro dell'universo, la Luna e il Sole ruotano intorno alla Terra mentre tutti gli altri pianeti ruotano intorno al Sole. Il sistema tychonico, predittivamente equivalente a quello copernicano, riscuoterà per qualche decina d'anni un certo successo, specie negli ambienti ecclesiali interessati a salvare l'idea dell'immobilità della Terra al centro dell'universo. Certo è che nel sistema tychonico i moti dei corpi celesti avvengono attraversando le sfere cristalline della tradizione aristotelica. Non a caso Tycho afferma di ritenere il modello cosmologico aristotelico non tenibile, e corrobora questa sua conclusione con l'osservazione del moto delle comete: a differenza di Galileo, infatti, Tycho ritiene giustamente che le comete siano corpi celesti che si muovono al di sopra della Luna attraversando nel loro moto le ipotetiche sfere cristalline, la cui impenetrabilità era uno dei cardini della cosmologia aristotelica. Si trova quindi nell'opera di Tycho una mescolanza di tradizione e innovazione, conclusioni corrette ed errate. E un discorso analogo per certi versi vale anche per l'opera di Keplero e Galileo.

Per quanto riguarda Keplero, senza soffermarsi sulla sua biografia, vale la pena però sottolineare che avrà l'occasione di lavorare con Tycho tra il 1600 e il 1601, avendo accesso ai suoi straordinari dati osservativi, base fondamentale delle sue scoperte. Keplero è un convinto sostenitore del sistema copernicano ma il percorso che segue per ottenere i suoi eccezionali risultati è una mescolanza tra approccio fisico moderno ed elementi mutuati da convinzioni mistiche con forti influenze pitagoriche e platoniche. È questa probabilmente una delle ragioni delle difficoltà del rapporto tra Keplero e Galileo. In ogni caso la sua opera costituisce di fatto il completamento dell'opera copernicana.

Senza passare in rassegna tutti i contributi di Keplero, ci limitiamo qui a ricordare la formulazione di quelle che oggi sono note come le tre leggi di Keplero. Le prime due vengono pubblicate nel 1609 nell'*Astronomia nova*. La prima, formulata già nel 1602 e oggi nota come seconda legge di Keplero, dice che il Sole non sta al centro dell'orbita terrestre e che il moto della Terra o dei pianeti intorno al Sole non è uniforme. Tuttavia, se prendiamo il segmento che congiunge il Sole a un pianeta, questo, via via che il pianeta procede nella sua orbita, spazza aree uguali in

tempi uguali, per cui quando il pianeta si trova nella zona più vicina al Sole la sua velocità di rivoluzione è maggiore di quando si trova nella regione più lontana. La seconda legge di Keplero, oggi nota come la prima, asserisce che le orbite dei pianeti non descrivono cerchi ma ellissi di cui il Sole occupa uno dei fuochi. Come scrive Thomas Kuhn nel suo libro *La rivoluzione copernicana*: «Quando alle orbite circolari fondamentali dell'astronomia di Tolomeo e Copernico si sostituiscono le ellissi e quando alla legge del moto uniforme attorno a un punto posto al centro o vicino al centro si sostituisce la legge delle aree uguali, viene meno ogni bisogno di eccentrici, epicicli, equanti e altri espedienti *ad hoc*. Per la prima volta una singola curva geometrica, non combinata con altre curve, e una singola legge di moto sono sufficienti per poter prevedere la posizione dei pianeti, e per la prima volta queste previsioni risultano precise quanto le osservazioni». La formulazione della terza legge di Keplero la ottiene sviluppando l'analogia tra la trattazione pitagorica delle armonie musicali e i dati provenienti dalle osservazioni dei moti dei pianeti. È proprio questo l'argomento fondamentale della sua opera *Harmonices mundi* pubblicata nel 1619, in cui si trova enunciata la terza legge: il rapporto tra i tempi di rivoluzione di due pianeti scelti a piacere è uguale al rapporto delle loro distanze medie dal Sole elevato alla potenza di $3/2$. E $3/2$, osserva con soddisfazione Keplero, è la proporzione sesquialtera che regge tutto il sistema musicale pitagorico. Un esempio davvero significativo della convinzione di Keplero che, in linea con la scuola pitagorica, considera le armonie matematiche come la chiave di volta per scoprire le leggi dell'universo. In altri termini Keplero parte dalla matematica e dalle simmetrie cercando successivamente il confronto con i dati delle osservazioni, cioè segue un percorso essenzialmente deduttivo. In questo si differenzia dall'approccio di Galileo, nel quale il rapporto tra i dati provenienti dalle osservazioni e dagli esperimenti, le «sensate esperienze», e le leggi formulate in termini matematici, le «certe dimostrazioni», è molto più complesso. Tuttavia sia Keplero sia Galileo sono convinti che le leggi che regolano i fenomeni naturali non possano che essere le leggi volute dal Creatore.

Concludiamo questa breve rassegna dei principali protagonisti della rivoluzione copernicana parlando dei contributi galileiani nel settore. Galileo, convinto copernicano già negli ultimi anni del Cinquecento, dà nell'ambito del copernicanesimo due fondamentali contributi. Il primo riguarda alcune clamorose scoperte fatte a partire dall'estate del 1609 perfezionando il telescopio. Le prime tre di queste scoperte verranno pubblicate nel marzo del 1610 nel *Sidereus Nuncius*. La prima ri-

guarda la superficie della Luna che, a differenza di quanto creduto fino a quel momento «da gran numero di filosofi», non è levigata, uniforme, perfettamente sferica, ma presenta come la Terra valli e montagne. La seconda scoperta è che, osservate col cannocchiale, costellazioni note, come quella di Orione o quella delle Pleiadi, contengono numerosissime stelle non visibili a occhio nudo e lo stesso vale per la Via Lattea. La terza scoperta, infine, riguarda la presenza di quattro satelliti di Giove, che ruotano intorno al pianeta mentre l'intero sistema del pianeta e delle sue lune ruota intorno al Sole (o per gli aristotelici e tolemaici intorno alla Terra) con un periodo di dodici anni. Quest'ultimo risultato è di particolare rilevanza perché permette di concludere che non esiste un solo centro di rotazione degli astri. A chi obiettava al sistema copernicano di non saper spiegare come il sistema Terra-Luna potesse ruotare intorno al Sole, Galileo rispondeva a conclusione del *Sidereus*: «Ora non abbiamo un solo pianeta che gira intorno a un altro, mentre entrambi percorrono la grande orbita intorno al Sole, ma il senso ci mostra quattro stelle erranti intorno a Giove, così come la Luna attorno alla Terra, mentre tutte insieme con Giove, con periodo di dodici anni si volgono in ampia orbita intorno al Sole». Nel corso del 1610, dopo la pubblicazione del *Sidereus*, Galileo ottiene un'altra evidenza a favore del sistema copernicano: osserva infatti che Venere manifesta tutte le fasi come la Luna, da Venere piena a Venere nuova. Un dato che il sistema tolemaico non era in grado di spiegare. Altre ancora saranno le scoperte galileiane con il telescopio, in particolare quelle relative alla forma cangiante di Saturno, ma ci fermiamo qui accennando invece al secondo contributo galileiano al copernicanesimo. Questo è relativo alla convinzione che Galileo comincia a maturare almeno a partire dal 1604, secondo cui la fisica del cielo e quella della Terra sono in realtà un'unica fisica che riusciremo a comprendere quando avremo capito che cosa sia la gravitazione. A questo proposito, in una pagina mirabile del *Dialogo sopra i massimi sistemi del mondo* del 1632, l'opera che lo porterà al processo davanti all'Inquisizione e all'abiura del 1633, Galileo scrive che solo quando avremo capito perché una pietra cade sulla Terra allora avremo capito come fa la Luna a ruotare intorno alla Terra e tutti i pianeti insieme ai loro satelliti a ruotare intorno al Sole. Su quella pagina mediterà a lungo Isaac Newton che nel 1687 pubblicherà i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, introducendo le basi della meccanica classica moderna, e in particolare la legge di gravitazione universale che formalizza l'unificazione della fisica terrestre e celeste congetturata da Galileo.

Per quanto riguarda nello specifico l'astronomia, gli sviluppi settecenteschi dell'opera newtoniana si risolveranno nella identificazione della meccanica celeste con uno dei capitoli della meccanica e quindi della fisica. Le capacità predittive della nuova teoria avranno numerose conferme. Tra queste citiamo per tutte la previsione del ritorno della cometa di Halley nel 1759 sulla base dei calcoli effettuati sulla sua orbita. Accanto agli sviluppi della teoria della gravitazione universale, tra la fine del Seicento e nel corso Settecento si sviluppano telescopi sempre più potenti e raffinati che porteranno ad ampliare i settori di ricerca in ambito astronomico. Se da un lato infatti, grazie ai nuovi telescopi, si avviano le scoperte di nuovi oggetti celesti del sistema solare, inaugurate nel 1781 dalla scoperta di un nuovo pianeta, Urano, da parte di William Herschel, dall'altro si inizia l'indagine sistematica, ancorché solo descrittiva e classificatoria, di oggetti celesti al di fuori del sistema solare, come le stelle e le nebulose, che vengono via via catalogate secondo la loro posizione, la loro luminosità e il loro colore. L'astronomia comincia quindi ad assumere non solo un ruolo autonomo, ma anche una sua articolazione interna. Vedremo poi come solo nella seconda metà dell'Ottocento, con la scoperta della spettroscopia, anche le ricerche nell'ambito delle stelle e delle nebulose passeranno da settore di indagine qualitativo e descrittivo a vero e proprio settore scientifico: quello che oggi chiamiamo astronomia scientifica o astrofisica.

L'astronomia all'Università di Padova

L'astronomia vanta a Padova una lunga tradizione. Basti pensare che la prima cattedra di astronomia viene istituita agli inizi del Trecento, anche se, come abbiamo già osservato, con questo termine si intendeva all'epoca un settore disciplinare dai connotati diversi da quelli moderni.

Prima di soffermarci sui principali protagonisti dell'astronomia seicentesca e settecentesca a Padova, accenniamo brevemente all'insegnamento di astronomia nel periodo immediatamente precedente alla nascita della scienza moderna. A partire dal 1506, il Senato veneziano decide di riunire sotto un'unica cattedra la lettura dell'astronomia e della matematica: nei *rotuli*, sotto la sola voce *Ad lecturam Astronomiae et Mathematicae* si vedono alternarsi gli insegnamenti degli *Elementi* di Euclide, delle *Meccaniche* di Aristotele, di ottica, di prospettiva, delle teorie dei pianeti, della *Sfera* di Sacrobosco e dell'*Almagesto* di Tolomeo. Per tutto il Cinquecento le due materie vengono insegnate da un unico professore, principalmente per ragioni di economia, ma anche

per motivi legati all'interrelazione tra le due discipline: la geometria, la trigonometria e l'aritmetica costituiscono infatti lo strumento indispensabile per poter apprendere la teoria dei moti planetari e per calcolare le posizioni dei corpi celesti. Esse rimarranno riunite fino al 1678, anno in cui verrà istituita, in linea con quanto sta accadendo in altre grandi università europee, la cattedra di «astronomia e meteore», separata da quella di matematica: fino a questo momento infatti la meteorologia veniva impartita in seno al corso di matematica. Tale separazione è in larga parte riconducibile al riconoscimento di una crescente specializzazione delle due discipline, frutto della rivoluzione scientifica, ed è legata soprattutto all'utilizzo e al perfezionamento del cannocchiale, che aprirà la strada a nuovi mondi per l'esplorazione astronomica. Questo non vuol dire che l'insegnamento di astronomia non resti ancora principalmente basato sui testi di Aristotele e, in particolare per quanto riguarda le meteore, sulla *Meteorologica*.

L'accorpamento della meteorologia all'astronomia può essere comunque considerato come testimonianza dell'importanza che la Repubblica di Venezia attribuisce al mantenere viva l'attenzione degli studiosi su quelle meteore in grado di provocare danni all'agricoltura e alla vita civile. Per tale motivo l'insegnamento di astronomia a Padova nel Settecento sarà ancora legato alle meteore fino alla caduta della Repubblica.

Figura di spicco nel panorama astronomico padovano seicentesco è Geminiano Montanari. Montanari viene chiamato dalla Repubblica di Venezia principalmente per rispondere a esigenze pratiche legate al territorio, che la Serenissima spera di poter affidare alle sue notevoli competenze. Una volta accettata la nomina, Montanari si dedicherà con costanza a due attività: la prima relativa al suo impegno didattico in qualità di professore di «astronomia e meteore»; la seconda legata al ruolo di consulente della Repubblica. A Venezia viene infatti reclutato per condurre ricerche per risolvere il problema delle inondazioni, per studiare il moto del Mare Adriatico e per cercare rimedi al problema dell'acqua alta a Venezia. Per quanto riguarda le sue ricerche in campo prettamente astronomico, citiamo di seguito le più importanti: le osservazioni di eclissi lunari e solari; l'osservazione di scie luminose; lo studio delle comete. Per quanto concerne poi l'aspetto tecnologico, segnaliamo in particolare la messa a punto di lenti di elevata qualità ottica e la realizzazione di uno strumento chiamato «micrometro filare» per misurare distanze angolari dei corpi celesti.

Tra gli illustri professori che occuperanno la cattedra di «astronomia e meteore» durante il Settecento, merita sicuramente di essere

menzionato Giovanni Poleni, di cui parleremo in maniera più approfondita nella sezione dedicata alla fisica. Poleni ricoprirà la cattedra dal 1709 al 1715, dando nuovamente lustro agli studi astronomici dopo la morte di Montanari. Anche dopo la sua chiamata sulla cattedra di filosofia sperimentale (la fisica moderna) egli continuerà non solo a svolgere le sue ricerche in campo astronomico e a dedicarsi all'osservazione del cielo, ma anche a effettuare sistematiche rilevazioni meteorologiche presso la sua abitazione.

Un'altra figura che introdurrà alcune significative novità nell'insegnamento di astronomia è Ludovico Riva, titolare della cattedra dal 1719 al 1746. Argomento delle sue lezioni, oltre all'astronomia, saranno anche la sismologia e una parte di quella che nell'Ottocento verrà battezzata con il nome di geografia fisica. Da un'analisi dei *rotuli* troviamo infatti che nell'anno accademico 1739-40 Riva si dedica all'insegnamento di geografia, specialmente quella parte che riguarda la matematica: «Explicabit illam Geographiae partem, quae ad Mathesim pertinet». Nel contributo dal titolo *L'insegnamento Astronomico e Meteorologico del Professore Lodovico Riva* di Giuseppe Lorenzoni, importante astronomo padovano ottocentesco di cui parleremo in seguito, si chiarisce ulteriormente questo particolare interesse di Riva: «la meteorologia, come la considerava il Riva, comprendeva oltre la meteorologia propriamente detta, [...] una parte della *geografia fisica* e l'*astronomia*». L'insegnamento di Riva, pur prendendo le mosse dalle antiche dottrine e dunque dagli antichi testi, viene impartito con criteri moderni. Successore di Riva sarà Giovanni Alberto Colombo, promotore, come abbiamo già visto nel precedente capitolo, dell'istituzione di un osservatorio astronomico a Padova. Colombo occuperà la cattedra a partire dal 1764, anno in cui per la prima volta scompare dai *rotuli* universitari relativi ai corsi di astronomia il nome di Aristotele: ormai le dottrine di Aristotele nell'ambito della filosofia naturale vengono esposte solamente per essere analizzate e confutate alla luce del nuovo metodo scientifico. Ricordiamo inoltre che durante il periodo di insegnamento di Colombo troviamo, tra gli argomenti delle sue lezioni, l'indicazione di «Astronomia historica» per due anni accademici che, come riporta Antonio Favaro, può essere considerato il primo esempio di corso dedicato alla storia della scienza presso l'Ateneo patavino. Lo scopo è quello di offrire agli studenti, ripercorrendo le tappe fondamentali del pensiero astronomico, un prezioso strumento per meglio comprendere le teorie e le metodologie del loro tempo, sottolineando le radicali trasformazioni metodologiche e concettuali introdotte dalla

rivoluzione scientifica. Colombo svolge infine un ruolo chiave nello sviluppo dell'astronomia padovana, in quanto fervente propugnatore dell'istituzione della Specola. Riportiamo qui un estratto di una lettera che Colombo indirizza nel 1757 a Francesco Morosini, vice capitano di Padova, in cui espone una serie di significative argomentazioni in favore dell'edificazione di un osservatorio astronomico: «molti Astronomi di altre Università, avendomi mandato le osservazioni loro e chiestemi in contraccambio le mie, restarono attoniti quando dovetti loro rispondere per mio scarico, che io non aveva né Specola né Strumenti, e che però mi era del tutto impossibile l'osservare le cose del cielo».

Tuttavia, una volta che i Riformatori accorderanno il permesso di erigere l'osservatorio, Colombo avanzerà richiesta di cambiare insegnamento riuscendo effettivamente a essere trasferito nel 1764 al primo luogo di filosofia ordinaria, come vedremo più avanti. Le ragioni di questa sua richiesta a tutt'oggi non sono chiare.

L'onore e l'onere di portare avanti la costruzione della Specola passa così nelle mani di un altro insigne professore dell'Ateneo patavino, Giuseppe Toaldo. Toaldo farà visita, su ordine dei Riformatori, alle due specole pubbliche già erette in Italia, quelle di Pisa e di Bologna, e sarà incaricato di fornire un resoconto dettagliato dei loro pregi e dei loro difetti. Oltre ai due osservatori italiani, diverse specole europee verranno in qualche modo prese da Toaldo a modello per quella di Padova, sia da un punto di vista meramente architettonico sia per quanto riguarda la dotazione di strumenti: sono gli osservatori astronomici di Parigi, di Greenwich, di Copenaghen e di Berlino di cui Toaldo recupera informazioni senza tuttavia visitarli.

Per la costruzione della Specola, Toaldo richiede l'affiancamento dell'architetto Domenico Cerato: è infatti convinto che per ottenere un risultato migliore l'astronomo debba lavorare di concerto con l'architetto. Con la consegna delle chiavi della Torre del Castello Carrarese a Cerato, il 21 marzo 1767, si avvia il cantiere per la costruzione dell'osservatorio. Nel 1773, prima della fine dei lavori, Toaldo riesce a farsi accordare il permesso dai Riformatori di costruire un parafulmine sulla torre della Specola, che era stata più volte bersaglio di fulmini. Tale conduttore metallico viene installato sotto la direzione di Toaldo e di Marco Carburì, il primo professore di chimica dell'Ateneo (che incontreremo di nuovo nella sezione dedicata alla chimica) e con la consulenza del professore di Ginevra Horace-Bénédict de Saussure, di passaggio per Padova in quei giorni. Si tratta del primo parafulmine eretto su un edificio pubblico nella Repubblica veneta: solo in seguito infatti

ne verranno collocati uno sul campanile di San Marco e uno sulla Torre del Bo. Nel 1777, ultimati i lavori, viene inaugurata la Specola di Padova. Riportiamo di seguito le parole con cui Goethe ne dà una descrizione nel suo *Viaggio in Italia*: «Padova, 26 settembre, 1786: La stupenda posizione della città, la potete godere perfettamente dall'Osservatorio; a nord le montagne del Tirolo coperte di nevi e mezzo nascoste fra le nubi; a nord-ovest le vicentine, che vi si addossano; infine verso ovest e più da vicino, i monti di Este dei quali si può nettamente distinguere la struttura e le sinuosità. Verso sud-est non è che tutto un mare di verzura senza traccia di colli; alberi sopra alberi, cespugli sopra cespugli, piante sopra piante, case bianche a non finire, ville e chiese che occhieggiano tra il verde. Nell'orizzonte lontano ho potuto distinguere benissimo con altri minori campanili il campanile di S. Marco di Venezia».

Terminata la costruzione della Specola, Toaldo si dedica al reperimento della strumentazione scientifica adeguata. I primi strumenti vengono acquistati dall'Inghilterra: sono proprio gli artigiani inglesi e scozzesi a godere in questi anni di una maestria e di una supremazia riconosciute a livello europeo nella fabbricazione di strumenti scientifici. Vengono acquistati inoltre macchinari più modesti eseguiti da artigiani locali. A questo proposito osserviamo che fin dai primi anni dell'attività dell'Osservatorio gli astronomi padovani possono avvalersi di un'officina meccanica. Nel 1779 Toaldo chiama Giovanni Battista Rodella a ricoprire il ruolo di custode e meccanico della Specola, ruolo che manterrà fino alla sua morte. Rodella aveva già maturato una vasta esperienza come libero professionista, specializzato nella costruzione di un'ampia varietà di strumenti. Le sue abilità gli varranno anche la nomina nel 1793 di meccanico dell'Accademia patavina di Scienze, Lettere ed Arti. Alla fine del Settecento, grazie alla zelante attività di Toaldo, la Specola è dotata di un ricco corredo di strumenti, tra cui ricordiamo numerosi quadranti, cannocchiali rifrattori e riflettori, orologi a pendolo e strumenti per la misura delle coordinate celesti. Le lezioni sia pubbliche che private di Toaldo, come emerge dalla lettura dei *rotuli*, mostrano una particolare attenzione alla storia dell'astronomia: sono infatti introdotte da una premessa storica sull'origine e i progressi della scienza astronomica. Per quanto riguarda l'insegnamento pubblico, tra gli argomenti trattati troviamo: la dottrina delle eclissi e il loro uso nella geografia e nella navigazione; la gnomonica; la teoria dei pianeti primari e secondari; le meteore; alcuni elementi di geografia; le eclissi dei satelliti; le comete; la teoria dei satelliti, delle stelle fisse ed erranti; la teoria della Luna; la teoria di Mercurio; le longitudini geografiche. Toaldo morirà nel 1797, lo

stesso anno della caduta della Serenissima, e lascerà al suo successore Vincenzo Chiminello un'eredità importante sia nel campo dell'astronomia sia nel campo della meteorologia.

Matematica

La convinzione che le ricerche relative ai fenomeni naturali non possano essere perseguite senza l'ausilio della matematica si andrà affermando a partire dal Seicento, grazie anche al decisivo contributo di Galileo. Di seguito offriamo una breve esposizione delle principali tappe del pensiero matematico e gli elementi essenziali che concorrono alla nascita della matematica moderna, che si possono far coincidere con l'introduzione del calcolo infinitesimale², avvenuta a opera di Isaac Newton e Gottfried Wilhelm von Leibniz tra la fine del Seicento e i primi decenni del Settecento.

Come abbiamo già ricordato, la matematica è una delle scienze più antiche. Già nel medioevo la matematica acquista una sua collocazione di cerniera nell'ambito delle arti del quadrivio: l'aritmetica è la scienza dei numeri puri; la musica è considerata come applicazione della teoria dei numeri; la geometria designa lo studio delle grandezze in quiete, quali le lunghezze, le aree e i volumi; mentre l'astronomia è intesa essenzialmente come studio delle grandezze in moto. Al suo interno alcune branche come l'aritmetica, l'algebra e la geometria hanno nei secoli delineato i loro caratteri. In epoca medievale infatti la matematica viene impiegata per vari e differenti scopi, primo tra tutti quello di misurare altezze e distanze mediante l'uso di specchi e astrolabi, quadranti, sestanti. Essa viene inoltre utilizzata per redigere calendari e le prime mappe terrestri e marittime per la navigazione. Anche l'astrologia, come notato, necessita di conoscenze matematiche raffinate, tanto da poter essere considerata una vera e propria branca della matematica. Attraverso l'astrologia poi la matematica viene connessa alla medicina. Soprattutto nel tardo medioevo gli astrologi sono presenti a corte e nelle università, in un numero che in alcuni casi è superiore rispetto a quello degli astronomi o dei medici propriamente detti.

Rispetto alla matematica dei secoli passati, appare evidente nel periodo tra umanesimo e Rinascimento una sorprendente accelerazione del processo di formazione e di diffusione della cultura matematica.

² Il calcolo infinitesimale è una branca della matematica che ha per oggetto lo studio delle proprietà delle funzioni di una o più variabili. Si basa sulla nozione di *limite di una funzione* e di *infinitesimo*, nozioni che verranno chiarite solo nel corso del Settecento e dell'Ottocento. Il calcolo infinitesimale comprende a sua volta il *calcolo differenziale* e il *calcolo integrale*, connessi rispettivamente alla nozione di *derivata* e a quella di *integrale*.

Non è un caso infatti che tra i primi libri dati alle stampe ci siano anche libri di argomento matematico, grazie ai quali è resa possibile la riscoperta e la diffusione dei lavori di matematica greca, specialmente inerenti a temi di geometria (geometria piana e solida, e primi embrioni della trigonometria piana e sferica) e di matematica araba, incentrati in larga parte sull'aritmetica e sull'algebra. I referenti immediati dei matematici europei del Rinascimento sono in particolare Euclide, Apollonio, Archimede, Pappo e Diofanto, tra i Greci, e Jafar Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi per citare forse il più influente studioso arabo nell'ambito dell'algebra. I testi di questi studiosi sono tra i primi a essere tradotti, stampati, e diffusi. Vengono redatti poi compendi con l'intento di raccogliere tutte le conoscenze matematiche fino ad allora possedute, come la *Summa de arithmetica, geometria proportioni et proportionalità* di Luca Pacioli (tra 1446 e 1448-1517) stampata nel 1494, l'*Ars Magna* di Gerolamo Cardano stampata nel 1545, o il *General trattato di numeri e misure* di Niccolò Tartaglia dato alle stampe tra 1556 e 1560. Sono proprio Pacioli, Cardano e Tartaglia, ma anche Regiomontanus, pseudonimo di Johannes Müller da Königsberg, Ludovico Ferrari, Rafael Bombelli, François Viète, Simon Stevin, Marin Getaldic, solo per citare alcuni dei personaggi di riferimento, a determinare lo sviluppo della matematica europea in questo periodo.

Rivivono quindi le grandi tradizioni della scienza greca e araba, a partire dalle quali matematici e filosofi naturali europei maturano l'idea che la natura sia disegnata in linguaggio matematico e agisca secondo leggi perfette e immutabili, idea che si svilupperà in forme nuove nel corso del XVIII secolo. In molte delle opere di questi autori si possono trovare i segni di un nuovo modo di concepire la filosofia naturale più attento alla dimensione quantitativa dei fenomeni che alla loro collocazione qualitativa in un sistema generale. Vale la pena ricordare inoltre lo straordinario impulso dato dalle ricerche astronomiche di Keplero allo studio delle sezioni coniche (circonferenza, ellisse, parabola, iperbole), centrali nella costruzione delle sue leggi. Ma analoga considerazione può essere fatta in relazione agli sviluppi delle teorie del moto dei corpi che portano Galileo a definire parabolica la traiettoria percorsa dai corpi scagliati in direzione diversa dalla perpendicolare a un dato luogo. Questa contaminazione tra discipline separate e diverse è uno dei tratti che caratterizzano la nuova matematica. Essa è presente non solamente nel campo della filosofia naturale, ma anche all'interno della stessa matematica, dove la geometria e l'algebra, prima separate e riferite a due tradizioni culturali

diverse, rispettivamente quella greca e quella araba, finiranno per trovare un campo comune con la nascita della geometria analitica a opera di René Descartes e di Pierre de Fermat.

L'introduzione del calcolo infinitesimale, quello che modernamente chiamiamo analisi matematica, a opera di Newton e Leibniz sancisce la definitiva nascita della matematica moderna. Senza entrare nella controversia sulla priorità dell'invenzione o scoperta del calcolo, certo è che i due percorsi seguiti da Newton e Leibniz sono in larga parte indipendenti e le notazioni assai diverse. Tuttavia i metodi da loro elaborati risulteranno praticamente equivalenti. Le loro teorie, oltre a fornire le risposte ai più importanti quesiti del loro tempo, apriranno le porte a un nuovo settore della matematica che sarà particolarmente utile al progresso della scienza.

Non è un caso che il calcolo venga introdotto in primo luogo per rispondere ad alcuni importanti problemi scientifici ancora irrisolti nel XVII secolo, tra cui possiamo citarne almeno due: affrontare una formalizzazione soddisfacente della scienza del moto, sia in generale che nelle sue applicazioni (per esempio alla balistica); risolvere questioni che riguardavano la cosiddetta ottica geometrica. Dal calcolo di Newton e Leibniz deriveranno nuove branche della matematica, tra le quali quella relativa allo studio delle equazioni differenziali e delle serie infinite, ai cui sviluppi ci si dedicherà per tutto il Settecento, salvo poi continuare, in un nuovo contesto, anche nei secoli successivi.

Prima di passare ad analizzare cosa avviene all'Università di Padova tra Seicento e Settecento per quanto riguarda l'insegnamento e la ricerca in ambito matematico, vale la pena menzionare che alla metà del Settecento iniziano a delinearci due indirizzi privilegiati nel settore matematico: da una parte l'analisi pura e la geometria, dall'altra la matematica pratica o applicata. Questa partizione si rifletterà come vedremo anche in ambito accademico, dove la geometria ha una lunga tradizione, mentre la matematica pratica, applicata o mista comincerà a essere introdotta solo nel Seicento e l'analisi o matematica pura compare solo a partire dal Settecento.

Come abbiamo già osservato, a partire dal Rinascimento lo sviluppo della matematica subisce una forte accelerazione. Questa sicuramente è legata al riconoscimento della sua funzione nell'ambito dello sviluppo della scienza della natura e nell'ambito delle applicazioni pratiche nella geodesia, nella balistica, nella scienza nautica e nella scienza delle fortificazioni. Ma allo stesso tempo innesca uno sviluppo della matematica, in particolare nell'ambito dell'algebra e della geometria, ispirato da una

logica interna alla matematica stessa, indipendentemente dalle sue applicazioni. È l'inizio degli sviluppi della matematica moderna come settore di ricerca autonomo. Certo è che fino al Seicento è difficile tracciare una netta distinzione tra matematica pura e matematica pratica proprio perché al tempo manca ancora in larga misura quel concetto di rigore matematico che si svilupperà successivamente. Vale la pena notare che i cultori della matematica pratica costituiscono un gruppo assai eterogeneo sotto diversi profili: accanto ai maestri di calcolo e agli esperti di pesi e misure, ci sono gli esperti nel campo della navigazione, della geodesia, dell'artiglieria, delle fortificazioni, inventori e costruttori di strumenti matematici, artigiani, cartografi e autori di manuali e di trattati sull'uso degli strumenti. Inizialmente si tratta di figure prevalentemente esterne al mondo accademico, sebbene a partire dal Seicento la matematica pratica comincerà a essere introdotta in ambito accademico.

Questo settore delle «matematiche miste» si svilupperà a Padova tra Seicento e Settecento non solo nell'Università, grazie a docenti come Geminiano Montanari e Giovanni Poleni, ma anche presso l'Accademia Delia di Padova, fondata nel 1608 con lo scopo di tenere in vita e sviluppare la tecnica militare con l'ausilio della matematica, della filosofia naturale e delle tecniche più raffinate del tempo. Nella prolusione tenuta nel 1715 da Giovanni Poleni al corso di «filosofia ordinaria in secondo luogo» (cioè la fisica) viene sottolineata la distinzione tra matematica pura, matematica mista e fisica. Meritevole d'attenzione è la descrizione del Poleni degli oggetti di studio della matematica mista. Se l'oggetto della matematica pura è la quantità astratta e quello della fisica è la realtà eminentemente fenomenologica, la matematica mista tratta enti fisici, da cui trae i suoi principi, con metodo esclusivamente ipotetico-deduttivo.

La matematica all'Università di Padova

Senza dubbio alcuno, la figura che più di ogni altra darà lustro allo Studio patavino a partire dalla fine del Cinquecento è Galileo Galilei, di cui parliamo a più riprese in questo testo. Ed è proprio dalla sua opera che prende le mosse la nostra analisi. Vastissima è la letteratura relativa alla sua opera e in particolare agli straordinari contributi del periodo padovano; ci limiteremo pertanto a qualche breve cenno, rimandando il lettore ai testi indicati nei riferimenti bibliografici per approfondimenti e per meglio cogliere la fondamentale importanza dei suoi lavori.

Galileo viene chiamato da Pisa a Padova nel 1592 come lettore di matematica, incarico che lascerà solamente dopo diciotto anni, nel

1610. Come abbiamo ricordato nella sezione relativa all'astronomia, a partire dal 1506 gli insegnamenti di matematica e di astronomia vengono riuniti sotto un'unica cattedra. Per questo motivo, consultando i *rotuli* a noi pervenuti, tra gli argomenti trattati da Galileo che si avvicendano negli anni troviamo indicati la *Sfera ed Euclide*, l'*Almagesto di Tolomeo*, gli *Elementi di Euclide e questioni meccaniche di Aristotele* e le *Teoriche dei Pianeti*. Vale la pena ricordare che Galileo introduce nelle sue lezioni anche elementi di matematica applicata alle fortificazioni, sviluppando dunque la matematica anche nella direzione dell'arte militare. Anche se la maggior parte di questi temi verrà affrontata in maniera approfondita in corsi privati, ciò offre comunque una chiara testimonianza di come l'insegnamento della matematica sia orientato anche verso problemi di natura pratica.

I contributi di Galileo del periodo padovano non riguardano unicamente il campo della matematica: abbiamo già fatto menzione delle sensazionali scoperte nell'ambito delle scienze astronomiche, e accennaremo più avanti alle sue fondamentali ricerche nel campo della meccanica.

Nel 1610, anche sull'onda del successo che le sue scoperte scientifiche stanno riscuotendo in seguito alla pubblicazione del *Sidereus Nuncius*, Galileo riceve l'invito di entrare a far parte della corte fiorentina del granduca Cosimo II de' Medici. Date le sue esperienze nel campo della matematica e dell'astronomia, l'incarico più naturale sarebbe stato quello di matematico di corte. Galileo tuttavia, asseverando la sua convinzione della reciproca interazione tra matematica e filosofia naturale, chiede che gli venga affidato l'incarico per entrambe le discipline.

Egli scriverà pertanto al segretario del granduca: «quanto al titolo et pretesto del mio servizio, io desidererei, oltre al nome di Matematico, che S[ua] A[ltezza] vi aggiugnesse quello di Filosofo, professando io di havere studiato più anni in filosofia, che mesi in mathematica pura». Tale richiesta sarà accolta e Galileo lascerà Padova alla volta di Firenze, dove verrà riconosciuto «matematico» e al tempo stesso «filosofo».

Tra i numerosi successori di Galileo che si avvicendano a Padova tra Seicento e Settecento spiccano i nomi di illustri matematici, che raccoglieranno la sua ricca eredità, tenendo alto il nome dell'Ateneo patavino. Ci concentreremo in questa sede solamente su alcuni di essi, mettendone in luce la caratura scientifica in relazione anche agli argomenti trattati nei loro corsi.

Iniziamo citando il nome di Stefano degli Angeli, chiamato a ricoprire la cattedra di matematica nel 1663, rinomato per i suoi lavori sulla teoria degli indivisibili (che contiene i germi del moderno calcolo inte-

grale), introdotta dal suo maestro Bonaventura Cavalieri. Con degli Angeli il metodo degli indivisibili raggiungerà il limite estremo della sua potenzialità per l'epoca. Tuttavia, nei *rotuli* non compare alcun elemento di novità: gli insegnamenti riguardano ancora gli *Elementi* di Euclide e l'astronomia (in chiave aristotelica con la sfera celeste rappresentata dalla sfera armillare).

Dopo la morte di Stefano degli Angeli, si apre un interessante capitolo della storia dell'Ateneo patavino in cui lo stesso Leibniz, uno dei padri del calcolo differenziale, interviene personalmente nella scelta dei professori dello Studio con l'intento di garantire maggiore diffusione alle sue teorie nell'ambiente intellettuale italiano. Grazie alle sue indicazioni e alle prestigiose amicizie strette durante il suo viaggio in Italia, come successore di Stefano degli Angeli viene scelto Domenico Guglielmini, già professore di idraulica a Bologna e allievo di Geminiano Montanari e Marcello Malpighi, che giungerà a Padova nel 1698. Non è un caso che la scelta sia ricaduta su di lui: Guglielmini infatti, esperto di idraulica, sarebbe stato secondo il parere della Serenissima un ottimo consulente per il Magistrato alle Acque. Il suo trattato *Della natura dei fiumi* (1697), frutto del suo lavoro e delle sue riflessioni in questo ambito, rimarrà un classico delle scienze idrauliche, fondamento dell'idraulica fluviale moderna. L'opera di Guglielmini costituisce un ulteriore esempio dell'importanza attribuita all'utilizzo della matematica per risolvere problemi pratici. Dopo Guglielmini, sempre dietro suggerimento di Leibniz, sarà la volta, dal 1707 al 1712, di Jacob Hermann, matematico svizzero con all'attivo una cospicua produzione scientifica. Hermann diviene il punto di riferimento principale per coloro che desiderano studiare il calcolo differenziale e integrale in Italia, anche se questi argomenti non costituivano parte delle sue lezioni pubbliche. Proprio per questo Leibniz aveva fortemente caldeggiato la sua chiamata a Padova. Alle lezioni private di Hermann parteciperà tra gli altri anche Giovanni Poleni.

La cattedra di matematica verrà poi ricoperta da Nicola Bernoulli dal 1716 al 1719, quando a lui subentrerà Giovanni Poleni. Sullo sfondo di questi avvicendamenti si pongono una serie di riflessioni ben esemplificate dal pensiero del letterato veronese Scipione Maffei, il quale nel *Ricordo per la riforma dello Studio* (1715) propone ai Riformatori una serie di interventi per accrescere il prestigio dell'Ateneo. Tra questi Maffei auspica l'introduzione di una cattedra di matematica pura, distinta da una o più cattedre di matematica pratica: l'esistenza di una sola cattedra risulterebbe infatti limitante alla luce delle nuove pro-

spettive che si stanno delineando nel campo delle scienze matematiche. Scrive infatti Maffei: «Il decoro di una tanta Università esige certamente una lettura della Matematica, per così dire speculativa, acciocchè non vi si rimanga all'oscuro della Geometria interiore e degli ammirabili moderni ritrovamenti per abbreviare le strade col mezzo dell'Analisi e del famoso Calcolo differenziale. Ma ce ne vogliono ancora due altre per andarvi esponendo la Geografia, la Nautica, l'Architettura, la Fortificazione, la Meccanica, la Prospettiva». Il progetto riformatore di Maffei non è certamente di immediata realizzazione: ci accorgiamo infatti, scorrendo i *rotuli*, che lo stesso Poleni insegna quasi ogni anno una materia diversa, dagli *Elementi* di Euclide alle sezioni coniche, dall'ottica alla trigonometria, dalla meccanica al moto degli animali.

Nel 1739 a Poleni viene affidato anche l'insegnamento di filosofia sperimentale, allora introdotto congiuntamente a quello della matematica come auspicato un secolo prima da Galileo: la nuova cattedra viene denominata «Ad Mathesim et ad Philosophiam experimentalem».

Accanto alla matematica pratica, sempre più legata anche alla formazione professionale, si sviluppa comunque l'insegnamento di settori della matematica pura, come dimostra l'istituzione nel 1751 della cattedra «Ad Elementa Geometriae», ricoperta da Girolamo Rinaldi. Come riportato da Favaro, Rinaldi, riferendosi agli argomenti trattati a lezione, dichiara di non limitarsi ai temi contenuti in Euclide ma di estendere la trattazione a quelli ritrovati nei testi sia di antichi sia di moderni geometri: tra gli antichi troviamo i nomi di Pappo, Proclo e Archimede, e tra i moderni quelli di Newton, Huygens, de l'Hôpital e dei fratelli Bernoulli. Tra gli obiettivi che si prefigge Rinaldi, tre sono fondamentali: in primo luogo quello di contribuire alla cultura generale; quello poi di fornire gli elementi per venire in aiuto alla filosofia sperimentale; e quello infine di estendere le applicazioni alle arti meccaniche, rimarcando il costante utilizzo della geometria nell'agrimensura, nell'architettura civile e militare, nella gnomonica. Con Rinaldi l'analisi infinitesimale entra a far parte degli insegnamenti pubblici, come attestato nel *rotulo* dell'anno accademico 1767-68, in cui leggiamo, per quanto riguarda gli argomenti trattati a lezione, la seguente descrizione: «Geometriae et Analyseos Infinitorum Elementa alternatim explicabat». Con oltre mezzo secolo di ritardo dalla sua nascita, finalmente l'analisi infinitesimale viene introdotta come insegnamento pubblico nell'Università di Padova.

Tornando alla cattedra di matematica propriamente detta, che nel frattempo muta il proprio nome in «Ad Mathesim et Nauticam Theoriam»,

essa verrà affidata a partire dal 1764 a Simone Stratico, matematico, fisico, idraulico, esperto di navigazione, tecnica navale e architettura, un altro personaggio di spicco nel panorama tecnico-scientifico padovano. Nella seconda metà del Settecento si trovano nei *rotuli* numerose modifiche di denominazione delle cattedre dedicate alla matematica, e frequenti sono i disaccoppiamenti seguiti da riaccorpamenti degli argomenti in seno a uno o a un altro insegnamento. Come già anticipato nell'introduzione, l'insegnamento della matematica inizia a muoversi lungo due direttrici privilegiate: da una parte troviamo l'analisi pura e la geometria, e dall'altra la matematica applicata.

Fisica

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto dinanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente la parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Il principale strumento grazie al quale è resa possibile la rivoluzione concettuale della fisica è la sua matematizzazione. Come sottolineato da Giovanni Poleni, non è la filosofia a partorire la nuova fisica, bensì l'introduzione di nuovi strumenti su cui essa si può appoggiare, come il microscopio, il cannocchiale, il piano inclinato, la pompa da vuoto, il termometro e il barometro, che permettono di scoprire e indagare nuovi fenomeni, e della matematica, grazie alla quale i nuovi fenomeni possono rientrare in ambiti dimostrativi. Non essendo possibile, per ragioni di spazio, annoverare in questa sede tutti i principali traguardi raggiunti dalle scienze fisiche tra Seicento e Settecento, nostra intenzione è offrire un quadro d'insieme entro cui potremo meglio collocare le attività didattiche e di ricerca dei professori di filosofia naturale dell'Ateneo patavino.

Abbiamo già menzionato la straordinaria importanza dell'opera di Galileo Galilei. Risulta alquanto difficile collocare i fondamentali risultati raggiunti da Galileo in rigidi compartimenti disciplinari, proprio per i motivi sopramenzionati: egli racchiude nella sua persona le figure di matematico, astronomo, fisico e di quello che oggi chiameremmo ingegnere. Accanto alle scoperte astronomiche, di cui abbiamo già parlato, vale la pena ricordare la prima formalizzazione della teoria del moto, che nel Seicento avrà grandi sviluppi, e della meccanica o scienza della resistenza dei materiali. Sono proprio queste le due scienze che

tratterà nel suo capolavoro, i *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*, pubblicato a Leida nel 1638.

L'eredità lasciata da Galileo troverà suo compimento nei lavori di Newton. Sarà proprio Newton a introdurre le leggi che reggono la meccanica nei *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687). Sulla figura di Newton, uno dei maggiori scienziati di tutti i tempi, che darà contributi straordinari a diverse branche del sapere, esiste una vastissima bibliografia. Ci basti qui citare che nei *Principia* verranno finalmente formulati quelli che oggi chiamiamo principi della dinamica, dai quali discende la legge di gravitazione universale con la quale, vale la pena ribadire, si realizza la definitiva unificazione tra fisica terrestre e fisica celeste. Citiamo poi le sue ricerche nel campo dell'ottica, che porteranno a straordinari risultati, raccolti nei tre libri della sua *Opticks, or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* (1704), in cui troviamo esposta, *inter alia*, la sua teoria della luce e del colore.

Durante il Seicento vengono inoltre perfezionati e inventati strumenti scientifici che permetteranno di indagare uno spettro sempre più ampio di fenomeni fisici. Accanto al potenziamento del cannocchiale e del microscopio, di cui abbiamo già parlato, compaiono le prime pompe a vuoto, i primi barometri e i primi termometri, che inaugurano lo studio di nuovi fenomeni che solo molto più tardi, di fatto in pieno Ottocento, troveranno una loro compiuta sistematizzazione. A questo proposito infatti è bene osservare che il Seicento si connota come il secolo del trionfo della fisica del moto, del progresso delle scienze matematiche e della spiegazione newtoniana del sistema dei pianeti e delle comete. Ma, come osserva Enrico Bellone, accanto a questi innegabili successi si colloca una discussione, che a noi potrebbe oggi apparire ingenua, sulle virtù dell'ambra, sui paradossi dell'ottica, sulle questioni irrisolte della termologia, sui misteri del magnetismo, e su tutta una serie di contraddizioni che animano la ricerca scientifica nel suo faticoso tentativo di passare all'osservazione di nuovi regni della natura e alla misurazione di grandezze difficili da definire (come il calore o la temperatura). Quando, nel 1667, Lorenzo Magalotti scrive i *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*, sono già chiari i segni di una separazione tra la meccanica, la matematica e l'astronomia da un lato, e il resto dei fenomeni naturali dall'altro. Questa separazione è radicata non tanto sulla debolezza di alcuni settori disciplinari, ma sulla difficoltà che si incontrano quando si comincia a esplorare il «largo peglago» che si apre di fronte allo scienziato che con occhi «moderni» ten-

ta di indagare i fenomeni relativi all'elettricità e al calore, dove in realtà ci si confronta con oggetti che sembrano contenere in sé tutti i regni (animati e inanimati) della natura.

Nel corso del Settecento la fisica si sviluppa secondo due differenti direttrici: da una parte, troviamo una prospettiva che mira alla ricerca di una formalizzazione, in analogia con la meccanica di Newton, dei fenomeni elettrici, magnetici, ottici, termici; dall'altra, emerge una seconda direttrice che porta ad approfondimenti matematici della meccanica newtoniana (tra i nomi dei maggiori protagonisti troviamo quelli di Euler, Lagrange e d'Alembert), prospettiva che sfocerà alla fine del Settecento in quella che è chiamata meccanica razionale o analitica. Per quanto riguarda la prima direttrice, i tre nomi che trasformeranno la fenomenologia elettrica e magnetica nella seconda metà del secolo sono quelli di Henry Cavendish, di Charles Augustin de Coulomb e di Alessandro Volta. Ai primi due si deve in particolare la scoperta della legge che governa l'attrazione e la repulsione tra cariche elettriche a riposo (elettrostatica), che ha lo stesso andamento della forza di attrazione gravitazionale, ma anche una spiegazione dei fenomeni magnetici in termini di forze attrattive e repulsive (magnetostatica). A Volta si deve la scoperta di un dispositivo rivoluzionario per la produzione di corrente elettrica, la pila, che apre la strada all'elettrodinamica, centrale nel secolo successivo. Per quanto riguarda i fenomeni termici, le maggiori difficoltà sono legate alla ricerca di una correlazione tra le misure effettuate con i termometri (intorno alla seconda metà del Settecento si contano almeno diciannove scale termometriche differenti) e le diverse conoscenze relative alla fisica dei fluidi, al comportamento dell'aria rarefatta e ai fenomeni chimici. Importanti passi avanti verso la comprensione teorica della distinzione tra calore e temperatura vengono compiuti da un numero crescente di scienziati. Qui ci limitiamo a citare solo due esempi emblematici. Il primo riguarda Joseph Black che arriverà alla definizione di calore latente, e il secondo è legato in particolare ad Antoine Laurent Lavoisier e Pierre-Simon Laplace, di cui parleremo meglio nel paragrafo dedicato alla chimica, che utilizzeranno un altro fondamentale strumento, il calorimetro a ghiaccio, e che arriveranno a una prima definizione di temperatura e calore aprendo la strada a nuovi orizzonti sperimentali e teorici.

La fisica all'Università di Padova

Abbiamo già più volte osservato che la fisica, come settore di ricerca nella veste che oggi conosciamo, nasce con la rivoluzione scientifica.

Tuttavia l'ingresso della nuova fisica in ambiente accademico sarà piuttosto lento. Inizialmente, infatti, il metodo sperimentale non è presente nelle aule universitarie, e così sarà anche a Padova fino alla chiamata di Giovanni Poleni sulla cattedra di filosofia sperimentale. Questi modificherà radicalmente sia le modalità di insegnamento sia il modo di condurre ricerca scientifica all'Università di Padova. Sulla sua figura molto è stato scritto. Ci limiteremo dunque a delineare brevemente i tratti della sua multiforme personalità scientifica, ben illustrata dalle seguenti parole di Antonio Favaro: «Quale scienziato sia stato il Poleni e di quanta fama abbia goduto come matematico, fisico, come astronomo, come idraulico, come ingegnere e come archeologo risulta dagli apprezzamenti delle numerose opere da lui pubblicate, dai tre premi ch'egli vinse per concorso all'Accademia delle Scienze di Parigi, dalla chiamata ch'egli ebbe a Roma per il restauro della cupola di S. Pietro, dalle frequentissime occasioni nelle quali furono invocati i suoi lumi dai Provveditori all'Adige e dal Magistrato alle Acque, dalle aggregazioni alle più cospicue Accademie d'Europa. Di lui come insegnante testimoniano le splendide prolusioni, i programmi delle lezioni che egli pubblicava di anno in anno». Insomma, Poleni impersona la figura dello scienziato settecentesco, allo stesso tempo ingegnere idraulico, architetto, matematico, fisico e astronomo nel senso moderno dei termini.

Abbiamo già detto che Poleni, prima di ricoprire la cattedra di filosofia sperimentale, insegna astronomia e meteore, «filosofia ordinaria in secondo luogo» e matematica. A questo proposito precisiamo che nel Settecento per «filosofia prima» o «filosofia in primo luogo» si intende la metafisica, mentre con «filosofia seconda» o «filosofia in secondo luogo» si indica generalmente la «filosofia naturale» o «fisica» (si veda in questa collana il volume curato da Vincenzo Milanesi). È quindi evidente che già prima dell'istituzione della cattedra di filosofia sperimentale esistevano cattedre in cui si insegnava quella che al tempo era denominata «filosofia naturale», ma l'insegnamento di tale disciplina era ancora basato essenzialmente sulla lettura e sull'analisi dei testi degli antichi. Ebbene con Poleni fa il suo definitivo ingresso nell'ambiente accademico la filosofia naturale sperimentale, nel senso moderno di fisica sperimentale e teorica.

La sua chiamata sulla cattedra di filosofia sperimentale nel 1739 avverrà con un certo ritardo rispetto a quanto auspicato da Scipione Maffei nel *Ricordo per la riforma dello Studio* del 1715. Una motivazione di questo ritardo viene chiaramente espressa da Favaro ne *I successori di Galileo nello Studio di Padova: fino alla caduta della Repubblica*, dove

si legge: «Già il Maffei, in quel suo parere [...], aveva suggerita la istituzione d'una cattedra di Filosofia sperimentale con apposito lettore che oltre al proprio stipendio fosse provveduto di un assegno per curare la esecuzione delle esperienze; e la proposta era stata presa in considerazione dal Magistrato dei Riformatori. Non fu però attuata prima dell'anno 1738, perché il provvedimento di istituire nuove cattedre doveva andar congiunto con quello della soppressione di altre riconosciute o superflue o non necessarie». E, su richiesta di Poleni, il 25 novembre 1740 viene inaugurato il Teatro di filosofia sperimentale, con annesso Gabinetto di fisica, ubicato al Palazzo del Bo: il Teatro occupava gli spazi dove oggi si trova la Sala del Senato accademico, mentre il Gabinetto veniva collocato negli spazi attigui dove oggi si trova la grande Sala chiamata basilica. Si tratta del primo laboratorio di fisica sperimentale in Italia dedicato sia all'insegnamento universitario sia alla ricerca, e nel volgere di pochi anni diventerà uno dei gabinetti di fisica più importanti d'Europa. Le lezioni di Poleni sono corredate da esperimenti e dimostrazioni, sulla scia delle cosiddette «lezioni-dimostrazioni» (*lectures-demonstrations*) di stampo newtoniano. Newton infatti alla Royal Society aveva introdotto un nuovo modo di tenere le lezioni di filosofia naturale, rivolte sia ai membri della Royal Society sia, in opportune circostanze, al pubblico generico. Queste lezioni prevedevano lo svolgimento in pubblico di esperimenti scientifici che venivano introdotti e illustrati dal relatore, e denominate per questo «lectures-demonstrations». Tale modalità didattica si diffonderà ben presto anche nel resto d'Europa e acquisterà sempre più successo durante il Settecento.

Seguendo tra i primi questa nuova tendenza europea, Poleni si dedicherà con dedizione ed estrema cura all'allestimento del Gabinetto di fisica, dotandolo degli strumenti più all'avanguardia del suo tempo. La consapevolezza della novità da lui introdotta in Italia emerge chiaramente nella sua prolusione al corso di filosofia sperimentale, dove troviamo meticolosamente indicati i contenuti, le metodologie, i risultati che si auspica di ottenere, oltre a suggerire i testi di riferimento da consultare. Per quanto riguarda lo studio preparatorio all'esperimento vero e proprio, Poleni distingue tre momenti diversi: esso deve riguardare innanzitutto la ricerca bibliografica, poi l'abilità manuale nei lavori meccanici e, infine, le attenzioni necessarie nel costruire le macchine. Notiamo come l'attività tecnica da «arte illiberale», come scrivono Gian Antonio Salandin e Maria Pancino nel commento alla prolusione di Poleni, venga ora considerata non solo degna dell'uomo erudito, ma necessaria al conseguimento di risultati in ambito accademico.

Le macchine superstiti della collezione poleniana originale sono solamente un centinaio, a tutt'oggi conservate presso quello che per oltre trent'anni è stato chiamato «Museo di Storia della Fisica» dell'Università di Padova e che dal 1° settembre del 2021 si chiama «Museo Giovanni Poleni. Storia della fisica tra Padova e il mondo». Tra gli strumenti che la collezione comprende, possiamo citare quelli che riguardano lo studio della statica, della dinamica, dell'attrito, del moto dei proiettili, dei paradossi meccanici, dell'ottica e della pneumatica.

Poleni lascerà ai suoi successori una ricchissima eredità scientifica. Il suo nome verrà celebrato e commemorato per decenni dopo la sua morte, avvenuta nel 1761. Alcuni allievi di Poleni diffonderanno le conoscenze e il metodo d'insegnamento appresi dal maestro in Europa. Per esempio Giovanni Dalla Bella, assistente di Poleni, diventerà docente di filosofia sperimentale a Lisbona nel 1767 avviando un gabinetto del tutto simile, per strumentazione e per rilievo, a quello di Padova, dove peraltro verrà utilizzato lo stesso metodo di catalogazione degli strumenti di Poleni. Pochi anni dopo il laboratorio di Dalla Bella verrà trasferito a Coimbra e sarà annoverato tra i più attrezzati gabinetti di filosofia sperimentale d'Europa.

Dopo la morte di Poleni, viene chiamato a ricoprire la cattedra lasciata vacante Giovanni Alberto Colombo, di cui abbiamo già parlato nel paragrafo dedicato all'astronomia. Colombo inaugura il suo insegnamento nel 1764, e lo terrà fino alla sua morte avvenuta nel 1777, con una prolusione nella quale, parlando anche dei suoi lavori di fisica sperimentale, si mostra degno successore di Poleni. Con un decreto del 20 settembre del 1777 la fisica sperimentale viene assegnata al lettore di matematica e teoria nautica, Simone Stratico, che terrà la cattedra fino alla caduta della Repubblica.

Chimica

Possiamo far risalire la nascita della chimica moderna alla seconda metà del XVIII secolo, nel momento in cui si concretizzano le basi teoriche e sperimentali che permettono una sua caratterizzazione come settore scientifico autonomo. La chimica moderna non nasce da una consolidata tradizione, ma si sviluppa a partire da ricerche in svariati campi del sapere, sia teorico che pratico. Questi campi del sapere sono in molti casi estranei, o addirittura in contrasto, con quelli che siamo soliti considerare campi del sapere scientifico. Basti pensare alla rinascita della magia nel tardo Quattrocento e nel Cinquecento: l'influsso del magismo rinascimentale continuerà, pur con profondi cam-

biamenti e reinterpretazioni, almeno fino alla metà del Settecento, specie in alcuni settori di indagine come quelli dai quali prenderà avvio la moderna scienza chimica. Vitalismo, animismo, organicismo e antropomorfismo sono tipiche categorie del pensiero magico in cui domina una serie di corrispondenze: mondo immagine-specchio di Dio, uomo immagine-specchio del mondo, corrispondenza tra microcosmo e macrocosmo. L'identificazione tra io e mondo è, in questo contesto, il cardine della possibile conoscibilità dell'universo. Particolarmente significativo a questo riguardo è quello che scrive Paolo Rossi nel primo volume della *Storia della scienza*: «Così come nell'astrologia convivono calcoli sofisticati e vitalismo antropomorfo, allo stesso modo, nella magia e nell'alchimia, convivono misticismo e sperimentalismo. I libri della grande magia del Rinascimento si presentano ai nostri occhi come il frutto di una strana mescolanza. Troviamo, in uno stesso grosso manuale, pagine di ottica, di meccanica e di chimica, ricette di medicina, insegnamenti tecnici sulla costruzione di macchine e di giochi meccanici, codificazione di scritture segrete, ricette di cucina, di veleni per vermi e topi, consigli per i pescatori, i cacciatori e le massaie, suggerimenti attinenti all'igiene, alle sostanze afrodisiache, al sesso e alla vita sessuale, squarci di metafisica, riflessioni di teologia mistica, richiami alla tradizione sapienziale d'Egitto e dei profeti biblici, riferimenti alle filosofie classiche e ai maestri della cultura medievale, consigli per i prestigiatori».

Questa originaria commistione tra naturalismo rinascimentale e magia è ampiamente testimoniata dagli scritti di molti personaggi dell'epoca. Qui ci limitiamo solo a menzionare alcuni dei più significativi: Cornelio Agrippa, in particolare nei *De occulta philosophia* (1533) e *De incertitudine et vanitate Scientiarum* (1530); Giambattista della Porta, in particolare nel *De magia naturali* (1558, ampliato 1589); Tommaso Campanella, in particolare nel *De sensu rerum et magia* (1590); Philipp Aureolus Theophrast Bombast von Hohenheim noto come Paracelso, in particolare negli scritti *Archidoxis* (circa 1525, pubblicato postumo 1569) e *Das Buch Paragranum* (1529-30).

In ogni caso a partire dal Cinquecento considerazioni di tipo chimico si possono trovare in diversi ambiti di ricerca: nelle ricerche mediche, farmacologiche, mineralogiche, filosofiche, botaniche, e nelle pratiche degli artigiani. Sono ambiti che mescolano i primi segni della scienza nuova con l'astrologia, la magia e l'alchimia. D'altra parte, come osserva Ferdinando Abbri, sebbene gli strumenti adottati dagli alchimisti per le loro pratiche siano molto simili a quelli che verranno

poi usati dai chimici farmacisti, la chimica intesa in senso moderno non può considerarsi come una mera conseguenza o un prodotto diretto dell'alchimia.

Proprio a partire dagli elementi antiscientifici della tradizione magico-alchemica cinquecentesca e dalla loro aspra critica si svilupperanno i primi caratteri della chimica moderna. Le figure di riferimento in questo complesso sviluppo sono molteplici, e qui ci limiteremo solo a qualche breve considerazione relativa a quattro personaggi: Paracelso, Robert Boyle, Georg Ernst Stahl e Antoine Laurent Lavoisier.

Partiamo dunque da Paracelso, esponente di spicco della cultura magico-alchemica rinascimentale. In linea col naturalismo rinascimentale platonico-magico, Paracelso vede l'universo come un unico organismo le cui parti hanno caratteri analoghi a quelli dell'intero universo. In questo senso l'uomo, come microcosmo, rispecchia l'universo, il macrocosmo. L'universo e le sue parti, secondo Paracelso, sono fatti di materia, costituita dai tre principi alchemici dello zolfo, del mercurio e del sale, e da forze più o meno occulte. Utilizzando operazioni magico-alchemiche l'uomo può riprodurre i processi dell'universo e usarli, per analogia, per agire sull'uomo. È partendo da qui che Paracelso elabora la sua visione della medicina fondata su quattro pilastri: la filosofia, intesa come conoscenza della natura invisibile dell'universo; l'astrologia, come conoscenza dell'influsso degli astri sulla Terra e sull'uomo; l'alchimia, come arte che utilizza le forze e le corrispondenze occulte per fornire medicine capaci di mantenere o ripristinare l'equilibrio di salute del corpo umano; la virtù del medico, sia nei termini delle sue capacità che della sua moralità. Tra gli esiti di questa visione paracelsiana della medicina vi è anche una concezione della malattia alternativa a quella della tradizione galenica dominante nelle università dell'epoca. Infatti, come gli astri dell'universo agiscono sull'uomo, così l'uomo come microcosmo può influire negativamente sui principi che lo costituiscono (zolfo, mercurio e sale), e questa azione negativa può essere sanata utilizzando sostanze chimiche, naturali o sintetiche. Non è un caso quindi che Paracelso dia vita a un nuovo settore di studi, la «iatrochimica» o chimica medica, basata sulla cura delle malattie attraverso l'uso di sostanze chimiche. Pur partendo da premesse antiscientifiche, l'opera di Paracelso darà avvio a un processo di profondo ripensamento della medicina e della chimica e dei loro mutui legami.

Le idee di Paracelso costituiranno la matrice teorica di quella che verrà chiamata nel Seicento «filosofia chimica», ancella della medicina. L'influsso di Paracelso e dei suoi epigoni non mancherà di suscitare

scalpore in tutta Europa, dando adito ad accesi dibattiti che avranno pertanto come oggetto privilegiato di discussione la natura della medicina e della chimica. Come scrive Paolo Rossi, «la discussione che si svolse in tutta Europa sulla filosofia chimica e sulle dottrine di Paracelso ebbe una vastità e una intensità non minore di quella che si svolse su Copernico e sulla nuova astronomia».

La figura del «chimico-alchimista» tipica del Cinquecento va via via sostituendosi nel secolo successivo a quella del «chimico medico» o «chimico farmacista». La chimica comincia ad assumere alcuni dei caratteri della scienza moderna, ma il suo legame con la medicina, centrale nella posizione antiaristotelica di Paracelso, si consolida, riducendo la chimica alla farmacopea. È sulla scia di questa tradizione che dal punto di vista istituzionale la chimica fino all'Ottocento verrà collocata all'interno della facoltà medica.

Le critiche agli elementi antiscientifici dei seguaci di Paracelso si faranno sempre più frequenti nel corso del Seicento, e sono ben rappresentate negli scritti di importanti intellettuali dell'epoca, come Francesco Bacone, ma anche di alcuni protagonisti della nuova scienza come Keplero. L'epilogo del periodo alchimistico si raggiungerà quando la chimica verrà definitivamente liberata dalle componenti magiche o ermetiche anche se, come già osservato, il laboratorio chimico di fatto è costituito dagli stessi strumenti del laboratorio alchemico. Un primo passo in questa direzione si deve all'inglese Robert Boyle. Se pure è bene guardarsi dal considerare Boyle come il fondatore della chimica moderna, come pure dal considerarlo solo come un filosofo naturale indipendente dagli influssi provenienti dall'alchimia e dalla religione, certo è che l'utilizzazione della filosofia meccanica³ in ambito chimico sarà prima di tutto merito suo. L'oggetto di studio della chimica, secondo Boyle, è lo studio dei moti delle particelle di forme diverse che costituiscono i corpi macroscopici. Queste particelle si legano tra loro per mezzo di specifiche concrezioni; attraverso la ristrutturazione di queste concrezioni una qualsiasi sostanza può essere trasformata in un'altra. È questa una linea di ricerca radicalmente diversa da quella magi-

³ La filosofia meccanica o meccanicismo indica qualsiasi concezione del mondo che si prefigge lo scopo di spiegare i fenomeni naturali attraverso il moto dei corpi, dotati di caratteristiche meramente quantitative. La filosofia meccanica si esprime già nel pensiero antico ma raggiungerà un più articolato sviluppo solamente nel Seicento propugnando l'esistenza di rigorose leggi per la scienza e l'impossibilità di considerare «scientifiche» affermazioni che si richiamano all'esistenza di «anime» e «forze vitali». La realtà viene sempre ricondotta a una relazione di corpi e particelle materiali in movimento. La filosofia meccanica assumerà nel corso del Seicento e del Settecento varie forme.

co-alchemica, nella quale sono pur presenti i primi segni di una trattazione scientifica dei processi chimici. Alcuni elementi della teoria di Boyle verranno poi ripresi e interpretati in forme nuove anche alla luce delle scoperte scientifiche dei secoli successivi.

Agli inizi del Settecento la chimica è un insieme di diversi e contrastanti approcci al mondo chimico con richiami a diverse tradizioni di filosofia naturale spesso compresenti nello stesso autore. Come avviene nelle fasi prescientifiche che preparano la nascita di un nuovo settore disciplinare nell'ambito della scienza moderna, anche nella chimica, per gran parte del Settecento, predomina l'attività di classificazione e descrizione con la proliferazione di tavole chimiche. Queste tavole vengono di volta in volta denominate tavole di affinità, di rapporti, di affinità elettive, di combinazioni, termini che indicano le diverse concezioni della dinamica chimica che ispirano i diversi estensori. L'intento delle tavole è offrire una descrizione delle varie sostanze, distribuite e ordinate secondo la «forza» con la quale tendono a combinarsi con una particolare sostanza assunta come principale, e anche per questo il loro uso non sarà mai preciso. D'altra parte le tavole offrono anche la testimonianza di un'esigenza crescente di elaborare una notazione simbolica in grado di identificare in maniera universale e unica gli elementi che si vanno via via scoprendo. Tra il 1718 e il 1790 fanno la loro comparsa almeno diciotto tavole diverse. La prima è quella proposta da Étienne-François Geoffroy, docente del Collegio medico di Parigi, nel 1718 all'Accademia reale delle scienze di Parigi. In essa alcune sostanze sono indicate mediante gli antichi simboli alchemici, simboli che hanno perso ora ogni connotato mistico, impiegati unicamente allo scopo di denotare in modo conciso le varie sostanze chimiche. Per quanto riguarda i metalli, vengono conservati i simboli alchemico-astrologici dei pianeti mentre vengono introdotte nuove simbologie per rappresentare acidi, alcali e sali. La tavola chimica di Geoffroy costituirà un modello fondamentale per tutte le successive tavole chimiche. Sostanziali cambiamenti nella rappresentazione e nell'organizzazione delle sostanze si avranno solamente nella seconda metà del Settecento, quando l'idea di sintetizzare in tabelle tutte le reazioni al tempo conosciute inizierà a imporsi nella comunità chimica.

Tra la fine del Seicento e i primi decenni del Settecento le difficoltà incontrate dall'approccio meccanicistico nello stabilire relazioni definite tra dati sensibili e «corpuscoli» impercettibili contribuiranno a diffondere un certo scetticismo sulla possibilità di individuare i costituenti ultimi della materia. In questa fase le ipotesi propuginate dai singoli

studiosi di chimica mescolano spesso un ritorno ai *principia* della tradizione antica (fuoco, aria, acqua, terra) con un utilizzo, più o meno coerente, di nozioni meccaniche legate alla presunta esistenza di particelle e strutture particellari.

La figura che ben rappresenta questa fase è quella di Georg Ernst Stahl, medico e chimico tedesco, i cui contributi saranno particolarmente influenti negli sviluppi della chimica del Settecento. Stahl, come nota Ferdinando Abbri, ammette una distinzione netta tra anima e corpo, e tra vivente e non vivente; per lui i movimenti meccanici sono meri strumenti dei quali si serve l'anima (che agisce in modo finalistico) per produrre effetti vitali.

La sua visione della fisiologia è decisamente animistica: i meccanismi fisiologici sono subordinati all'azione di un agente immateriale, e la cosiddetta *mixtio* (composizione) di un corpo è diversa dalla sua vita. Ribadendo tuttavia l'idea che la chimica deve costituirsi come scienza autonoma, Stahl polemizza tanto con i meccanicisti e riduzionisti quanto con gli alchimisti paracelsiani. Per Stahl infatti l'uso principale della chimica non è quello in ambito farmacologico. La chimica deve piuttosto trovare applicazione nei campi della mineralogia, della metallurgia, della distillazione per la produzione di liquidi per la fermentazione e della fabbricazione del vetro.

Egli inoltre non abbandona del tutto la visione atomistica della materia: usa i movimenti particellari in modo simile alle teorie fluidistiche, da un lato, o alle teorie emmissive dall'altro; tuttavia ritiene gli atomi incapaci di fornire una spiegazione della varietà delle sostanze e dei processi chimici.

La critica dei limiti dell'approccio meccanicistico spinge Stahl a ritornare ai principi-elementi (intesi come portatori materiali di qualità) propri della tradizione essenzialistica. Tuttavia, come osserva Abbri: «Questo suo recupero non costituì, storicamente, un regresso, una nostalgica reintroduzione di concetti ormai abbandonati».

All'origine della concezione di Stahl stanno i contributi del medico tedesco Johann Joachim Becher, in particolare l'opera *Actorum Laboratorii chymici Monacensis* (1669), di cui Stahl curò la riedizione del 1703 con il titolo *Physica subterranea*. Becher si era occupato attivamente di alchimia, di teoria linguistica e di chimica, e la sua opera risentiva degli influssi della filosofia chimica paracelsiana, come dimostrano alcuni elementi in essa ricorrenti. Secondo Becher i corpi sono costituiti solo da terra e acqua. Per quanto riguarda la terra, Becher la suddivide in tre principi-elementi associati a qualità specifiche: la «terra vitrescibile» (as-

sociata alla fusibilità e trasparenza); la «terra pingue» (portatrice di colore, odore, oleicità, infiammabilità); la «terra fluida» (associata alla malleabilità). Alla terra pingue, non a caso, Becher dà il nome di «zolfo flogistòs»: ogni corpo infiammabile doveva contenerla.

Stahl vede proprio nella teoria di Becher una teoria che permette di rendere la chimica autonoma dalla medicina e dal meccanicismo dei fisici. Concentrando la sua attenzione sulla terra pingue, egli individua nel *flogisto* il principio adatto al movimento igneo. Ma non basta il contenuto di flogisto per interpretare il processo di combustione: una sostanza brucia se contiene flogisto ed è posta in contatto con un'altra sostanza che può riceverlo. In altre parole, nella combustione è sempre necessario un mezzo, identificato con l'aria, nel quale possano passare le particelle del flogisto: al loro passaggio si crea un movimento, cioè il calore, e si produce il fuoco.

Uno dei risultati più importanti ottenuti da Stahl è quello di formulare una prima teoria della combustione, interpretata come liberazione di flogisto, associata al processo di calcinazione-riduzione. Calcinare un metallo, per la chimica del Seicento, significa privarlo delle sue note qualità. Per spiegare questo fatto erano state introdotte varie ipotesi, ma il processo inverso di restituzione delle qualità rimaneva difficile da comprendere. Nella teoria di Stahl un metallo, inteso come composto da terra e flogisto, sottoposto a combustione viene privato del flogisto che si disperde nell'aria, trasformandosi in calce. Il processo inverso avviene quando la calce viene sottoposta alla combustione del carbone: è il flogisto del carbone che passando nella calce metallica consente il recupero delle qualità originarie. Come osserva ancora Abbri: «è la prima volta che calcinazione, combustione e riduzione vengono considerati come processi interconnessi».

La teoria di Stahl avrà larga eco nel resto d'Europa dando luogo, anche sulla base di nuove evidenze, a una proliferazione di teorie che si richiamano al flogisto. Gli sviluppi settecenteschi della chimica tuttavia non sono influenzati solo dalle idee di Stahl ma anche da alcune idee provenienti da Newton. Newton oscillò tra spiegazioni simili a quelle di Boyle e nuove spiegazioni che non sempre rientravano nel quadro teorico del meccanicismo. Quel che è certo è che nelle *Queries* con cui si chiude l'*Opticks*, in particolare la n. 31 dell'edizione del 1718, Newton espone la sua idea di forze attrattive e repulsive tra gli atomi: non più quindi una spiegazione basata sulle forme e strutture degli atomi, come quella di Boyle, ma un primo abbozzo del ruolo delle forze interatomiche nella chimica. Come osserva ancora Abbri: «l'impatto del-

le idee “newtoniane” sulla chimica continentale dette vita ad una gamma impressionante di posizioni diverse che non sono certamente riassumibili nella formula newtoniani-antinewtoniani». Si possono riassumere schematicamente le reazioni alle idee newtoniane nel modo seguente. I meccanicisti cartesiani rifiutano nettamente le forze particellari, considerandole, alla stregua della forza gravitazionale, un richiamo a proprietà «occulte» di matrice filosofica sospetta. I flogististi, al contrario, assumono un’ampia varietà di posizioni. Queste vanno dal rifiuto delle forze, con il mantenimento delle qualità stahliane, alla loro accettazione come conferma delle idee essenzialistiche di Stahl (le forze sarebbero in questo senso proprietà inerenti alla materia), fino a interpretazioni chiaramente newtoniane nelle quali le forze sono effetti osservabili le cui cause sono ancora ignote.

È in questo contesto che si inserisce un nuovo settore di ricerca che riguarda la chimica dell’aria, o chimica pneumatica. Nelle concezioni chimiche del Seicento e dei primi decenni del Settecento la convinzione diffusa era quella che vedeva l’aria come strumento fisico del mutamento e non come elemento chimicamente attivo che potesse legarsi con solidi e liquidi. Stahl aveva rafforzato questa convinzione ponendo appunto l’aria tra gli strumenti del mutamento. Questa concezione viene di fatto falsificata da una serie di ricerche che iniziano in Gran Bretagna alla fine degli anni venti del Settecento. Innanzi tutto, si dimostra che l’aria può unirsi ai solidi (fissarsi) perdendo le sue proprietà (elasticità), salvo poi recuperarle non appena viene liberata. In seguito, si dimostra che l’aria non è formata da un solo elemento ma da più elementi e che «arie» vengono prodotte nei processi di fermentazione o nell’azione di reagenti su sostanze organiche e inorganiche. Si scopriranno così, tra gli anni cinquanta e settanta del Settecento, quelli che modernamente chiamiamo anidride carbonica, idrogeno, azoto, ossigeno.

Dalla chimica pneumatica prende le mosse l’opera di Lavoisier, a cui si deve la decisiva svolta che porta alla chimica moderna. Da un punto di vista metodologico, il momento centrale di questa svolta è rappresentato dall’applicazione sistematica della bilancia non solo ai solidi e ai liquidi, ma anche ai gas. Proprio l’uso della bilancia permette a Lavoisier di scoprire nel novembre del 1772 che lo zolfo sottoposto a combustione aumenta di peso e si converte in «acido vitriolico» (oggi chiamato acido solforico): l’aumento ponderale è legato all’assorbimento di grandi quantità di aria fissa (oggi chiamata anidride carbonica). Questa scoperta è prima di tutto in contrasto con le concezioni stahliane che vedevano la trasformazione di zolfo e fosforo in acidi per

perdita di flogisto, e quindi con perdita di peso. Quindi zolfo e fosforo non sono corpi misti che si scompongono, ma principi o elementi semplici che si combinano con l'aria. Questa conclusione di Lavoisier apre la strada all'introduzione degli elementi chimici moderni.

Qui di seguito ripercorriamo brevemente alcune tappe dei rivoluzionari contributi di Lavoisier. Partiamo dal 12 novembre 1777, quando Lavoisier legge all'Accadémie la sua «Memoria» sulla combustione. In essa sono espresse due idee fondamentali: 1) la combinazione di un'aria particolare con i corpi sottoposti a combustione; 2) la proposta dell'esistenza di un fluido igneo imponderabile, a differenza del flogisto, che esiste sia allo stato libero sia combinato con i corpi. La teoria del fluido igneo imponderabile costituirà oggetto continuo di ricerca e riflessione da parte dello stesso Lavoisier e di molti altri scienziati tra cui Laplace, e sfocerà nella concezione quantitativa del *calorico*, nozione centrale negli sviluppi della fisica dei fenomeni termici fino alla metà dell'Ottocento. Ogni cambiamento di temperatura, sostiene Lavoisier, corrisponde a un mutamento della composizione in fluido igneo, che da libero si combina con i corpi o da combinato si libera. Su questa base si può dare una spiegazione dei *tre stati* – non più classi – *della materia* (solido, liquido e aeriforme). I gas, e quindi l'aria, sono formati da elementi specifici combinati con una grande quantità di fluido igneo che spiega il loro stato aeriforme. La proposta di Lavoisier è quindi opposta a quella di Stahl non solo perché la combustione e calcinazione sono il risultato di una combinazione con l'aria e non della liberazione di flogisto, ma anche perché la fonte del calore non è situata nel corpo ma nell'aria.

La seconda tappa su cui ci soffermiamo riguarda la scoperta, fatta intorno al 1874 da Cavendish e in modo più accurato da Lavoisier, che l'acqua è costituita da due arie, oggi note come idrogeno e ossigeno. La scoperta della natura composta dell'acqua segna non solo la fine di una concezione antichissima, ma costituisce anche la base fondamentale per l'affermarsi della chimica antiflogistica, la nuova chimica. Nel febbraio del 1785 Lavoisier ripete gli esperimenti sulla natura composta dell'acqua alla presenza di scienziati di vari ambiti. Il verbale di questa riunione viene pubblicato nel primo numero del «Journal Polytype», dove nella conclusione si sottolinea l'importanza del metodo sperimentale quantitativo proprio della fisica per l'affermazione della nuova chimica come scienza rigorosa. La chimica, scrive Lavoisier nel suo testo, «separata per lungo tempo da tutte le altre, ha creduto di poter fare a meno dei pesi e delle misure ai quali la fisica generale è debitrice delle sue scoperte più belle». Basandosi solo su risultati ottenuti da qualche «vago

rapporto tra certe proprietà [come odori, sapori, colori] dei costituenti rispetto a quelle del composto» non riusciva a ottenere «rapporti suscettibili di precisione». E conclude: «È necessario ricorrere a mezzi meno ingannevoli, cioè alla determinazione del volume e del peso di ciascuna parte costituente del corpo del quale si indaga la natura, e alla comparazione di questi volumi e pesi tra loro e con quelli dei corpi stessi. Questi strumenti sono i soli in grado di svelare i principi delle sostanze naturali; perciò si dovrebbe esigere dai chimici il loro uso rigoroso in tutte le esperienze».

Nel Seicento e per gran parte del Settecento la terminologia chimica in uso risente ancora di una mancanza di riferimento alla composizione delle sostanze. In questo senso l'ultima tappa di quella che è stata chiamata «rivoluzione chimica» riguarda proprio l'introduzione di un linguaggio idoneo al nuovo settore della scienza. Nel 1787 Lavoisier, Fourcroy e Berthollet introducono la nuova nomenclatura. I principali gas vengono denominati ossigeno (principio degli acidi), idrogeno (costituente dell'acqua) e azoto (a-zoe, che non sostiene la vita). Per gli acidi vengono introdotti i suffissi «ico» e «oso» e per i sali i suffissi «ato» e «ito», mentre i sali vengono designati con le forme «solfato di...», «nitrato di...». Le calci metalliche assumono i nomi di «ossidi». Come vedremo nella prossima sezione, la riforma realizzata da Linneo nella seconda metà del Settecento della nomenclatura botanica aveva creato un antecedente scientifico di grande rilievo per la chimica. L'attenzione al linguaggio e la formazione di neologismi atti a esprimere nuovi settori della scienza si ritroveranno anche in seguito; basti pensare ai contributi di Michael Faraday nell'ambito dell'elettromagnetismo e a quelli di Rudolf Clausius nell'ambito della termodinamica.

Nella grandiosa opera lavoisieriana *Traité Élémentaire de Chimie* (1789) si realizza una esposizione manualistica e codificata della disciplina. Sono enunciati qui i concetti fondamentali della chimica moderna e il noto principio di conservazione della massa, che da sempre guida l'attività sperimentale di Lavoisier.

La chimica all'Università di Padova

Nel Settecento la Repubblica di Venezia darà un forte impulso allo sviluppo della chimica come scienza autonoma, anche se fino alla metà del secolo, come osservato, il suo insegnamento si svolgerà esclusivamente all'interno di quello di altre materie, quali la botanica, la medicina teorica e pratica, la filosofia naturale e la farmacia. Vale la pena notare che la prima cattedra di chimica medica e farmaceutica d'Europa

viene istituita nel 1609 a Marburg, in Germania. Per quanto riguarda l'Italia, le prime cattedre di chimica saranno quelle di Bologna (dal 1714) presso l'Istituto di scienze, e di Napoli (dal 1734), dove però la chimica viene ancora insegnata unitamente alla botanica.

Venendo a Padova, già nel 1715 Scipione Maffei, nel suo *Ricordo per la riforma dello Studio*, al quale abbiamo già più volte fatto riferimento, propone ai Riformatori l'istituzione di una cattedra esclusivamente dedicata alla chimica: «manca ancora un professore di Chimica che se si aggiungesse insieme un laboratorio, molto illustrerebbe quest'Università». Tale proposta è ben accolta dalla Repubblica di Venezia, per almeno due motivi. Il primo riguarda il riconoscimento dell'importanza delle scienze chimiche in relazione alla loro applicazione concreta nel settore dell'estrazione mineraria. Il secondo motivo concerne le possibili applicazioni in ambito militare: infatti il primo professore di chimica dello Studio raggiungerà importanti traguardi nel campo della tecnologia militare, quali il metodo di fusione della ghisa per la fabbricazione di cannoni e la realizzazione di una carta combustibile a uso dell'artiglieria.

Sebbene istituita nel 1726, la cattedra di chimica non verrà attivata prima del 1759, anno in cui verrà chiamato a ricoprirla Marco Carburì, che sarà quindi il primo professore di chimica dell'Università di Padova. Immediatamente dopo la sua nomina, Carburì viene inviato dalla Serenissima ad Agordo, in provincia di Belluno, per studiare lo stato delle miniere di rame. Al fine di migliorarne la produzione, compirà un lungo viaggio di istruzione presso molte miniere europee, in particolare quelle ungheresi, tedesche, danesi e svedesi, con lo scopo di studiare le tecniche estrattive e i processi di lavorazione. È così che Carburì entra in contatto con l'importante tradizione dell'applicazione della chimica all'estrazione dei minerali. Avendo accumulato vaste esperienze durante il suo soggiorno all'estero, Carburì tornerà dopo sette anni in patria, dove proporrà alla Serenissima alcuni accorgimenti e tecnologie innovative per aumentare la produttività delle miniere agordine.

L'attività didattica di Carburì inizierà di fatto al suo ritorno, nell'anno accademico 1767-68. Sul modello delle altre cattedre istituite in Europa, le sue lezioni saranno presto corredate da esperimenti. Nel suo corso, di durata triennale, Carburì insegna «chimica dei fossili, dei vegetali e degli animali». Parallelamente, nei primi anni di insegnamento, si impegna nella realizzazione del laboratorio di chimica. L'attività di allestimento gli costa immensa fatica: Carburì lamenta tra l'altro di non riuscire a trovare il materiale di cui necessita in nessuna farmacia di Pa-

dova. Nonostante le iniziali fatiche, l'impresa verrà portata a termine con successo, e nell'anno accademico 1772-73 si annuncia che le lezioni di chimica verranno tenute in «Publico Elaboratorio». Questo suo laboratorio servirà da modello per la costruzione di altri gabinetti di chimica in tutta Italia. Inizialmente il laboratorio e l'abitazione del Carburì si trovano nel medesimo edificio, il Palazzo Treves, precedente abitazione di Giovanni Poleni. La chimica insegnata da Carburì è quella del flogisto, essendo egli stesso un fervente seguace della teoria di Stahl. Confonde ancora il monossido di carbonio con l'idrogeno e non dimostra la minima apertura alla scuola chimica francese, che in quegli stessi anni sta prendendo piede in tutta Europa. Vedremo che l'atteggiamento di Carburì, per tutta la vita acceso oppositore delle teorie lavoisieriane, spingerà alcuni suoi studenti a dedicarsi in segreto alla riproduzione degli esperimenti di Lavoisier al fine di dimostrarne la validità.

Con la diffusione dell'opera di Lavoisier, i chimici italiani si dividono in due opposti orientamenti: ci sarà infatti chi accoglierà favorevolmente le nuove teorie e chi invece si dichiarerà da subito profondo oppositore delle stesse, mantenendosi fedele alla teoria del flogisto di matrice stahliana, come nel caso di Carburì. Per quanto riguarda il primo gruppo, emblematica è in Veneto la presenza di Vincenzo Dandolo, sulla cui figura, seppur esterna al mondo accademico, vale la pena soffermarsi brevemente. Dandolo traduce in italiano il *Traité* di Lavoisier nel 1791 e altri classici antiflogistici; pubblica poi nel 1795 un manuale sulla nuova chimica, punto di riferimento per la diffusione delle nuove idee nel Veneto e in Italia. Dandolo sarà infatti il principale divulgatore in Italia delle teorie di Lavoisier, che esporrà pubblicamente presso una prestigiosissima sede, il Teatro della Fenice a Venezia. Farmacista e scienziato, manifesta, come si evince dalle note nelle sue traduzioni, la speranza che la nuova chimica possa migliorare l'esistenza degli uomini prevenendo carestie e offrendo cure per le malattie.

Con le sue traduzioni Dandolo non si limita a diffondere le idee di Lavoisier ma ne rende più esplicito il contenuto. Significativo è il seguente passo tratto dal suo *Trattato elementare di chimica* pubblicato nel 1791: «Gli Elementi di Chimica di questo grand'uomo, che vi porgo dal francese recati nell'italiano idioma vi faranno comprendere quanto l'ordine, la deduzione, il discernimento, il genio, l'originalità ed il sapere tratto lo distinguano, sotto un aspetto nuovo e di scienza vera, da tutti quelli che conosciamo di questo genere». Anche Dandolo è, al pari di Lavoisier e della sua cerchia, ben consapevole dell'impossibilità di isolare la nomenclatura dalla scienza, e propugna la necessità di un

nuovo linguaggio per una nuova chimica. E, sulla scia dei lavoisieriani, farà propri i principi della filosofia del linguaggio di Étienne Bonnot de Condillac, secondo cui «noi pensiamo solo con l'aiuto delle parole; le lingue sono veri metodi analitici; l'arte di ragionare si riduce a una lingua ben fatta».

Vincenzo Dandolo riceve a Venezia la visita, tra gli altri, di Alessandro Volta. Tra gli estimatori locali di Dandolo vi è il giovane naturalista di Chioggia Giuseppe Olivi, di cui parleremo nella prossima sezione, spinto da una forte curiosità per le sue traduzioni essendo egli stesso sostenitore delle teorie del chimico francese. L'opera di Dandolo avrà un'ampia eco anche a Padova, dove si contrappongono le idee portate avanti in ambito accademico da Carburi e quelle di un gruppo di giovani studiosi di varia estrazione sostenitori della nuova chimica, i cosiddetti *filochimici*. Nel 1792 viene istituita infatti dal conte Nicolò da Rio la Società dei filochimici. Da Rio aveva maturato i suoi interessi per la chimica prima di tutto per approfondire le sue ricerche in ambito mineralogico e geologico, testimoniate tra l'altro dalla sua collezione di rocce minerali e fossili ora conservata presso il Museo di Cava Bomba a Cinto Euganeo. Il fine ultimo della Società è quello di replicare in segreto gli esperimenti di Lavoisier. Viene designato presidente dell'associazione Giovanni Antonio Dalla Bella, già assistente di Poleni presso la cattedra di filosofia sperimentale, che condivide le responsabilità direttive con Giambattista Polcastro e lo stesso da Rio. Alcuni strumenti messi a punto da Giambattista Polcastro sono ora conservati presso il Museo Giovanni Poleni dell'Università: infatti alcuni anni dopo la morte di Polcastro, avvenuta nel 1813, il fratello Gerolamo, per onorarne il ricordo, farà dono all'Università di una serie di apparecchiature da lui inventate che verranno ripartite tra i laboratori di fisica e di chimica. Il laboratorio dei filochimici avrà vita fino alla caduta della Serenissima.

Il dibattito sulla validità della concezione antiflogistica continuerà sino agli inizi dell'Ottocento. Vedremo nel paragrafo dedicato alle scienze nell'Ottocento che il successore di Carburi, Girolamo Melandri Contessi, insegnerà secondo la dottrina lavoisieriana, nonostante la promessa fatta allo stesso Carburi di continuare l'insegnamento della chimica del flogisto.

Scienze naturali

La botanica è la prima tra tutte le branche della moderna biologia a costituirsi in forma autonoma già a partire dal Cinquecento. I fattori che permettono lo straordinario sviluppo di tale disciplina sono mol-

teplici. Come abbiamo già evidenziato in precedenza, anche la storia naturale trae beneficio dalla riscoperta e dall'esegesi dei testi classici: la volgarizzazione e il commento critico di testi di ambito medico e botanico garantiscono una maggiore e più rapida diffusione delle conoscenze in tali settori del sapere. Con l'esplorazione di nuove terre giungono poi descrizioni di esemplari di piante e di animali mai visti, che presto diventano oggetto di ricerche e di studi approfonditi.

La botanica nasce come ancella della farmacopea e della medicina, e sarà proprio questo legame con la medicina, insieme alla maggiore facilità di osservazione, di raccolta e di conservazione, a favorirne un maggiore sviluppo rispetto alla zoologia. I cataloghi dei «semplici», le raccolte di piante degli orti botanici e gli erbari nascono in relazione alla necessità di identificare una determinata pianta in modo univoco conoscendone i principi medicinali e farmacologici.

È doverosa a questo punto una precisazione sul significato del termine «erbario». Nel suo significato originario con erbari si intendono le opere manoscritte sulle piante medicinali, corredate da illustrazioni. Sarà proprio l'illustrazione la protagonista della neonata scienza botanica, ancora sprovvista di una sistematica e univoca nomenclatura. Fino alla fine del Quattrocento si trovano negli erbari riproduzione di piante e fiori dalle fattezze antropomorfe e comunque molto stilizzati, tanto da rendere spesso difficile l'identificazione esatta della pianta. Sarà solo con l'istituzione dei primi orti botanici (primi in Italia quello di Pisa, nel 1543-44, e di Padova, nel 1545), la maggior parte dei quali sorge non a caso nelle vicinanze di scuole di medicina, che le piante cominceranno a essere studiate «dal vivo». Da questo momento gli erbari iniziano a contenere immagini scientificamente più accurate, sebbene non ancora del tutto scvre da raffigurazioni mitiche prelevate direttamente dai bestiari medievali, e lo saranno sempre di più in seguito all'utilizzo e al perfezionamento del microscopio. Il microscopio è uno dei manufatti più importanti per il progresso delle scienze nel Seicento, strumento che svolge nelle scienze biologiche lo stesso ruolo del cannocchiale nel campo delle scienze astronomiche. Sarà proprio Galileo nel 1624 a donare a Federico Cesi, fondatore dell'Accademia dei Lincei, un «occhialino» per «vedere da vicino le cose minime». A questo strumento verrà attribuito il nome di *microscopio* dagli accademici lincei, come si evince da una lettera di Giovanni Faber a Federico Cesi del 13 aprile 1625.

Grazie inoltre ai progressi compiuti nel campo delle scienze chimiche, che consentiranno una migliore conservazione delle piante, inizieranno a diffondersi, tra Settecento e Ottocento, i primi erbari,

intesi nella moderna accezione del termine come collezione di piante che, fatte essiccare in modo opportuno, si possono conservare a lungo a scopo di studio.

Nel corso del XVII e del XVIII secolo vengono scoperte così tante nuove specie vegetali e animali da richiedere la costruzione di un sistema di classificazione scientifica del mondo naturale. Prima di parlare della magistrale opera di classificazione di Linneo, che investirà e rivoluzionerà tutto il regno delle scienze naturali, dalle scienze della vita alle scienze della Terra, vale la pena fare alcune brevi osservazioni sui principali dibattiti che riguardano il campo della cosmologia e di quella che oggi chiamiamo «geologia».

L'idea dominante in Europa ancora nel Settecento è che l'universo sia stato creato con un unico atto che secondo l'esegesi biblica dell'epoca era avvenuto circa seimila anni prima, rimanendo poi essenzialmente uguale a sé stesso. La filosofia naturale quindi si occupa del mondo come è, le cui leggi sono state stabilite una volta per tutte *ab initio*. In questo contesto i diversi settori della storia naturale, e cioè la storia dell'universo, la storia della Terra e la storia degli esseri viventi, non rientrano nei perimetri della scienza. Sebbene già tra Cinquecento e Seicento questa idea manifestasse alcune incrinature, è nella seconda metà del Settecento che si va consolidando tutta una serie di congetture ed evidenze, provenienti prima di tutto dalla cosmologia e dalla geologia, incompatibili col racconto di una creazione unica e fissa: la storia naturale, in tutte le sue articolazioni, inizia a diventare un settore della nuova scienza.

Per quanto riguarda la cosmologia, alcune importanti conclusioni sono ben sintetizzate da quanto sostiene Kant nella sua opera giovanile *Storia generale della natura e teoria del cielo* (1755). In essa si afferma che l'universo nel suo insieme si è evoluto: il moto vorticoso dell'iniziale caotica nebulosa universale⁴ ha dato progressivamente origine ai soli e ai pianeti, alle galassie. Sulle congetture kantiane lavoreranno in molti e in particolare Laplace: dal mondo statico si passa a quello dinamico, in costante evoluzione, governato essenzialmente dalle sue leggi, la cui scala temporale si amplia enormemente rispetto a quella della tradizione. Se la cosmologia, come settore della scienza nuova che studia

⁴ L'ipotesi nebulari, già enunciata da Kant, sarà introdotta definitivamente da Laplace. Suggestisce che il Sole e i pianeti che gli orbitano attorno abbiano tratto origine tutti da una stessa nebulosa primordiale, simile alle «nebulose che ci mostra il telescopio», che hanno una zona centrale più luminosa. In questo senso, secondo Laplace il sistema solare nel suo stadio primitivo sarebbe una massa di gas in rotazione che, sotto l'azione della forza gravitazionale, avrebbe portato per aggregazioni successive alla nascita di una stella al centro e alla formazione di pianeti e lune circostanti.

la storia dell'universo, nascerà solo nei primi decenni del XX secolo, le sue radici vanno tuttavia ricercate proprio nel Settecento.

In quella che oggi chiamiamo geologia, i cambiamenti sono probabilmente più significativi di quelli avvenuti all'epoca nella cosmologia, perché basati su evidenze misurabili e non solo su congetture e modelli. È infatti a partire dal Seicento e in particolare nel corso del Settecento che gli studiosi della natura iniziano a osservare e quantificare i costanti cambiamenti cui la superficie terrestre è stata, e continua a essere, sottoposta. È da questi studi che tra la fine del Settecento e i primi decenni dell'Ottocento nasce la geologia come scienza autonoma con un compito di carattere storico: ricostruire la serie di eventi che hanno avuto luogo sulla Terra nel corso del tempo.

Molti sono i fatti che già all'epoca avvalorano l'idea che la Terra abbia una storia e che questa possa rientrare nell'alveo della scienza, ma su tre in particolare si concentra inizialmente l'attenzione dei naturalisti. Il primo riguarda la scoperta di vulcani spenti, innanzitutto nella Francia centrale, nel distretto del Puy-de-Dôme: siccome il basalto è un'antica lava, allora strati estesi e profondi di basalto devono avere origini antiche, ben al di là dei seimila anni della tradizione. Il secondo fatto è la scoperta che molti strati geologici sono costituiti da depositi sedimentari la cui profondità può raggiungere le migliaia di metri: una stratificazione di queste dimensioni può essersi formata solo in un enorme lasso di tempo. Non solo, ci si accorge che né gli strati vulcanici, né quelli sedimentari sono rimasti intatti: erosioni, piegamenti, veri e propri capovolgimenti sono avvenuti e dimostrano le mutazioni a cui la Terra è stata soggetta in tempi inevitabilmente molto lunghi. Non è un caso, sia detto per inciso, che sulle basi di questi due fatti uno dei dibattiti centrali nella storia della geologia tra fine Settecento e inizio Ottocento sia animato dal confronto tra «vulcanisti» o «plutonisti», da un lato, e «netunisti» dall'altro: i primi attribuiscono il ruolo primario di agente geologico al fuoco, mentre i secondi lo attribuiscono all'acqua.

Accanto a questi due fatti ce ne è un terzo, non meno significativo, che riguarda l'interpretazione dei fossili, e che collega la riflessione sulla storia della Terra a quella sulla storia naturale. I fossili erano già noti dall'antichità, ma la questione della loro interpretazione diventa particolarmente vivace tra il XVI e il XVII secolo. All'inizio del Settecento finiscono per prevalere due contrapposte interpretazioni. La prima considera i fossili semplicemente come pietre speciali, singolari, rispetto alle pietre che si trovano comunemente. La seconda interpretazione invece vede i fossili come resti di organismi vissuti nel passato. Una

volta accettata questa seconda interpretazione, l'esegesi biblica dell'epoca portava a vedere i fossili come vestigia di creature morte durante il diluvio universale. Una visione, quest'ultima, che entrò tuttavia in crisi quando si scoprirono resti di piante e animali sconosciuti. Se dunque i fossili erano davvero di origine organica, era inevitabile ipotizzare l'estinzione di alcune specie viventi. L'ipotesi dell'estinzione non entrava in diretto contrasto col racconto biblico, ma con una concezione particolarmente diffusa nel Settecento, quella della *scala naturae* o «grande catena dell'essere». In virtù di questa concezione tutte le specie viventi sono distribuite in una serie continua e lineare, dalla più semplice alla più complessa e sono fisse, cioè non subiscono variazioni nel corso del tempo. L'idea della «grande catena dell'essere» è ispirata, da una parte, dai principi di pienezza e continuità che hanno le loro radici nel pensiero platonico, e dall'altra dall'ordinamento gerarchico suggerito da Aristotele. Questa idea, con aggiornamenti e aggiunte, viene riproposta in particolare da Leibniz tra il 1697 e il 1707, e nei decenni successivi viene accolta, tra gli altri, da Antonio Vallisneri e dal naturalista ginevrino Charles Bonnet. In questo quadro l'estinzione di creature è impensabile perché implicherebbe la violazione del principio di pienezza con il riconoscimento di una creazione imperfetta. Non ci dilunghiamo oltre su questo tema che richiederebbe ben altro spazio per essere trattato. Ci limitiamo solo a notare che l'idea della grande catena dell'essere, fatta di infiniti gradini che sfumano l'uno nell'altro, in realtà è in contrasto con la stessa possibilità di una classificazione. Tuttavia sia il progressivo arricchirsi delle conoscenze di nuove specie viventi, sia la scoperta nei fossili di specie diverse probabilmente estinte finirà per far nascere l'esigenza sempre più viva di introdurre un linguaggio specifico per poter classificare gli oggetti di studio.

La figura cardine della storia naturale nell'ambito della classificazione è il naturalista svedese Carlo Linneo, al quale va riconosciuto il merito di aver messo in relazione, per la prima volta, una teoria della natura con una adeguata teoria del linguaggio. Egli dà vita a uno schema tassonomico suddiviso in cinque categorie: specie, genere, varietà, ordine e classe. Saranno però in particolare le prime due categorie ad assumere un ruolo privilegiato nella sua trattazione, come si evince dalle sue stesse parole: «la specie e il genere sono sempre opera della natura; la varietà è opera della coltivazione; la classe e l'ordine della natura e dell'arte». Intorno alla metà del Settecento Linneo introduce infatti la nomenclatura binomiale, applicata a piante e animali, secondo la quale ogni soggetto viene indicato con due nomi latini, il primo riferito

al genere e il secondo riferito alla specie. Sebbene il lavoro di Linneo non sarà esente da critiche da parte di insigni naturalisti, esso rivoluzionerà il modo di condurre ricerche nel campo delle scienze naturali e aprirà la strada al fondamentale dibattito sull'evoluzione, di cui meglio parleremo più avanti.

Come abbiamo osservato, dalla metà del Settecento la storia naturale, e in particolare la storia della Terra e degli esseri viventi che la popolano, comincia a delinarsi come nuovo settore scientifico, e su questa base viene elaborata una vasta congerie di modelli teorici. Due in particolare saranno i modelli di riferimento: l'«uniformismo», che vede la storia naturale caratterizzata da processi lenti e uniformi; il «catastrofismo», che vede la storia naturale scandita da violente catastrofi, accompagnate da drastici salti qualitativi. Sullo sfondo di queste posizioni, come osserva Ernst Mayr, sta la contrapposizione tra tesi deiste che sostengono che Dio abbia creato inizialmente il mondo con le sue leggi lasciandolo poi a sé stesso, e tesi teiste che invece sostengono che Dio intervenga più o meno di frequente nei fenomeni naturali (per esempio con il diluvio universale).

Vale la pena a questo proposito citare i contributi di Georges-Louis Leclerc, conte di Buffon, le cui teorie influenzeranno le successive generazioni di naturalisti. Tutti i suoi risultati nel campo della storia naturale sono raccolti nell'opera *Histoire naturelle, générale et particulière*, organizzata in trentasei volumi editi tra il 1749 e il 1789, di cui otto postumi. Mettiamo in evidenza in questa sede solo la sua proposta inerente ai tempi necessari alle trasformazioni della Terra. Le sue prime idee sulla teoria della Terra risalgono al 1749 quando, nella sua *Histoire et théorie de la Terre*, propone una teoria della formazione e graduale trasformazione delle terre emerse, fenomeno prima di tutto dovuto secondo lui all'azione della marea e dei moti ondosi di concerto con l'effetto della rotazione della Terra. In questo modo Buffon spiega la genesi delle catene montuose, la formazione di strati orizzontali di rocce sedimentarie e la presenza di forme fossili incastonate nella roccia. Seppure la sua teoria vada incontro a numerose critiche, essa però sottolinea l'idea che non esistono salti improvvisi dovuti a catastrofi nella storia della Terra, che invece in generale ha un andamento regolare: nei tempi lunghi della natura, con la lenta azione di molteplici fattori, tutto è destinato a mutare. Su questi tempi lunghi, con una prima quantificazione dell'età della Terra, Buffon ritornerà nelle redazioni manoscritte delle *Époques de la nature* contenute nella *Histoire naturelle*, azzardando l'indicazione di un tempo di almeno tre milioni di anni, in netto

contrasto con la credenza dell'epoca: si apre così la questione dell'«oscuro abisso del tempo». La diffusione della sua opera, che nel giro di pochi anni avrà numerose edizioni e traduzioni in tutta Europa, Italia compresa, aprirà la strada a ulteriori sviluppi e approfondimenti e all'elaborazione di nuove teorie, in cui l'idea del tempo farà parte a tutti gli effetti dell'idea di natura.

Negli stessi anni di Buffon opera in Italia il veronese Giovanni Arduino, i cui contributi sono sicuramente rilevanti nello sviluppo della geologia, e costituiscono tra l'altro il punto di partenza della moderna stratigrafia dell'Italia nord-orientale, dell'Appennino modenese e delle Colline Metallifere toscane. Ci soffermiamo brevemente su quest'ultimo contributo perché significativo nell'ambito degli sviluppi della storia della Terra. Basandosi essenzialmente su una caratterizzazione litologica, Arduino propone già nel 1760 una suddivisione stratigrafica in quattro ordini principali, dal più antico al più recente: primario, secondario, terziario e quaternario. Come osserva Ezio Vaccari: «secondo Arduino, i quattro ordini, considerati come “quattro grandissimi strati” sovrapposti uniformemente e composti internamente di tanti “strati minori”, si erano formati successivamente in “tempi” e “circostanze assai diverse”. [...] E più tardi avrebbe ribadito che i tempi di formazione di rocce e montagne non erano stati solo quattro come il numero dei suoi ordini, ma ben di più, distribuiti all'interno degli stessi ordini a seconda degli “effetti diversi” succedutisi sulla crosta terrestre a opera dell'azione alternata dell'acqua e del fuoco». Sulla fortuna e sui limiti dei contributi di Arduino, citiamo ancora Vaccari: «La classificazione litostratigrafica di Arduino avrà una buona diffusione europea nella comunità scientifica tardosettecentesca, e sarà spesso positivamente ricordata negli scritti storico-geologici pubblicati tra Ottocento e Novecento. Tuttavia essa non anticipa, nonostante l'evidente identità terminologica, l'attuale sistema di ere geologiche suddiviso in Primario-Paleozoico, Secondario-Mesozoico, Terziario-Cenozoico e Quaternario-Neozoico. Lo schema arduiniano [...] si limita infatti a un'accurata distinzione litologica, senza quindi prendere in considerazione gli aspetti climatici o biologici e soprattutto senza definire precise scansioni cronologiche».

A conclusione di questa introduzione sottolineiamo l'emergere e l'affermarsi nel Settecento delle prime proposte di una possibile «trasformazione» delle specie, che mettono ulteriormente in crisi la plurisecolare idea di una natura statica e sempre uguale a sé stessa. Il primo a elaborare una teoria evuzionistica coerente e sistematica è il naturalista Jean-Baptiste Lamarck. Anche se il naturalista francese si espri-

merà sempre in termini di «trasformazione», come rimarcano Barsanti e Vaccari, questo termine tuttavia può essere considerato a tutti gli effetti come un antenato del moderno «evoluzione». La complessità della sua opera non può in questa sede che essere abbozzata. Nel 1788, grazie a Buffon, Lamarck ottiene un posto di assistente al dipartimento botanico del Museo di storia naturale di Parigi, dove nel 1793, in concomitanza con la riorganizzazione delle istituzioni scientifiche francesi, viene nominato professore di zoologia «degli insetti, dei vermi e degli animali microscopici». È grazie a questa nuova carica che Lamarck inizia importanti lavori sulla sistematica di quelli che, dopo di lui, sono noti come invertebrati. Fino ad allora aveva aderito alle idee diffuse a quel tempo, un misto di deismo e riflessioni di matrice newtoniana e leibniziana: da Newton aveva ripreso l'idea di una natura governata da leggi che valevano sia per la natura inanimata sia per «i corpi organizzati»; da Leibniz la convinzione della pienezza e della continuità dell'universo. Probabilmente anche per risolvere le contraddizioni che emergono da questa miscela di diverse concezioni Lamarck sarà condotto all'introduzione dell'idea evoluzionistica.

La data della sua conversione all'evoluzionismo è ben documentata dai «discorsi di apertura» del suo corso al Museo di storia naturale, conservati e in parte pubblicati agli inizi del Novecento. Ancora nella prolusione del 1799 Lamarck parla di fissità delle specie e non fa nessun accenno alla possibilità dell'evoluzione, mentre in quella del 1800, stampata l'anno successivo come discorso d'apertura al trattato *Système des animaux sans vertèbres*, svela le idee base della sua teoria della trasformazione delle specie. Non è chiaro che cosa abbia spinto Lamarck a orientarsi verso l'evoluzione delle specie: sicuramente un fattore importante risiede nel suo rifiuto di ammetterne l'estinzione. Convinto che in natura regni l'uniformismo e non il catastrofismo, Lamarck ritiene che le cosiddette specie estinte non siano scomparse veramente ma si siano trasformate nelle specie attuali. Nella sua teoria Lamarck attribuisce all'ambiente un ruolo chiave. Le variazioni degli organismi sono infatti risposte a necessità dettate dall'ambiente: viene riconosciuto nell'adattamento il risultato diretto dell'interazione tra l'organismo e l'ambiente. Lamarck sostiene inoltre che con l'uso o con l'abitudine, ovvero con la ripetizione meccanica degli stessi atti, si possa potenziare o sviluppare un organo già esistente oppure se ne possa addirittura creare uno nuovo. Viceversa, il disuso porterebbe gli organi ad atrofizzarsi e in alcuni casi perfino a scomparire. Ogni variazione è quindi per Lamarck adattiva e può essere trasmessa ai discendenti. A questo proposito significa-

tivo è un brano contenuto nel suo *Système des animaux sans vertèbres*: «Non è la forma del corpo o delle sue parti che dà luogo alle abitudini, al modo di vivere degli animali ma, al contrario, sono le abitudini, il modo di vivere e tutte le circostanze influenti che, con il tempo, hanno prodotto la forma del corpo e delle parti degli animali. Con nuove forme, sono state acquisite nuove facoltà, e a poco a poco la Natura ha raggiunto la condizione in cui la troviamo adesso».

La concezione evoluzionistica di Lamarck verrà da lui precisata nella lezione inaugurale dell'anno successivo, data alle stampe nel 1802 come capitolo introduttivo delle *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, in cui tra l'altro per la prima volta viene introdotto il termine «biologia», utilizzato dal naturalista per indicare lo studio dell'origine, dell'organizzazione e degli sviluppi dei corpi viventi. È in questa lezione che Lamarck offre una sua prima spiegazione della diversità degli organismi viventi, problema diventato centrale per coloro che non credevano più in un mondo progettato e creato da Dio: la sua spiegazione dell'origine di nuove linee filetiche si basa sulla generazione spontanea. Lamarck conosce le ricerche condotte tra gli altri da Francesco Redi e Lazzaro Spallanzani, che avevano dimostrato che organismi complessi non potevano generarsi spontaneamente, e si oppone alle tesi contrarie, sostenute tra gli altri da Pierre-Louis Moreau de Maupertuis e Julien Offroy de La Mettrie, anche ammettendo condizioni di temperature elevate come quelle probabilmente presenti sulla Terra in ere passate. Tuttavia, ritiene che tra gli «infusori», cioè tra forme elementari di vita, «in natura si producano generazioni dirette o spontanee che si rinnovano incessantemente ogni volta che esistono condizioni favorevoli; cercheremo di dimostrare che è in questo che la natura acquisisce, in un enorme lasso di tempo, il potere di produrre indirettamente tutte le altre razze di animali a noi note. [...] La natura ha cominciato, e ricomincia ancora tutti i giorni, col formare i corpi organici più semplici: essa forma direttamente solo questi, cioè i primi abbozzi di organizzazione, che designiamo con il nome di generazioni spontanee». Lamarck perfezionerà e affinerà la sua proposta negli anni seguenti, dando vita a vivaci dibattiti da cui prenderanno le mosse, come vedremo, le ricerche di Charles Darwin.

Le scienze naturali all'Università di Padova

La botanica, come abbiamo detto, emerge come scienza autonoma già nel Cinquecento. La nostra trattazione pertanto prenderà le mosse da qui, e in particolare dall'istituzione dell'Orto botanico di Padova, il

primo orto botanico universitario giunto sino a noi ancora nella sua collocazione originaria.

Nel 1533 viene istituita a Padova la prima cattedra «ad lecturam Simplicium», affidata a Francesco Bonafede, nell'ambito della quale le lezioni sono in particolare incentrate sulla botanica applicata alla medicina. L'obiettivo principale infatti è quello di illustrare e facilitare il riconoscimento delle piante medicinali (i semplici), essenziali alla fiorente industria veneta di produzione di farmaci. Per questo Bonafede richiede nel 1543 ai Riformatori di istituire un giardino botanico universitario (inizialmente chiamato Horto medicinale, in seguito Horto dei semplici, e infine Orto botanico), nel quale avrebbe dovuto trovare posto anche una «spezieria». Il giardino botanico, che avrebbe permesso di supportare le lezioni di botanica con l'osservazione diretta delle specie vegetali, e la spezieria, che avrebbe permesso di vigilare contro le sofisticazioni facendo fede sulla qualità dei semplici, sono visti da Bonafede come insostituibili strumenti per la didattica, la ricerca e la tutela della salute pubblica. L'Orto botanico viene istituito con delibera del 29 giugno 1545 del Senato della Serenissima, e Francesco Bonafede ne assume la direzione. Se la spezieria non verrà realizzata, certo la fondazione dell'Orto botanico costituisce un evento di straordinaria importanza per lo sviluppo a Padova sia della farmacopea sia della botanica. Appena istituito, tuttavia, il Giardino dei semplici è soggetto a frequenti ruberie di piante, rendendo necessaria l'introduzione da parte della Repubblica Veneta di una figura atta a custodirlo, il cosiddetto «prefetto dell'Orto».

Il primo prefetto e custode dell'Orto patavino sarà Luigi Squalerno, detto Anguillara, chiamato in qualità di «erbaio e maestro dell'Orto medicinale» nell'agosto del 1546. La figura del prefetto subirà continui cambiamenti, adeguandosi al dinamismo che caratterizzerà l'evoluzione della botanica negli anni. La dedizione e la cura con cui i prefetti si dedicano alla manutenzione, all'arricchimento e alla custodia dell'Orto rimarrà comunque pressoché immutata nei secoli. Ne è testimonianza il seguente passo tratto dal *Viaggio in Italia* di Goethe, in visita all'Orto botanico di Padova nel 1786: «Molte piante vi possono rimanere all'aperto anche durante l'inverno, purché siano collocate accosto ai muri o non molto distanti. In sul declinare dell'ottobre però, tutte vengono ricoperte e durante i pochi mesi dell'inverno vi si riscalda anche la stufa. Fa piacere ed è anche istruttivo l'aggirarsi in mezzo a una vegetazione per noi nuova. Fra le piante cui siamo assuefatti, come fra tutti gli oggetti che ci son noti per lunga consuetudine, si finisce col non pensare a niente; e che cos'è mai vedere senza pensare?».

Gli orti botanici avranno nell'Ottocento, come vedremo, un notevole impulso grazie all'ingresso delle dottrine linneane in ambiente accademico e al conseguente stimolo agli studi tassonomici, fulcro delle ricerche botaniche in quegli anni. Fino alla metà dell'Ottocento si continuano a importare, ad acclimatare e a coltivare nuove piante. Grazie anche ai progressi delle scienze chimiche, che garantiranno, *inter alia*, l'utilizzo di tecniche per una migliore conservazione delle piante, verranno istituiti i primi erbari, intesi nella moderna accezione del termine come collezione di *exsiccata*, piante convenientemente essiccate e preparate a scopo di documentazione e di ricerca tassonomica. Come qualunque altra scienza, anche la botanica dell'Ottocento si verrà a trovare in una fase di continua evoluzione.

Dopo Bonafede la cattedra «ad lecturam simplicium» si affiancherà anche a quella «ad ostensionem simplicium»: le due cattedre saranno in varie fasi accorpate in una sola o scisse. A ricoprirle tra gli altri citiamo Melchiorre Guilandino di Koenigsberg, che avrà l'incarico di entrambe dal 1561 al 1589. Tra i suoi successori vale la pena menzionare Prospero Alpino, che sarà al contempo prefetto dell'Orto e lettore dei semplici dal 1603 al 1616. Alpino, medico e naturalista e viaggiatore, verrà ricordato soprattutto per la sua descrizione della pianta del caffè che ha modo di osservare durante un viaggio in Egitto. Non stupisce pertanto che durante il suo incarico subirà un forte impulso la coltivazione di specie esotiche. Alpino sarà in corrispondenza con molti studiosi italiani e stranieri, con i quali effettuerà scambi di piante e di semi.

Passando al Settecento, vale la pena menzionare un'altra figura di rilievo dello Studio, Giulio Pontedera. Pontedera insegnerà in un primo momento solo sulla cattedra «ad ostensionem simplicium», precisamente dal 1719 al 1739, per poi ricoprire entrambi gli insegnamenti fino al 1757. Nato a Vicenza da una famiglia oriunda di Pisa, Pontedera costruirà, come Alpino, una fitta rete di contatti con alcuni dei più importanti uomini di scienza del tempo allo scopo di scambiare semi e piante. Sarà tra i protagonisti di quella vivacissima stagione scientifica dell'Ateneo di Padova, che in quegli anni annovera docenti della levatura di Giovanni Poleni, di cui tra l'altro sposerà una delle figlie, Elisabetta Poleni.

Una vera e propria cattedra di scienze naturali, dedicata all'insegnamento congiunto delle scienze della Terra e della vita, viene istituita solo nel Settecento, secolo in cui vengono compiuti straordinari progressi nel campo della geologia e mineralogia, e in cui via via si sta aprendo la strada a quelle metodologie che saranno proprie dell'anatomia compa-

rata, come si vedrà nel prossimo paragrafo. Un'altra figura di spicco dell'Ateneo patavino è Antonio Vallisneri, professore di medicina ma al contempo cultore delle scienze naturali. Vallisneri è un profondo sostenitore della fondamentale importanza degli studi naturalistici per la medicina. Ne è testimonianza la sua cospicua collezione naturalistica, che provvede ad arricchire fino al 1730, anno della sua morte, e che costituirà il nucleo originario del Museo di storia naturale dell'Ateneo. La collezione verrà infatti donata all'Università di Padova nel 1734 dall'omonimo figlio, Antonio Vallisneri, personaggio altrettanto rilevante nella storia dell'Ateneo in quanto chiamato nello stesso anno a ricoprire la cattedra «ad descriptionem et ostensionem caeterorum Simplificium». Questo insegnamento sarà in larga parte basato sull'illustrazione delle collezioni paterne. Si tratta a tutti gli effetti della prima cattedra di storia naturale dell'Ateneo. Nel 1759 la cattedra occupata da Vallisneri junior verrà denominata infatti proprio «ad naturalem historia». Tra il 1735 e il 1736 le raccolte vallisneriane vengono allestite nei locali a Palazzo del Bo dove sono impiegate a supporto della didattica. Continuamente arricchite di nuovi oggetti naturali, esse verranno sottoposte a suddivisioni interne e a scorporamenti a partire dai primi anni dell'Ottocento, in risposta alla progressiva ramificazione e alla nascita di nuovi insegnamenti, che fin da subito si potranno avvalere di un corredo didattico di straordinario pregio.

Meritevole di attenzione è anche l'opera settecentesca del naturalista Giuseppe Olivi, personaggio emblematico del clima di vivacità e curiosità intellettuale che caratterizza il territorio veneto in questi anni. Olivi, sebbene non inserito nell'ambiente accademico patavino, lascerà numerose memorie su argomenti di chimica, mineralogia, botanica e agraria, in particolare sulle loro applicazioni pratiche. Al centro dei suoi studi e delle sue ricerche si colloca quella che verrà definita «biologia ed ecologia marina». A lui sarà infatti intitolato nel 2011 il Museo di zoologia adriatica di Chioggia. Olivi stringe amicizia con alcuni esponenti di spicco della vita scientifica patavina, quali l'astronomo Giuseppe Toaldo, il chimico Nicolò da Rio, oltre a intrattenere una vivace corrispondenza con il geologo e sovrintendente all'Agricoltura Giovanni Arduino, già menzionato sopra. Per quanto riguarda la chimica, ricordiamo che Olivi sarà profondo sostenitore delle teorie di Lavoisier e seguirà da vicino i lavori di da Rio e dei filochimici. La statura intellettuale del naturalista verrà definitivamente riconosciuta con la pubblicazione nel 1792 della sua *Zoologia adriatica*, opera che riscuoterà nel giro di pochi anni un immediato successo sia in Italia che

all'estero, sebbene destinata poi a un lungo periodo di oblio da cui uscirà solamente nel Novecento. Uno dei temi affrontati da Olivi riguarda l'ecologia marina, argomento oggi di sorprendente attualità, che troverà i propri sviluppi sperimentali e teorici nei lavori di Vito Volterra e Umberto D'Ancona, come vedremo in seguito.

Passando infine all'agraria, nella seconda metà del Settecento viene approvata la costruzione a Padova di un Orto agrario. Questo è concepito a supporto della cattedra di agricoltura, denominata «ad rem agrariam» e istituita nel 1761, ma attivata solamente a partire dal 1766 con la nuova denominazione «ad agriculturam experimentalem». Si tratta del primo esempio di «agricoltura scientifica», anche se vale la pena notare che il termine «agronomia» verrà coniato solamente negli anni venti dell'Ottocento.

Anche a Padova, al passo con le più prestigiose istituzioni europee, i Riformatori promuoveranno quindi l'istituzione in Borgo Santa Croce di un Orto agrario, chiamato alternativamente «Campi della pubblica scuola agraria», il quale resterà sempre ben distinto, sia per quanto riguarda la posizione sia per quanto riguarda le finalità, dall'Orto botanico. Prima di questo momento la Serenissima aveva trascurato le esigenze della terraferma concentrandosi sulla laguna e sul traffico marittimo. Tuttavia, anche per far fronte a problematiche contingenti, quali le carenze agro-alimentari e le frequenti malattie infettive che colpiscono bestiame e piantagioni, risulta ormai impossibile trascurare i bisogni dell'agricoltura. I Riformatori chiamano a ricoprire la nuova cattedra Pietro Arduino, fratello di Giovanni, botanico di formazione e precedentemente giardiniere, poi custode, dell'Orto botanico. Arduino è un uomo di straordinaria tempra intellettuale. Dà alle stampe nel 1759 un lavoro di argomento botanico dal titolo *Animadversionum botanicarum specimen*, in cui le piante vengono illustrate secondo i principi e la nomenclatura proposti da Linneo, con il quale tra l'altro intratterrà uno scambio epistolare (presso l'archivio della biblioteca dell'Orto botanico è conservata una lettera di Linneo indirizzata ad Arduino e datata 20 aprile 1764). In una lettera datata 25 maggio 1765 viene prescritto dai Riformatori stessi che egli «sia descritto nel Rotulo dei Professori dell'Università Artista col titolo di Professore dell'Agricoltura sperimentale ed abbia ad istituire nella facoltà stessa nella propria casa e in dialetto italiano con quelle commissioni et obblighi tanto circa alle lezioni et all'esperienza che i Riformatori riputeranno migliori e più convenienti al proprio fine». Arduino è un fervente sostenitore dell'interrelazione tra l'agraria e la botanica, e avanzerà più volte la richiesta

di riunire sotto una sola cattedra i due insegnamenti: secondo lui infatti per poter compiere progressi in agricoltura non si dovrebbe solamente focalizzare l'attenzione su colture già note e coltivate ma sperimentarne di nuove. Animato da tali convinzioni, egli terrà regolarmente le sue lezioni nell'Orto agrario da aprile ad agosto, dedicandosi al contempo alla sperimentazione di nuove colture e di nuove tecniche per la coltivazione. Ben presto però Arduino si rende conto che il terreno a disposizione risulta insufficiente a perseguire i suoi scopi. Vedremo in seguito le modifiche che subirà l'Orto agrario, non solo in relazione alla posizione e all'estensione, ma anche all'evoluzione stessa dell'agricoltura sperimentale e del suo insegnamento.

2. La scienza nell'Ottocento e le successive articolazioni disciplinari.

There was no general term by which these gentlemen [members of the British Association for the Advancement of Science] could describe themselves with reference to their pursuits [...]; some ingenious gentleman proposed that, by analogy with artist, they might form *scientist*.

L'Ottocento è un secolo connotato da uno straordinario sviluppo della scienza e della tecnica con il rapido susseguirsi, senza soluzione di continuità, di scoperte in tutti gli ambiti scientifici, che indeboliscono e in alcuni casi scardinano le teorie fino a quel momento elaborate. L'introduzione di nuovi concetti e nuove tecniche sperimentali, l'acquisizione di nuove conoscenze e dunque la formalizzazione di nuove teorie sono solamente alcuni degli elementi che concorrono alla nascita dei moderni settori disciplinari della scienza della natura. È proprio nell'Ottocento che si sviluppa una crescente professionalizzazione della scienza, ovvero il definitivo passaggio della ricerca dal piano privato a quello pubblico dell'impegno professionale in istituzioni ad essa dedicate, presso le quali si afferma la figura dello «scienziato» intesa in senso moderno. Come abbiamo riportato nel primo capitolo, l'università inizia a diventare il luogo deputato sia alla trasmissione del sapere sia alla ricerca più avanzata nel campo scientifico. Presso le università, almeno a partire dalla seconda metà dell'Ottocento, è possibile avvalersi di strumentazioni e tecniche all'avanguardia che contribuiranno alla straordinaria evoluzione conoscitiva del XIX secolo nell'ambito della scienza.

Mettere in luce in questa sede tutti i progressi compiuti nel campo delle diverse discipline scientifiche e quindi tutte le nuove linee di ri-

cerca che prendono l'avvio in questo secolo risulterebbe un'impresa impossibile. Cercheremo pertanto di offrire in questo secondo paragrafo uno sguardo d'insieme sull'evoluzione dei vari settori, mettendo in rilievo significativi snodi concettuali di raccordo tra le varie discipline scientifiche.

Astronomia

Alle domande di che materia fosse composta una stella? quali fossero gli elementi dell'atmosfera di un pianeta? che cosa era che rendeva luminoso l'astro del giorno? a tali domande, dico, non altra risposta potevasi dare che la confessione della propria ignoranza. Ma ecco che ora appunto, quando pareva che fosse per isterilirsi il campo delle ricerche astronomiche, e che a noi fosse restato solamente a spigolare dove altri avea riccamente mietuto; ecco che una nuova scoperta viene ad aprire uno sterminato orizzonte, che finirà un giorno per rivelarci la natura fisica degli astri, e col mostrarci la qualità della materia che li compongono. Questa è la spettroscopia e le sue applicazioni fatte da Kirchhoff e Bunsen.

Fino alla prima metà dell'Ottocento l'astronomia è quasi interamente dedicata allo studio della posizione, del moto e della luminosità dei corpi celesti. Vengono calcolate, come abbiamo visto nel primo paragrafo, le orbite dei pianeti e compilati cataloghi con le posizioni e le luminosità degli oggetti celesti. Tra i settori di indagine di maggiore rilevanza in ambito astronomico nella prima metà del secolo citiamo l'astronomia osservativa e l'astronomia gravitazionale o meccanica celeste. La prima ha come obiettivo quello di determinare dal punto di vista osservativo le posizioni delle stelle fisse e in generale dei corpi luminosi (come le nebulose, sulla cui natura il dibattito resterà aperto fino agli anni venti del Novecento) e le posizioni e i moti dei corpi del sistema solare. La seconda linea di ricerca si occupa invece di dedurre le leggi che regolano i movimenti dei corpi celesti dalla legge di gravitazione universale. La sola legge di gravitazione universale, peraltro, non permetteva di dare risposte a questioni che riguardavano l'universo su grande scala: per esempio, perché le posizioni delle stelle appaiono fisse, oppure perché il cielo di notte è nero e non luminoso. Quest'ultimo interrogativo costituirà l'enunciato del cosiddetto *paradosso del cielo notturno*, in seguito battezzato *paradosso di Olbers*. Scoperto in realtà da Edmund Halley, porta il nome dell'astronomo tedesco Heinrich Wilhelm Olbers, che lo ridiscuterà nella prima metà dell'Ottocento. La soluzione del paradosso è stata formulata grazie alla moderna cosmologia.

Un forte impulso all'astronomia gravitazionale verrà dato da Laplace, che conferirà a tale branca completa consapevolezza metodologica.

Il trionfo di questo programma di ricerca si avrà con la scoperta del pianeta Nettuno, la cui esistenza verrà ipotizzata con laboriosi calcoli indipendentemente da due matematici John Couch Adams e Urbain Jean Joseph Le Verrier: infatti le osservazioni sull'orbita di Urano erano incompatibili con l'orbita calcolata sulla base dei pianeti noti e facevano pensare all'esistenza di un altro pianeta. Ufficialmente Nettuno verrà osservato nel 1846 da due astronomi dell'Osservatorio di Berlino, Johann Gottfried Galle e Heinrich Ludwig d'Arrest. È la prima volta che l'applicazione della teoria della gravitazione universale, che fino ad allora era stata usata per dar conto dei moti di pianeti già osservati, porta alla previsione dell'esistenza di un nuovo pianeta.

D'altra parte, fino alla seconda metà del XIX secolo, le informazioni sulla composizione chimica e sulle caratteristiche fisiche degli oggetti celesti si limitano a mere supposizioni, come riporta Angelo Secchi, tra i pionieri della spettroscopia astronomica, nelle prime pagine della sua opera *Le scoperte spettroscopiche in ordine alla ricerca della natura dei corpi celesti*, del 1865. Ebbene, a partire dagli anni 1859-60 vedrà la luce una nuova tecnica, l'analisi spettrale, che permetterà di studiare la natura chimico-fisica dei corpi celesti, ridefinendo i consueti confini della ricerca astronomica. Con la nascita della spettroscopia si supera la fase descrittiva dell'astronomia, quella della mera catalogazione dei corpi celesti: l'astronomia diventa un nuovo settore della scienza moderna, la cosiddetta «astrofisica».

Proprio per l'importanza della spettroscopia negli sviluppi dell'astronomia ne tracciamo qui un breve excursus storico, sottolineando anche le sue ricadute fondamentali nell'ambito della chimica. A partire dall'inizio del secolo, numerose saranno le osservazioni che condurranno alla nascita della spettroscopia. Nei primi anni dell'Ottocento William Wollaston esaminando lo spettro solare mediante un prisma e una fenditura, come già fatto da Newton, riscontra la presenza di sette linee scure che interrompono lo spettro continuo. L'osservazione di Wollaston non riceve soddisfacenti interpretazioni fino al momento in cui il fenomeno non verrà riconsiderato e analizzato dal fisico e astronomo Joseph von Fraunhofer, un esperto ottico e fabbricante di strumenti a Monaco. Fraunhofer individua nella luce solare un numero maggiore di righe scure (circa 700) e le cataloga designandole con le lettere dell'alfabeto, e propone un'interpretazione degli spettri che si rivelerà vincente: congettura infatti che la luce emessa dal Sole o dalle stelle venga assorbita in corrispondenza delle linee scure da specifici elementi chimici. Sarà poi l'astronomo, matematico e chimico John Herschel nel 1823 a riconosce-

re l'analisi spettrale delle linee di emissione e di assorbimento delle stelle come strumento essenziale per stabilire l'esistenza di sostanze specifiche. La strumentazione progettata da Fraunhofer insieme alla proposta di Herschel porranno le basi per i lavori di vari scienziati tra i quali lo svedese Anders Jonas Ångström, e i tedeschi Gustav Robert Kirchhoff e Robert Wilhelm Eberhard Bunsen. Proprio ai lavori congiunti di Kirchhoff e Bunsen si deve la definitiva chiarificazione delle basi della spettroscopia: ogni elemento chimico in natura emette o assorbe solo la luce in determinate frequenze, cioè in determinati «colori». Gli spettri di emissione e di assorbimento sono quindi una sorta di carta d'identità degli elementi chimici, costituendo un potente strumento per l'analisi chimica e per lo studio della composizione dei corpi celesti. Avvalendosi di uno spettroscopio opportunamente perfezionato, Kirchhoff e Bunsen saranno in grado di scoprire due nuovi elementi presenti in natura, battezzati *cesio* (1860) e *rubidio* (1861) per il colore dominante del loro spettro, rispettivamente celeste e rosso. Grazie ai progressi conseguiti nel campo della spettroscopia in pochi anni verranno identificati nuovi elementi: il tallio nel 1861, l'indio nel 1863, l'elio nel 1868 e il gallio nel 1875. Parallelamente alla spettroscopia applicata alla chimica, nasce negli anni sessanta del secolo la spettroscopia stellare e sarà Angelo Secchi a dare in questo ambito i primi notevoli contributi. Egli proporrà diverse classificazioni stellari basate sulle caratteristiche degli spettri, mosso dalla convinzione che stelle di diverso colore e spettro debbano essere diverse da un punto di vista sia chimico che fisico. Un'interpretazione teorica completa dell'ordinamento dei tipi spettrali sarà possibile molto tempo dopo alla luce degli sviluppi che avverranno nel campo della fisica.

Sebbene l'esplorazione spettroscopica sia foriera da subito di indubbi successi, non dobbiamo dimenticare che le fondamenta teoriche della spettroscopia in questi anni rimangono ancora incerte: nel contesto della meccanica classica e dell'elettrodinamica infatti non si riesce a spiegare come mai gli spettri emessi e assorbiti siano spettri discreti, formati solo da alcune frequenze. Dovremo aspettare il secolo successivo per trovare risposte soddisfacenti a tale interrogativo grazie all'avvento della teoria dei quanti.

L'invenzione dello spettroscopio e la sua associazione al telescopio serviranno a unificare i metodi e gli strumenti della fisica e della chimica con quelli dell'astronomia, risolvendo problemi comuni a tutti e tre i settori scientifici, ma anche ponendo nuovi interrogativi e dunque nuovi obiettivi per le misurazioni. Emerge la piena consapevolezza da

parte di chimici, fisici e astronomi della relazione sempre più stretta e della reciproca dipendenza dei rispettivi settori disciplinari. Alle soglie del Novecento l'astrofisica vanterà ormai un proprio dominio di ricerca, con una serie di interrogativi, strumenti, metodi propri e riviste scientifiche a lei dedicate. Vedremo nel prosieguo come Giuseppe Lorenzoni, professore di astronomia e direttore dell'Osservatorio dell'Università di Padova, giocherà un ruolo fondamentale nella diffusione dei metodi spettroscopici a Padova e sarà tra i fondatori, insieme ad Angelo Secchi e Pietro Tacchini, della Società degli spettroscopisti italiani costituita nel 1871, le cui *Memorie* conosceranno presto diffusione e apprezzamento anche all'estero.

Prima di concludere questa breve introduzione vale la pena soffermarsi su un altro importante tema che riguarda contemporaneamente più settori disciplinari: il dibattito sull'età del Sole. Questo dibattito si colloca nel contesto dell'introduzione della dimensione storica nello studio dell'universo, che come abbiamo visto aveva preso corpo tra la fine del Settecento e i primi anni dell'Ottocento in relazione alle ipotesi di formazione del sistema solare, con l'introduzione definitiva della cosiddetta ipotesi nebulare da parte di Laplace. Affidandosi alle conoscenze della fisica dell'epoca, basate sulla teoria della gravitazione di Newton e sulla neonata termodinamica, si arrivava a una stima dell'età del Sole minore della stima dell'età della Terra ottenuta in ambito geologico. Si apre quindi, almeno a partire dalla metà del secolo, un acceso dibattito tra biologi, geologi e fisici.

Per quanto riguarda l'età del Sole, astronomi e fisici si basano sullo studio dell'energia solare, calcolando l'energia complessiva della nostra stella e la sua dissipazione. Sotto l'influenza in particolare delle ricerche di William Thomson (futuro Lord Kelvin), fisici e astronomi arrivano a una prima stima clamorosa dell'età del Sole. Il dibattito parte dal suo lavoro dal titolo *On the age of the Sun's heat* (1862), nel quale sostiene la necessità di attribuire all'intero universo una sua storia regolata dalle leggi fisiche: i tempi di questa evoluzione non sono, secondo Thomson, infiniti ma possono essere dedotti dalla teoria della gravitazione e dalla seconda legge della termodinamica, e la stima dell'età del Sole che se ne ricava è di qualche decina di milioni di anni, comunque sicuramente minore di 100 milioni di anni.

D'altra parte, la stima dell'età del Sole deve essere coerente con la stima dell'età dei componenti del sistema solare, e in particolare della Terra. Per questo, le conclusioni dei fisici e degli astronomi devono confrontarsi con quanto si sta sviluppando nell'ambito delle scienze

naturali, e in particolare nella geologia. Le ricerche geologiche effettuate nella prima metà del secolo portano naturalisti, quali Charles Lyell, a supporre tempi enormemente lunghi per descrivere i processi di trasformazione avvenuti sulla Terra. In questo contesto la stima dell'età della Terra sembra essere maggiore di quella del Sole: le conoscenze geologiche infatti, delle quali Charles Darwin fa uso per la stesura del suo capolavoro del 1859, attribuiscono almeno 300 000 milioni di anni al periodo minimo di tempo necessario per provocare certi fenomeni di corrosione in alcune regioni del nostro pianeta. Lo stesso Darwin, a conoscenza delle aspre critiche mosse da Lord Kelvin, tenterà di conciliare le due divergenti posizioni con le parole che riportiamo di seguito: «È probabile, come fa rilevare Sir William Thomson, che il mondo, nelle epoche antiche, andasse soggetto a cambiamenti delle condizioni fisiche molto più rapidi e violenti di quelli che avvengono abitualmente». Vale la pena ricordare che il professore di fisica Francesco Rossetti introdurrà la questione dell'età del Sole in ambiente padovano dedicandosi lui stesso a misurazioni della sua temperatura. L'annoso dibattito si avvierà a conclusione solo a partire dai primi decenni del Novecento quando, dopo la scoperta della radioattività e la sua spiegazione con la relatività ristretta e la meccanica quantistica, si individueranno nelle reazioni termonucleari le principali sorgenti di energia del Sole, permettendo alla fine di stimarne la vita nell'ordine dei 4 miliardi di anni e quindi la vita della Terra nello stesso ordine di grandezza.

L'astronomia all'Università di Padova

Il cuore pulsante dell'astronomia padovana ottocentesca è rappresentato ancora dalla Specola, già in funzione almeno dal 1779: infatti i professori che si succedono in questi anni nell'insegnamento di astronomia assumeranno anche il ruolo di direttore dell'Osservatorio e svolgeranno qui le loro ricerche nel settore.

L'Ottocento astronomico si apre nel segno di Vincenzo Chiminello, successore e nipote di Toaldo, morto nel 1797, l'anno della caduta della Serenissima. L'attività di Chiminello sarà prevalentemente mirata al mantenimento della Specola e al sostentamento del personale, impresa tutt'altro che semplice in questi anni turbolenti e di grande incertezza politica, che vedono l'incessante avvicinarsi delle due dominazioni, austriaca e napoleonica. Durante la prima dominazione austriaca, infatti, la Specola e il suo direttore si trovano ad affrontare un periodo estremamente difficile e di ristrettezze economiche: basti pensare che nel 1798 tutto il personale rimane senza stipendio per cin-

que mesi. Chiminello sarà il solo a svolgere al contempo le attività didattiche e di ricerca, e riceverà la nomina di professore e di direttore della Specola solamente a partire dal 1806 con l'inizio della dominazione napoleonica. Vista la situazione, non risulta difficile immaginare come nei primi anni dell'Ottocento l'astronomia padovana non sia in grado di conseguire i traguardi sperati. Eppure Chiminello, nonostante le avversità, riuscirà a conseguire importanti risultati in campo scientifico. Ricordiamo di seguito i principali: nell'ambito della meteorologia, è il primo a osservare l'esistenza dei due massimi e minimi barometrici giornalieri e, per quanto riguarda l'astronomia, perfeziona i metodi per il calcolo delle orbite planetarie, in particolare quelle di Urano, il nuovo pianeta scoperto da William Herschel. Lo stesso Herschel visiterà la Specola anni più tardi, quando l'Osservatorio sarà sotto la direzione di Giovanni Santini.

Sarà proprio Giovanni Santini, già collaboratore di Chiminello in qualità di «astronomo aggiunto» prima della morte di quest'ultimo, a risollevarne le sorti dell'astronomia padovana e a dare alla ricerca e alle attività didattiche la caratterizzazione che le contraddistinguerà fino alla fine del secolo. Santini assume l'incarico di professore in un momento coincidente con un altro passaggio politico, e cioè la definitiva assegnazione del Veneto alla dominazione austriaca. L'insegnamento dell'astronomia sta acquisendo sempre più importanza all'interno dei programmi di studio a indirizzo prevalentemente matematico. A partire dal 1813 rientra infatti tra i corsi obbligatori per coloro che intendono conseguire la laurea in Matematica oppure ottenere il grado di baccelliere matematico o quello di ingegnere architetto (per approfondimenti cfr. il capitolo 1). Grazie alla sua solida preparazione matematica, Santini ricoprirà, in momenti diversi, anche le cattedre di algebra e geometria, di matematica pura e di calcolo sublime in qualità di supplente all'interno della Facoltà filosofico-matematica. Le sue conoscenze in ambito matematico renderanno inoltre possibile un importante salto di qualità nella ricerca astronomica tanto che l'Osservatorio di Padova diventerà uno dei più avanzati d'Italia. Santini si batte per ottenere finanziamenti in grado di adeguare la dotazione di strumenti della Specola ai progressi raggiunti dall'astronomia. Tra gli strumenti che fa acquistare vale la pena ricordare i «tre belli e grandi strumenti astronomici», ovvero due cannocchiali e un cercatore di comete, commissionati nel 1841 «in tempo [...] per decorare l'Osservatorio all'epoca della venuta dei dotti in questa città». Santini si riferisce qui alla quarta riunione degli scienziati italiani tenutasi a Padova nel 1842. Ve-

dremo nei prossimi paragrafi come tutti i professori dell'Ateneo si prodigheranno per mostrare in occasione di quel convegno i propri risultati e lo splendore dei loro istituti. Sempre nel 1842 viene assunto come meccanico alla Specola Paolo Rocchetti, laureatosi presso l'Università di Padova nello stesso anno dopo aver frequentato il corso degli studi matematici per ingegneri architetti. Parallelamente a tale incarico, che ricopre fino al 1877, Rocchetti dà vita insieme a un socio, nel gennaio 1852, a una fonderia con annessa officina meccanica situata vicino alla Specola. Si tratta appunto della ditta «Paolo Rocchetti», attiva fino al 1881, specializzata nella costruzione di armamenti ferroviari e ponti in ferro. Due realizzazioni della ditta Rocchetti, due ponti in ferro, si trovano nel centro di Padova e sono tuttora in uso.

Tornando a Santini, al centro dei suoi interessi scientifici vi è la meccanica celeste e l'astronomia di posizione: essendo un abile calcolatore e osservatore, si dedica alla redazione di cataloghi stellari, noti come *Cataloghi padovani*, che possono essere annoverati tra i più completi e precisi del suo tempo. Questi cataloghi verranno ampliati dai suoi assistenti e dai suoi successori fino a comprendere quasi diecimila stelle. Santini intrattiene inoltre un'intensa attività epistolare con alcune delle personalità scientifiche più influenti d'Europa: infatti il continuo scambio di dati e informazioni e il puntuale aggiornamento su traguardi astronomici raggiunti in quegli anni permettono all'astronomia padovana di acquisire una dimensione europea. Tuttavia, non possiamo trascurare il fatto che l'impostazione classica di Santini ritarderà notevolmente l'ingresso in ambito accademico di nuovi settori di ricerca, in particolare quelli legati alla spettroscopia. Questi nuovi settori saranno introdotti dal suo successore Giuseppe Lorenzoni, che darà nuovo impulso alle ricerche astronomiche padovane. È interessante notare che l'attività di ogni professore di astronomia presso l'Ateneo patavino è di fatto circoscritta a una stagione politica ben definita: Toaldo opera fino alla caduta della Repubblica di Venezia, Chiminello fino alla fine del periodo della dominazione napoleonica, l'attività di Santini si svolge nel lungo periodo di dominazione austriaca, e infine Lorenzoni farà il suo ingresso in ambiente accademico negli anni immediatamente successivi all'annessione del Veneto al Regno d'Italia. Infatti, a partire dal 1872 Lorenzoni verrà nominato astronomo aggiunto al fianco di Santini per poi essere promosso a professore ordinario a partire dall'anno accademico 1877-78. Con l'ingresso del Veneto nel Regno d'Italia assistiamo, come già notato nel capitolo I, a una riorganizzazione dell'assetto istituzionale e didattico che prende corpo a partire dall'anno ac-

cademico 1873-74. Da allora il corso di astronomia e meccanica celeste è inserito tra gli insegnamenti previsti per la laurea in matematiche pure e in scienze fisico-matematiche.

Vediamo ora di delineare i tratti principali della personalità scientifica di Lorenzoni. Nel 1870 si verifica un evento astronomico di grande rilievo che lo spinge ad avvicinarsi alla «nuova astronomia»: si tratta di un'eclissi di Sole la cui fascia di totalità investe una porzione della Sicilia. Viene dunque organizzata da una commissione presieduta da Santini la prima missione scientifica, in Sicilia per l'appunto, del neonato Regno d'Italia. Tra i partecipanti citiamo l'insigne astronomo Angelo Secchi, padre della spettroscopia italiana, e nell'ambiente padovano oltre a Giuseppe Lorenzoni anche Enrico Nestore Legnazzi, al tempo astronomo aggiunto presso la Specola.

A Lorenzoni viene inizialmente affidato unicamente il compito di osservare le protuberanze solari. In seguito viene incaricato dalla commissione anche delle osservazioni spettroscopiche. Avendo come maestro Santini, che come abbiamo già osservato si manterrà per tutta la vita fedele a un insegnamento tradizionale, Lorenzoni è ancora del tutto inesperto in tale campo. Per acquisire dunque le necessarie competenze per svolgere misure spettroscopiche, si rivolge ad Angelo Secchi, la massima autorità italiana in questo campo. È per questo motivo che Lorenzoni propone a Santini l'acquisto di uno spettroscopio che poi, una volta terminata la campagna, verrà portato all'Osservatorio di Padova dove ancora oggi si trova. A Legnazzi invece viene assegnato il compito di rilevare con un cannocchiale gli istanti di contatto della Luna con il Sole e misurare le protuberanze durante la totalità dell'eclisse. Tuttavia, leggendo il resoconto dello stesso Legnazzi, nessuno riuscirà a portare a termine quest'ultimo compito: «tutti videro la corona e i pennacchi, nessuno le protuberanze». D'altra parte, la spedizione ebbe nel complesso poco successo, come si legge ancora nel resoconto di Legnazzi a Santini: «Devo però confessarle per nozioni positive, che assai scarsi furono i risultati ottenuti in questa spedizione astronomica sia dagli italiani che dai forestieri. La colpa principale è del tempo che fu cattivo, poi del fenomeno che fu brevissimo, infine di noi che siamo ancora nuovi in questo genere di spedizioni scientifiche». Nonostante ciò, Legnazzi inizierà a maturare l'idea di ripetere gli esperimenti suggeriti da Secchi sui pennacchi solari presso l'Ateneo patavino, e riuscirà effettivamente a ottenere l'attrezzatura sperimentale necessaria per le osservazioni condotte nel Gabinetto di fisica, come testimoniato dalle seguenti parole: «Vollì anch'io ripetere l'esperienza a Padova nel Gabi-

netto di Fisica della R. Università in compagnia del prof. Rossetti». Di Francesco Rossetti, professore di fisica dell'Ateneo patavino, si parlerà diffusamente nella sezione dedicata alla fisica.

Un altro illustre astronomo che prende parte alla spedizione in Sicilia è il modenese Pietro Tacchini, personaggio legato all'Ateneo padovano. Tacchini, dopo aver conseguito a Modena la laurea in Ingegneria, viene infatti inviato all'Università di Padova a perfezionarsi in astronomia sotto la guida di Santini. Il rapporto professionale e di amicizia che legherà Tacchini e Lorenzoni sarà di grande importanza per l'astronomia italiana.

Nonostante i risultati non del tutto soddisfacenti, la missione in Sicilia costituisce in sé un'esperienza formativa senza precedenti per gli astronomi padovani, che acquisiscono dimestichezza con le nuove tecniche e hanno modo di confrontarsi con alcuni dei maggiori astronomi italiani dell'epoca. L'esperienza siciliana costituisce infatti per Lorenzoni uno stimolo a proseguire le ricerche in ambito spettroscopico, campo nel quale diventerà in brevissimo tempo uno dei maggiori studiosi. Quando nel 1871 viene fondata la Società degli spettroscopisti italiani, tra i fondatori troviamo proprio i nomi di Angelo Secchi, Pietro Tacchini e Giuseppe Lorenzoni.

Gli astronomi padovani sono tra i protagonisti anche di un'altra importante spedizione scientifica organizzata dal governo italiano nel 1874: si tratta della missione in India, a Muddapur, in occasione del transito di Venere sul disco solare. Per quanto riguarda la strumentazione, dobbiamo sottolineare che tutti i cannocchiali utilizzati per la spedizione vengono riparati, restaurati e modificati nell'officina meccanica della Specola padovana, sotto la soprintendenza del capo meccanico Giuseppe Cavignato, che in quell'officina aveva già maturato una lunga esperienza. Per questa spedizione in India lo scienziato padovano designato è Antonio Abetti, che partirà insieme al padovano Antonio Cagnato, allievo di Rocchetti all'officina meccanica dell'Osservatorio e nipote del meccanico Cavignato. Abetti, assistente di Lorenzoni e da questi introdotto alla pratica spettroscopica, diventerà in seguito direttore dell'Osservatorio di Arcetri a Firenze.

Per l'osservazione del transito di Venere vengono utilizzati due spettroscopi a visione diretta. Gli italiani, è bene ricordare, sono gli unici a effettuare osservazioni spettroscopiche durante il transito di Venere sul disco del Sole del 1874, e le loro innovative osservazioni riscuotono un unanime successo internazionale. Questo sarà per certi versi il culmine in questi anni della rinomanza italiana nel settore, che,

principalmente a causa della scarsità di finanziamenti, perderà terreno nel contesto internazionale, recuperandolo solamente nel Novecento inoltrato. Per esempio, per quanto riguarda il passaggio successivo di Venere sul disco solare del 1882, il nuovo governo non sarà in grado di finanziare un'altra spedizione italiana. Proprio a causa della mancanza di fondi, gli osservatori astronomici italiani, dunque anche quello di Padova, non riusciranno a dotarsi di strumentazione all'avanguardia. Ciò spingerà Lorenzoni a volgere il suo interesse verso un'altra branca dell'astronomia, la geodesia, conseguendo in questo settore importanti risultati. Non a caso nel 1873 viene inviato a Roma per la ricostituzione definitiva della Commissione italiana per la misura del grado europeo.

Concludiamo questa parte relativa all'astronomia con qualche considerazione sui Prospetti degli studi nell'Università di Padova. Nell'anno accademico 1868-69 l'insegnamento dell'astronomia si trova solamente nella Facoltà filosofica ed è tenuto da Lorenzoni. Nel 1873-74, Lorenzoni insegna, nella neonata Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, astronomia e meccanica celeste ed esercizi pratici di astronomia e geodesia. Infine nell'anno accademico 1880-81, l'insegnamento dell'astronomia diviene obbligatorio per gli studenti intenzionati a conseguire la laurea in Matematica: in quegli anni infatti all'interno della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali vengono conferite solamente quattro lauree, in Matematica, Fisica, Chimica e Scienze naturali.

Matematica

Lo straordinario sviluppo conosciuto dalla matematica nel corso dell'Ottocento si affianca a un processo di specializzazione che porterà inevitabilmente a una suddivisione della materia in sempre più numerosi settori di ricerca. Accanto a questo sviluppo, tuttavia, emergerà l'esigenza di una comprensione unitaria delle diverse branche. Prenderà pertanto l'avvio un progetto organico di ricerca fondato sull'utilizzo di strumenti concettuali adeguati alla comprensione degli elementi costitutivi delle varie teorie. Si devono qui mettere in luce due aspetti da cui nasce la matematica moderna: il primo riguarda il conseguimento di nuovi risultati all'interno delle singole branche, il secondo la creazione di sempre più potenti strumenti formali in grado di unificare settori diversi e apparentemente distanti tra loro della matematica. Senza pretesa di completezza, ci limiteremo qui a evidenziare alcuni dei progressi più significativi per fornire al lettore una cornice entro cui meglio collocare i lavori dei professori di matematica dell'Ateneo patavino.

Iniziamo accennando agli studi dei matematici francesi Jean-Baptiste-Joseph Fourier, Augustin-Louis Cauchy e Siméon-Denis Poisson che hanno come scopo principale quello di arrivare a una completa trattazione matematica di fenomeni fisici. In particolare, i temi su cui vertono le loro ricerche sono le vibrazioni di una lamina elastica e la propagazione delle onde in un fluido, la teoria del potenziale con applicazioni alla gravitazione e all'elettrostatica. Sono poi proprio questi anni che sanciscono la nascita della moderna analisi matematica. Tra i maggiori protagonisti in questo ambito ricordiamo Johann Friedrich Carl Gauss, i cui interessi abbracciano i più svariati campi della matematica, dall'analisi all'astronomia teorica, dalla geometria all'algebra, e Cauchy, al quale si devono tra l'altro importanti sviluppi del concetto di limite, strumento che diventerà la chiave di volta per tutte le costruzioni dell'analisi. Sono sempre di questi anni i lavori di Niels Henrik Abel e di Carl Gustav Jacob Jacobi sulle funzioni ellittiche, che rappresentano uno dei capitoli più importanti della matematica dell'Ottocento. Per quanto riguarda l'algebra, ricerche fondamentali, in particolare sulla risoluzione delle equazioni algebriche, vengono svolte da Évariste Galois, Joseph-Louis Lagrange, Paolo Ruffini e dai già citati Abel e Gauss. Tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento, infatti, il problema di calcolare la soluzione delle equazioni algebriche di qualsiasi grado era divenuto un problema fondamentale della ricerca matematica pura e applicata. La questione viene impostata in modo magistrale da Galois, che introduce nella teoria delle equazioni algebriche il concetto di gruppo. I suoi lavori avranno importanti sviluppi in tutta Europa nella seconda metà dell'Ottocento grazie ad alcuni tra i più grandi matematici del tempo, come Enrico Betti, Charles Hermite, Julius Wilhelm Richard Dedekind e Camille Jordan.

Degni di menzione sono inoltre i lavori di William Rowan Hamilton, all'epoca il più autorevole matematico britannico, già conosciuto anche in Europa: tra i suoi contributi vale la pena citare l'introduzione nel 1843 della teoria dei quaternioni. Gli studi di Hamilton in questo campo, insieme a quelli condotti dal matematico Hermann Günther Grassmann, pongono le basi del moderno calcolo vettoriale. In questo settore, come vedremo più avanti, lavora il matematico Giusto Bellavitis, professore dell'Ateneo patavino, che svilupperà una propria teoria, da lui battezzata *metodo delle equipollenze*. Tutte le ricerche sopracitate contribuiranno in maniera definitiva allo sviluppo del moderno calcolo vettoriale da parte dello statunitense Josiah Willard Gibbs e dell'inglese Oliver Heaviside.

L'Ottocento è anche il secolo in cui si sviluppano geometrie alternative a quella euclidea, le geometrie iperboliche ed ellittiche. Già a partire dal 1813 si sta facendo strada l'idea di una geometria diversa da quella euclidea grazie agli studi di Gauss. Il nucleo del problema individuato da Gauss è che si possano costruire geometrie perfettamente coerenti eliminando il V postulato di Euclide sulle rette parallele, che dice che per un punto fuori da una retta passa una e una sola retta parallela alla retta data, o equivalentemente che la somma degli angoli interni di un triangolo sia 180 gradi. Dunque, nel caso in cui si escluda tale postulato dal sistema euclideo e lo si sostituisca con un altro si ottengono geometrie diverse da quella euclidea. Tali idee saranno indipendentemente sviluppate da Farkas Bolyai e Nikolaj Ivanovič Lobačevskij. Nel giugno 1854 Georg Friedrich Bernhard Riemann discute a Gottinga la sua lezione di abilitazione a *Privatdozent* dal titolo *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen* (*Sulle ipotesi che stanno alla base della geometria*), riconosciuta come uno dei lavori più profondi della storia della matematica. Qui Riemann introduce la nozione di curvatura dello spazio nella trattazione delle proprietà di varietà n-dimensionali. È bene sottolineare che Riemann non si limita a estendere le definizioni e i risultati ottenuti dal suo maestro Gauss al caso più generico delle varietà, ma intende proprio ricercare le proprietà fondamentali dello spazio da porre a fondamento di una teoria geometrica che sia effettivamente rappresentativa del mondo in cui viviamo. A partire dai lavori di Gauss e Riemann, considerazioni sui fondamenti della geometria vengono poi riprese e sviluppate da altri grandi scienziati, come Hermann von Helmholtz. Questi studi saranno sviluppati in Italia da Eugenio Beltrami, che nel 1868 propone un suo modello di geometria non euclidea. Nonostante gli importanti risultati raggiunti nel campo della geometria non euclidea, essa farà fatica ad affermarsi. La svolta si avrà a partire dagli anni ottanta dell'Ottocento quando Jules-Henri Poincaré, ispirandosi al modello di Beltrami, getterà una luce nuova sulla geometria non euclidea, che da quel momento entrerà a pieno titolo a far parte della ricerca matematica più avanzata. Studi sulla geometria e sui suoi fondamenti saranno al centro delle ricerche di numerosi matematici tra la fine dell'Ottocento e i primi anni del Novecento; qui ci limitiamo a citare Felix Klein, cui si deve tra l'altro l'utilizzo sistematico della teoria dei gruppi in geometria, e David Hilbert e la sua scuola.

Sempre nell'Ottocento nasce la logica matematica come settore autonomo della scienza rispetto alla sua tradizionale collocazione nell'ambito della filosofia. Citiamo in particolare i lavori di George Boole,

che darà alle stampe nel 1847 *The mathematical analysis of logic* e nel 1854 quello che lui stesso definirà il suo capolavoro, *An investigation of the laws of thought on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities*. Fondamentali in questo campo saranno anche i contributi di un altro matematico britannico, Augustus De Morgan, che sviluppa ampiamente la dottrina del sillogismo e la logica delle relazioni. De Morgan sarà insieme a Boole un fervente assertore di una conciliazione tra logica e matematica. I lavori dei due matematici rappresentano nella seconda metà dell'Ottocento l'iniziale punto di riferimento di ogni autore intenzionato a dedicarsi a questo nuovo settore della matematica.

Concludiamo con una breve considerazione sul contributo dei matematici italiani al tentativo di creare una cultura scientifica nazionale, all'altezza degli altri paesi europei. Nell'Italia risorgimentale i matematici in particolare, ma in generale tutti gli uomini di scienza, inizieranno a ragionare in termini di Stato unitario prefiggendosi lo scopo di impostare la sua futura politica scientifica. Diretta manifestazione di questo fervore culturale, politico e civile sarà l'organizzazione delle prime Riunioni (o Congressi) degli scienziati italiani, come si è ricordato in particolare nel capitolo I. Queste adunanze hanno l'obiettivo di riunire uomini e idee che gli equilibri politici vorrebbero ancora divisi, come scrivono Angelo Guerraggio e Pietro Nastasi. I congressi inoltre non mancheranno di attirare eminenti studiosi europei, contribuendo a infittire la rete dei contatti tra scienziati italiani e stranieri. Tra tutti i settori della scienza, quello della matematica sarà di fatto l'unico a mantenere in questi anni un elevato livello, al passo con quanto avviene parallelamente in Europa.

La matematica all'Università di Padova

A cavallo tra Settecento e Ottocento, anche l'ambiente matematico padovano è uno specchio della travagliata situazione politica. Nel periodo di dominazione napoleonica ci limitiamo a soffermarci su tre importanti figure che contribuiscono a mantenere alto il livello della matematica all'Università di Padova: Antonio Collalto, incaricato dell'insegnamento di introduzione al calcolo sublime e geodesia, Pietro Cosali che insegna calcolo sublime, e Giuseppe Avanzini che nel 1808-1809 diventa direttore della nuova Facoltà fisico-matematica e, a partire da quegli anni fino al 1814, si occuperà dell'insegnamento di matematica applicata. Sono chiare le due direttrici principali su cui si avvia la matematica a Padova: da una parte l'analisi e la geometria, la cosid-

detta matematica pura e, dall'altra, la matematica applicata. Analizzando i Prospetti di questi anni, il maggior numero di insegnamenti di matematica si trova all'interno della Facoltà fisico-matematica nei corsi per ingegneri architetti, dove l'insegnamento di matematica applicata viene impartito sia al secondo che al terzo anno di studio. Questa impostazione è in linea con l'impostazione della Francia, dove in questi anni vengono istituite le *grandes écoles*. Non stupisce quindi che tutti e tre i matematici di cui stiamo parlando abbiano in comune interessi di ricerca di stampo ingegneristico.

Per quanto riguarda Antonio Collalto, questi è a stretto contatto con le idee illuministiche e appartiene alla cerchia di intellettuali di Dandolo, il massimo traduttore italiano degli scritti di Lavoisier, come si è ricordato in precedenza. È naturale quindi che dopo la caduta della Serenissima Collalto divenga un fervente sostenitore del nuovo governo. Fortemente interessato all'applicazione della matematica alla fisica e all'ingegneria, concepisce un'opera suddivisa in sei volumi, una sorta di enciclopedia delle matematiche applicate, dal titolo *Descrizione, maneggio e uso dei principali strumenti di matematica applicabili alle scienze e alle arti*, che resterà incompleta a causa della morte dell'autore.

Pietro Cossali, anch'egli fervente illuminista, si dedica alla stesura di articoli di carattere matematico e ingegneristico, tra i quali ricordiamo *Su l'equilibrio esterno ed interno delle macchine aerostatiche*. Questo opuscolo del 1784 contiene importanti istruzioni sulla costruzione e la manovra degli aerostati, tema a lui particolarmente caro. Cossali è uno dei primi scienziati italiani a progettare e realizzare esperimenti di aerostatica: nel 1783 infatti, appena qualche mese dopo l'impresa dei fratelli Montgolfier, farà volare a titolo dimostrativo un pallone aerostatico all'Arena di Verona. Date le sue abili doti ingegneristiche e le sue vaste conoscenze in campo fisico-matematico, Cossali accetterà poi la nomina di membro della Commissione idraulica ordinata da Napoleone per la sistemazione del Brenta.

Veniamo ora alla figura di Giuseppe Avanzini, uomo di vaste conoscenze in svariati campi del sapere, come testimonia il fatto che nel volgere di pochi anni ricoprirà diverse cattedre, dalla fisica generale alla fisica teorica, dalla matematica sublime al calcolo sublime. I suoi lavori di maggior rilievo riguardano il settore dell'idrodinamica e dell'aerodinamica. Secondo il parere di Avanzini, la dinamica dei fluidi avrebbe fatto negli anni esigui progressi perché si sarebbe utilizzato di volta in volta un approccio o unicamente teorico, o esclusivamente empirico. Per ottenere un valido avanzamento conoscitivo sarebbe pertanto ne-

cessario un connubio di teoria ed esperimento. Avanzini cercherà quindi di perseguire tale scopo con i suoi lavori sperimentali sulla resistenza dei fluidi studiando il moto dei corpi in essi immersi per mezzo di lastre in moto in un canale pieno d'acqua, precorrendo l'utilizzo delle moderne vasche sperimentali.

È chiara, come abbiamo già osservato, l'influenza del modello universitario francese delle *grandes écoles*, che darà luogo a un notevole avanzamento della matematica applicata a Padova. Specialmente nei primi decenni dell'Ottocento, infatti, la maggioranza dei matematici padovani si dedica a problemi di natura ingegneristica, in particolare finalizzati alla costruzione di dighe e canali e allo studio della laguna di Venezia. Citiamo per esempio i nomi di Angelo Zandrini, parente del celebre ingegnere idraulico Bernardino Zandrini, e Francesco Maria Franceschinis, componente di innumerevoli commissioni idrauliche, entrambi professori di matematica dell'Ateneo patavino.

A cavallo tra Settecento e Ottocento viene inoltre introdotta una nuova branca della matematica, la geometria descrittiva, nata come disciplina autonoma per opera del matematico francese Gaspard Monge. A Padova la prima cattedra di geometria descrittiva verrà istituita con un certo ritardo, nel 1841, e a occuparla sarà chiamato Vincenzo Tuzzi; mentre si deve al già citato Enrico Nestore Legnazzi l'istituzione di un vero e proprio Gabinetto di geometria descrittiva, fondato nel 1867.

Passando alla matematica pura, sono di particolare rilievo i contributi di Serafino Raffaele Minich. Minich ottiene nel 1842 la nomina di professore ordinario di matematica pura sublime, che al tempo comprende l'analisi, l'algebra e la geometria analitica. Nel 1873, in seguito allo sdoppiamento dell'insegnamento, otterrà la cattedra di calcolo differenziale e integrale, mentre a Giusto Bellavitis, di cui parleremo tra breve, verrà affidato l'insegnamento di geometria analitica. Nell'ambito dell'analisi, Minich si occupa di problematiche relative alle equazioni differenziali lineari e alle derivate parziali, delle funzioni abeliane e delle equazioni alle differenze, l'analogo nel discreto delle equazioni differenziali nel continuo. Il matematico si occuperà poi anche di problemi geometrici, pubblicando alcuni teoremi sui poliedri e sui metodi per lo studio di curve piane e gobbe e di superfici del secondo ordine. Va d'altra parte notato che i suoi rapporti scientifici sono strettamente legati all'ambiente padovano-veneziano, e il centinaio di lavori di cui Minich è autore avrà di fatto una diffusione solo nazionale.

Nel settore della matematica pura opererà anche Giusto Bellavitis, una delle grandi personalità scientifiche legate all'Università di Pado-

va, che sarà amico e collega di Minich, stimandolo sempre sia come uomo che come matematico. Bellavitis ricoprirà a Padova numerose cattedre: nel 1845 viene nominato professore ordinario di geometria descrittiva; dal 1857 al 1863 gli viene affidato anche l'insegnamento di geometria; dal 1863 al 1867 occupa la cattedra di fisica assumendo il ruolo di direttore dell'annesso gabinetto; dal 1867 al 1870 viene inoltre incaricato dell'insegnamento di algebra complementare e di geometria analitica; dal 1873, con l'istituzione della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, viene infine nominato professore ordinario di geometria analitica. Da questo elenco si evince la grande cultura scientifica di Bellavitis, che si dedicherà fino alla fine della sua vita a svariati campi della matematica e della fisica. Pubblicherà 223 memorie, lasciando inoltre un numero cospicuo di manoscritti contenenti importanti considerazioni e intuizioni. I suoi lavori più rilevanti riguardano un tipo di calcolo geometrico, da lui chiamato calcolo delle equipollenze. La teoria viene presentata per la prima volta nella sua opera *Calcolo delle equipollenze*, edita nel 1835, che fornirà le basi del calcolo vettoriale nel piano, esteso allo spazio tridimensionale da Hamilton con il calcolo dei quaternioni. Come osserverà Domenico Turazza nella sua commemorazione: «Il metodo delle equipollenze applicato alle figure piane esprime tutto intero il soggetto geometrico, ed è certamente una delle maniere più semplici e più dirette di rappresentare le relazioni di grandezza e di posizione; ma il metodo delle equipollenze perde interamente questo suo pregio quando si voglia applicare alle figure a tre dimensioni, e vani riuscirono gli sforzi da lui fatti allo scopo di renderne possibile l'applicazione allo spazio». Una più completa trattazione del suo metodo verrà pubblicata nel 1854 nella memoria dal titolo *Sposizione del metodo delle equipollenze*.

Nonostante la lungimiranza delle sue intuizioni, Bellavitis si opporrà per tutta la vita alla geometria non euclidea, che in Italia troverà cultori in matematici contemporanei del calibro di Eugenio Beltrami ed Enrico Betti.

Dopo la morte di Bellavitis si inaugura a Padova una nuova stagione per la matematica, grazie all'arrivo in città, quasi nello stesso momento, di professori che renderanno l'Università protagonista indiscussa a livello europeo in questo campo. Tra le grandi personalità della cosiddetta *stagione d'oro* della matematica padovana citiamo Giuseppe Veronese, Gregorio Ricci-Curbastro, Tullio Levi-Civita e Francesco Severi, alle quali dedicheremo ampio spazio nel paragrafo dedicato alla matematica del Novecento.

Si è scelto di concludere questa sezione parlando di Domenico Turazza e Antonio Favaro, entrambi matematici dai più svariati interessi, che prepareranno il terreno culturale per il secolo successivo. Il nome di Turazza ricorrerà più volte nel terzo capitolo poiché indissolubilmente legato alla nascita e agli sviluppi dell'ingegneria nell'Ateneo patavino: ricoprirà infatti il titolo di primo direttore della Scuola di applicazione per gli ingegneri. Nel 1842 Turazza vince per concorso la cattedra di geodesia e idrometria dell'Università di Padova. In quegli anni frequenta l'Osservatorio astronomico per imparare metodi di calcolo e osservazione sotto la guida di Santini. Abbandonerà poi la cattedra di geodesia e idrometria per ricoprire quella di matematica applicata, che conserverà sempre anche quando questa muterà il proprio nome in meccanica razionale, con il compito di insegnare contemporaneamente l'idraulica pratica. Lasceremo per il momento da parte gli incarichi ricoperti presso la Scuola di applicazione per ingegneri, di cui parleremo nel prossimo capitolo, facendo solo alcune considerazioni sulla natura eclettica della sua personalità. A differenza dei più famosi ingegneri a lui contemporanei, i quali, sebbene di vasta cultura, si limitano alla loro professione privata e all'impegno politico, le attività di Turazza spaziano dalla didattica in ambito accademico alle ricerche in campo matematico, tecnico e applicativo, fino alla passione per la letteratura, incarnando pertanto la figura di intellettuale a tutto tondo. Questo vale a maggior ragione per Antonio Favaro.

Favaro, di cui abbiamo più volte citato passi dei suoi scritti di storico della scienza, intraprende presso l'Università di Padova una brillante carriera, iniziata come assistente di Turazza e supplente alla cattedra di meccanica razionale e di matematica applicata. Verrà poi incaricato dell'insegnamento di statica grafica, di nuova istituzione, e via via di quelli di calcolo differenziale e integrale, di analisi infinitesimale e di geometria proiettiva presso la Facoltà di Scienze, che proprio in quegli anni cambierà il suo nome da Scienze fisiche, matematiche e naturali a Scienze matematiche, fisiche e naturali. Tuttavia, accanto agli studi matematici e all'attività didattica, Favaro si dedica con grande impegno alla storia della scienza, campo in cui lascerà ai posteri una straordinaria eredità. Oltre alle fondamentali ricerche sulle opere di Galileo, di cui curerà l'edizione nazionale, i suoi lavori hanno come oggetto la ricostruzione del tessuto culturale, sociale e accademico della città di Padova. Le sue opere relative alla storia dello Studio patavino, arricchite di lettere e documenti inediti, costituiscono la premessa per la fondazione dell'Istituto per la storia dell'Università, oggi Centro di Ate-

neo per la storia dell'Università di Padova, di cui diviene nel 1922, nello stesso anno in cui poi morirà, il primo presidente.

Rimandando alla bibliografia per approfondimenti sulla vita e sulle opere di Favaro, ci limitiamo in conclusione a ricordare che Favaro sarà anche il primo titolare della neoistituita cattedra di storia della matematica, prima nel suo genere in Italia (1878). Lo stesso Favaro, nel brano che segue, sottolinea l'importanza della storia della scienza (in particolare si riferisce alla storia della matematica e della fisica) per l'insegnamento scientifico, senza tuttavia nascondere le difficoltà: «Chiunque ha insegnato può attestare come in una lezione di scienze fisiche o matematiche i particolari storici, che si riferiscono ad un dato argomento e precedono ogni altro sviluppo, interessino al più alto grado gli uditori e li preparino a ricevere le spiegazioni teoriche o descrittive: per poco che la questione presenti una qualche importanza nelle sue origini o nei suoi progressi, per poco che la scoperta, della quale eventualmente si tratta, sia stata feconda di applicazioni, l'interesse raddoppia e tutta va a vantaggio della scienza e dell'istruzione [...]. Non deve tuttavia nascondersi che grandissimo è il divario che passa fra l'adottare nell'insegnamento scientifico il così detto metodo storico ed il dare un corso esclusivo di storia di una determinata scienza, ma sebbene, per quanto è a mia cognizione, un corso di storia delle matematiche non sia mai stato dato in una Università italiana, pure non ho esitato a segnare per il primo questa via, od almeno a tentare questo esperimento».

Fisica

Fino alla fine del Settecento, mentre la cosiddetta meccanica classica, riconducibile prima di tutto ai contributi di Galileo e Newton, continua a ricevere conferme, altre branche della fisica, quali l'ottica, l'elettricità, il magnetismo e il calore si trovano in uno stato decisamente più arretrato. Nel corso dell'Ottocento, tuttavia, saranno proprio questi settori a subire un eccezionale sviluppo. Ripercorreremo a questo punto i maggiori risultati raggiunti dalle scienze fisiche, dalla cosiddetta «rivoluzione elettromagnetica» alla nascita della termodinamica, fino alla scoperta dei raggi X, della radioattività e dell'elettrone.

La nostra analisi prende le mosse dai fenomeni elettrici e magnetici. Il secolo si apre con la comunicazione di Alessandro Volta che, in una lettera datata 20 marzo 1800 indirizzata al naturalista Joseph Banks, presidente della Royal Society, annuncia l'invenzione della pila da lui chiamata *organo elettrico artificiale*. La scoperta di Volta apre la strada allo studio delle cariche elettriche in movimento, la cosiddetta elettro-

dinamica: per la prima volta infatti può essere prodotta corrente elettrica controllata. Grazie proprio alla pila di Volta il fisico danese Hans Christian Ørsted scoprirà nel 1820 l'inattesa esistenza di interazioni tra una corrente elettrica e un ago magnetico, un altro importante avvenimento che scuoterà il mondo della fisica. Sarà poi il fisico francese André-Marie Ampère a estendere i risultati di Ørsted introducendo i primi fondamenti matematici dell'elettrodinamica. Digni di nota sono poi i fondamentali contributi del chimico e fisico Michael Faraday che contribuisce in maniera determinante allo studio dell'elettromagnetismo. Faraday eseguirà infatti nel 1821 importanti esperimenti che saranno un prototipo per i futuri motori elettrici e scoprirà nel 1831 il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. L'anno dopo il fisico statunitense Joseph Henry scoprirà un altro fenomeno elettromagnetico, quello dell'autoinduzione, già ipotizzato da Faraday. Tali risultati di importanza straordinaria apriranno la strada ai monumentali lavori di molti scienziati, primo fra tutti James Clerk Maxwell, che culmineranno nella formulazione nel 1864 delle equazioni che portano il suo nome e unificano definitivamente elettricità, magnetismo e ottica.

Per quanto riguarda le teorie del calore, ci soffermiamo brevemente sulla formulazione del principio generale di conservazione dell'energia e sulla nascita della termodinamica: il calore viene finalmente riconosciuto come una forma di energia. Il principio di conservazione dell'energia, a differenza degli altri principi di conservazione individuati nel corso della storia, quali la conservazione della quantità di moto (nel Seicento), la conservazione del momento angolare (tra Seicento e Settecento), la conservazione della carica elettrica (intorno alla metà del Settecento) e la conservazione della materia (tra la fine del Settecento e gli inizi dell'Ottocento), richiede un periodo di gestazione più lungo, dovuto soprattutto alla complessità dei fenomeni oggetto di studio. Innanzitutto, è da sottolineare che nella scoperta della conservazione dell'energia giocano un importante ruolo alcune idee propugnate dai *Naturphilosophen*, i seguaci della *Naturphilosophie* o «scienza romantica». Tra queste, in particolare, l'idea che tutte le forze possano essere convertibili le une nelle altre e la concezione dell'unità di tutte le forze della natura.

Tra i più eminenti lavori che porteranno alla definizione del principio citiamo quelli di Julius Robert von Mayer, di James Prescott Joule e di Hermann von Helmholtz.

Mayer darà alle stampe nel 1842 un articolo contenente le sue *Considerazioni sulle forze della natura inorganica*, arrivando a una prima

formulazione dell'equivalente meccanico della caloria. Joule prenderà invece le mosse dagli studi del calore dissipato in circuiti elettrici, approdando alla definitiva formulazione dell'*equivalente meccanico del calore*. E infine von Helmholtz, partendo dai risultati di Mayer e Joule, enuncia il principio generale di conservazione dell'energia nel suo scritto del 1847, *Über die Erhaltung der Kraft (Sulla conservazione della forza)*. Tale principio inizia a diffondersi rapidamente, anche in seguito a scoperte sperimentali che legano tra loro elettricità, magnetismo, luce, calore, affinità chimica e forze meccaniche, divenendo una guida generale per la ricerca in fisica e in altri settori della scienza.

Su questa base nasce negli anni 1850 e 1851 la moderna termodinamica, grazie ai lavori di Rudolf Clausius e di William Thomson (futuro Lord Kelvin), preceduti da importanti studi di Sadi-Nicolas-Léonard Carnot e di Benoît-Paul-Émile Clapeyron. Il termine «termodinamica» viene coniato dallo stesso Thomson per designare la nuova teoria meccanica del calore. Questa si basa su due principi: il primo, che è il principio di conservazione generale dell'energia; il secondo principio, che ha diverse formulazioni ma può essere enunciato semplicemente sulla base del fatto che il calore passa sempre naturalmente da un corpo a temperatura maggiore a uno a temperatura minore. Per formalizzare il secondo principio viene introdotta la funzione entropia, nome dato da Clausius nel 1865. Il secondo principio costituisce un fondamentale punto di rottura con la meccanica classica, le cui leggi sono reversibili temporalmente: i processi che si sviluppano in una direzione temporale sono coerenti fisicamente anche se si inverte lo scorrere del tempo. La meccanica dopo Galileo e Newton aveva infatti continuato a progredire senza mai porre in dubbio la completa simmetria delle sue equazioni fondamentali rispetto al tempo. Il secondo principio della termodinamica invece afferma che i processi termici seguono spontaneamente una sola direzione temporale, ovvero viene introdotta quella che Eddington chiamerà nel XX secolo «freccia del tempo». La freccia del tempo viene definita utilizzando il concetto di entropia: un sistema isolato evolve sempre nella direzione di crescita dell'entropia e arriva all'equilibrio solo quando l'entropia raggiunge il valore massimo. In altri termini, la seconda legge della termodinamica è esprimibile come legge dell'aumento di entropia. Sarà Ludwig Boltzmann tra i primi a cercare di capire come mai un gas i cui componenti microscopici sono descritti dalle leggi reversibili della meccanica di Newton, macroscopicamente evolva secondo una freccia temporale. L'approccio di Boltzmann, fortemente influenzato dai lavori di Maxwell, di fatto pone le basi per la

moderna meccanica statistica. Nel periodo compreso tra gli anni cinquanta e gli anni settanta dell'Ottocento infatti il concetto di calore troverà una sua interpretazione nell'ambito di una descrizione statistica grazie prima di tutto ai magistrali contributi di Maxwell e di Boltzmann. Proprio da questi lavori nascerà la moderna meccanica statistica, in particolare a partire dai risultati di Josiah Willard Gibbs.

Il secolo volge al termine con tre scoperte fondamentali, tutte e tre conseguite nell'ambito dello studio delle scariche elettriche in gas rarefatti, i cosiddetti «bagliori nel vuoto», il cui studio coinvolge fin dal Seicento vari settori della scienza e della tecnica. Si tratta di fenomeni spettacolari che porteranno alla fine dell'Ottocento a tre scoperte clamorose: quella dei raggi X nel 1895 da parte di Wilhelm Conrad Röntgen, quella della radioattività nel 1896 da parte di Antoine Henri Becquerel e quella dell'elettrone nel 1897 da parte di Joseph John Thomson. Da queste tre scoperte prenderanno le mosse le ricerche in ambito fisico del XX secolo che contribuiranno in modo decisivo a nuovi straordinari sviluppi della scienza e della tecnica, come vedremo nel prossimo paragrafo.

La fisica all'Università di Padova

La nostra analisi prende le mosse dal professore Salvatore Dal Negro, che ricoprirà la cattedra di fisica dal 1806 al 1839, dimostrandosi degno continuatore dell'opera intrapresa da Poleni. Durante il suo lungo mandato Dal Negro, che sarà anche rettore nell'anno 1828-29, si dedica con uguale impegno sia alla ricerca sperimentale che alla didattica. Risale a questo particolare periodo di avvicendamento delle dominazioni napoleonica e austriaca la riunione delle due cattedre di fisica sperimentale (ricoperta da Dal Negro dal 1806 al 1817) e di fisica teorica (assegnata ad Avanzini dal 1815 al 1817) in una sola. La cattedra di fisica verrà ufficialmente istituita a partire dal 1817 e sarà affidata allo stesso Dal Negro.

Le recenti scoperte e invenzioni nel campo dell'elettricità e del magnetismo costituiscono il fulcro delle sue ricerche in ambito fisico. Dal Negro si impegna con acume in questo campo di ricerca all'avanguardia e ancora assai poco frequentato, indagandone in maniera estesa i principali fenomeni e i più recenti sviluppi e applicazioni. Per i suoi notevoli lavori, il suo nome è da annoverare tra quelli dei maggiori fisici del suo tempo e ciò contribuirà ad accrescere il prestigio dell'Università di Padova, inserendola nel circuito internazionale degli studi sull'elettricità e il magnetismo. Dal Negro si dedicherà per tutta la vita alla

realizzazione di una serie di esperimenti di grande valore, inventando anche nuove apparecchiature. Questa sua attività arricchirà la collezione del Gabinetto di fisica, a fini didattici e di ricerca, che si amplierà con strumenti sia realizzati da lui o dai meccanici alle sue dipendenze (in particolare Francesco Tessarolo e il figlio Antonio), sia acquistati da artigiani o gabinetti di fisica di altre università.

La produzione scientifica di Dal Negro copre il periodo che va dal 1799 al 1838 e abbraccia diversi ambiti di ricerca. Citiamo qui le sue ricerche sull'ariete idraulico, inventato da Joseph-Michel Montgolfier alla fine del Settecento, svolte tra il 1810 e il 1811, e l'invenzione nel 1809 di un apparecchio per la misura di tempi molto brevi, da lui chiamato «oligocronometro», che perfezionerà nel corso del tempo, utilizzandolo tra l'altro per misurare la velocità iniziale dei proiettili negli anni che vanno dal 1824 al 1831. Ma il campo di ricerca da lui prediletto è quello dell'elettricità e del magnetismo. Non a caso la sua prima opera, pubblicata nel 1799, riguarda i generatori elettrostatici. Negli anni seguenti si dedica in particolare allo studio delle pile voltaiche, realizzando tra l'altro nel 1804 un nuovo modello di elettrometro, e allo studio sistematico delle elettrocalamite (da lui chiamate «calamite temporanee»), introducendo tra l'altro, nella seconda metà degli anni trenta dell'Ottocento, uno strumento denominato «dinamomagnetometro» per misurarne la forza. Ed è in quest'ultimo campo che Dal Negro dà i suoi contributi più rilevanti, al passo con i nuovi sviluppi dell'elettromagnetismo, che dal 1831 ricevono un notevole impulso dalla scoperta di Faraday dell'induzione elettromagnetica. Dal Negro è infatti tra i primi a sfruttare le elettrocalamite per realizzare dei motori elettrici, da lui chiamati arieti elettromagnetici, semplici o composti.

Nel periodo di dominazione austriaca, oltre al nome di Dal Negro vale la pena citare quello di Luigi Magrini, assistente dello stesso Dal Negro, che sarà professore di fisica nel 1839 e nel 1840, e quello di Francesco Zantedeschi, professore di fisica dal 1848 al 1858. Magrini darà importanti contributi nel campo dell'elettromagnetismo, inventando un modello di motore elettrico e un particolare tipo di telegrafo. Collaborerà inoltre con Antonio Pacinotti per la realizzazione del famoso anello o «dinamo» di Pacinotti. Zantedeschi si occuperà dei temi più disparati: i suoi studi abbracciano infatti argomenti di astronomia, spettroscopia, meteorologia ed elettricità. Di Zantedeschi vogliamo mettere in risalto la passione e la cura che riserva in particolare alla strumentazione scientifica. Il professore infatti si dedica al restauro di numerosi strumenti antichi ma anche alla progettazione di nuovi.

Un altro personaggio degno di nota è Francesco Rossetti, che ricopre la cattedra di fisica a partire dall'anno accademico 1867, nel periodo dunque immediatamente successivo all'annessione del Veneto al Regno d'Italia. Egli compie la sua formazione tra Padova e Vienna. Nel 1864 intraprende un viaggio d'istruzione all'estero, tra Germania e Francia, partendo da Vienna e visitando poi alcune città dotate di istituti scientifici all'avanguardia, tra le quali Monaco, Stoccarda, Karlsruhe, Heidelberg, Francoforte, Bonn, Colonia e Parigi. Durante il soggiorno all'estero Rossetti entrerà in contatto con alcune delle maggiori personalità scientifiche del tempo: incontra infatti Hermann von Helmholtz, Robert Wilhelm Bunsen, Gustav Robert Kirchhoff e il chimico e fisico francese Henri-Victor Regnault. A Padova Rossetti arricchisce il Gabinetto di preziosi strumenti all'avanguardia, mantenendo le ricerche in ambito fisico al passo con quelle che si svolgono nei più attrezzati istituti tedeschi. Scrive memorie sull'ottica, riprende e amplia le ricerche iniziate a Parigi su suggerimento di Regnault sul massimo di densità e dilatazione dell'acqua, anche se i suoi lavori più importanti riguardano le pile e i generatori elettrici. Le sue ricerche negli anni settanta del secolo vertono principalmente sui generatori a induzione di Holtz, e in seguito, studiando la temperatura di un arco voltaico, inizierà a interessarsi alla temperatura del Sole, questione alquanto controversa al tempo, e collegata a quella della datazione del Sole di cui si è parlato sopra nella sezione dedicata all'astronomia. Durante la sua vita Rossetti otterrà numerosi riconoscimenti e sarà insignito di varie onorificenze. Tra queste citiamo la delega governativa al Congresso internazionale di elettricità di Parigi nel 1881, dove ricoprirà anche la carica di vicepresidente della giuria per l'Esposizione internazionale di elettricità organizzata nello stesso anno.

Succederà a Rossetti nell'insegnamento di fisica Augusto Righi, che sarà chiamato a Padova nel 1885 e ricoprirà la cattedra fino al 1889. Su Righi, figura importante della fisica dell'Ottocento, tanto è stato scritto. Dotato di una mente brillante e di un geniale intuito sperimentale, produrrà lavori che abbracciano sostanzialmente l'intero campo delle scienze fisiche. Vale la pena comunque citare alcuni dei suoi maggiori contributi, rimandando il lettore ai testi riportati in bibliografia. Iniziamo menzionando i primi lavori, che riguardano la teoria dei condensatori e le macchine a induzione. Costruirà infatti negli anni settanta dell'Ottocento una macchina elettrostatica, l'elettrometro a induzione, considerato il modello dell'acceleratore di Van de Graaff realizzato sessant'anni dopo. Righi apre dunque un vasto campo di ricerche sulla

teoria delle scintille o scariche elettriche. Dallo studio delle scariche elettriche lo scienziato otterrà notevoli risultati, come si apprende da un libro da lui pubblicato due anni prima della morte, *I fenomeni elettro-atomici sul campo magnetico*.

La fama di Righi è legata particolarmente allo studio delle radiazioni elettromagnetiche. In questo campo riprende le esperienze di Heinrich Rudolf Hertz dando conferma definitiva dell'identità tra onde luminose e onde elettromagnetiche, che presentano gli stessi fenomeni di riflessione, rifrazione e polarizzazione. Per le proprie esperienze Righi si servirà di un oscillatore a tre scintille da lui stesso ideato e capace di produrre radiazioni elettromagnetiche aventi lunghezze d'onda centimetriche: Hertz infatti intorno alla fine degli anni ottanta dell'Ottocento aveva ottenuto la prima verifica della presenza delle onde elettromagnetiche previste da Maxwell, ma non era riuscito a ottenere lunghezze d'onda inferiori a 66 cm. I risultati di queste ricerche saranno esposti nella sua opera *L'ottica delle oscillazioni elettriche* (1897). Va detto che grazie alle proprietà di questo tipo di oscillatori si aprirà la strada allo studio delle onde corte (banda radio) impiegate per la trasmissione a distanza. Guglielmo Marconi, in contatto con Righi, riuscirà infatti a portare avanti i suoi primi esperimenti di telegrafia senza fili facendo uso proprio degli oscillatori ideati da Righi. Righi si dedica inoltre allo studio dei fenomeni del suono in analogia con quelli luminosi, ottenendo anche qui importanti risultati. Si occupa inoltre di magnetismo, scoprendo nel 1880 l'isteresi magnetica, di magneto-ottica, dei dielettrici posti in campi elettrici, dei reticoli di diffrazione, dei fenomeni di polarizzazione e dei moti vibratori.

Di notevole importanza è l'opera da lui compiuta anche nell'ambito della fisica moderna: conierà il termine «fotoelettrico» per spiegare il fenomeno di emissione di corrente elettrica sotto l'azione della luce (cfr. il paragrafo successivo), e si occuperà anche di raggi X e di radioattività, mantenendosi dunque al passo con i progressi fatti dalla fisica negli anni ottanta e novanta dell'Ottocento. Negli ultimi anni della sua vita si dedicherà poi, in linea con la posizione anti relativistica di altri scienziati italiani come Quirino Majorana, a un esame critico delle basi sperimentali della teoria di Einstein della relatività ristretta.

A Padova il suo soggiorno sarà breve. Nonostante questo, Righi riuscirà ad arricchire il corredo strumentario del Gabinetto di fisica, richiedendo fondi straordinari per l'acquisto di apparecchiature all'avanguardia, e darà contestualmente un notevole impulso alle ricerche con la nuova strumentazione. Svolgerà dunque presso l'Ateneo patavino

importanti studi, specialmente relativi alla fotoresistenza e all'ottica delle onde elettromagnetiche, lavori che troveranno la loro conclusione a Bologna, dove verrà chiamato definitivamente a ricoprire la cattedra di fisica e dove tra l'altro gli sarà affidata la progettazione del nuovo Istituto inaugurato nel 1907. Figura di primo piano nella riorganizzazione e nello sviluppo della fisica italiana, Righi sarà inoltre tra i fondatori della Società italiana di fisica (1897).

Il secolo si chiude con Giuseppe Vicentini, chiamato a occupare la cattedra di fisica sperimentale a partire dall'anno accademico 1894-95. A Padova Vicentini si dedicherà principalmente a problemi relativi alla sismologia, e non è un caso che il suo nome sia legato all'ideazione di uno specifico tipo di microsismografo particolarmente sensibile per registrare microsismi. Qui fonderà inoltre un osservatorio geodinamico nel 1895.

Tra i suoi numerosi lavori citiamo anche gli studi sulla resistenza elettrica e sulle scariche elettriche nei gas rarefatti, argomento di punta della fisica di fine secolo. Giuseppe Vicentini, insieme al suo assistente Giulio Pacher, inizierà a lavorare alla produzione di raggi X non appena sarà diffusa, il 28 dicembre del 1895, la notizia della scoperta di Röntgen, come attestano le sue parole: «A chi non è balenato alla mente dopo la scoperta e lo studio delle onde elettriche la possibilità della fotografia attraverso i corpi opachi alla luce ordinaria? Ciò non dico già per menomare la scoperta del Röntgen che è meravigliosa e sarà sempre ammirata, ma per far conoscere come, dato l'indirizzo odierno dello studio di una certa classe di fenomeni elettrici, la nuova fotografia era un passo innanzi che presto o tardi la scienza doveva fare. Appena edotto delle esperienze del fisico di Würzburg mi diedi a ripetere in modo alquanto diverso de' tentativi che avevo intrapreso altre volte». La velocità con cui lui riuscirà a replicare gli esperimenti – la prima esperienza di Vicentini risale al 16 gennaio 1896, poche settimane dopo la scoperta di Röntgen – è legata essenzialmente alla dotazione strumentale del suo laboratorio, analoga peraltro a quella di numerosi laboratori dell'epoca, che comprende principalmente tubi di Crookes impiegati per indagare la natura della radiazione catodica. I suoi studi sui raggi X gli procureranno immediatamente fama a livello europeo. Degna di nota infine è la volontà di Vicentini di collaborare con medici interessati al tema per applicare la tecnica dei raggi Röntgen alla medicina: grazie a tali importanti collaborazioni nascerà a Padova, prima sede in Italia, la sperimentazione radiologica.

Chimica

Nei primi anni dell'Ottocento la chimica attraversa un periodo di particolare fioritura. Senza pretesa di completezza citiamo due fondamentali leggi proposte in quegli anni. La prima è la legge delle proporzioni definite, formulata dal chimico Joseph-Louis Proust, secondo cui «in un composto chimico le masse degli elementi sono sempre presenti in un rapporto definito e costante». La seconda legge è quella scoperta da Joseph Louis Gay-Lussac, allievo di Berthollet, figura di spicco della chimica moderna e collaboratore di Lavoisier, riguardante i volumi di gas che si combinano chimicamente tra loro. L'enunciato di questa legge è ben espresso dallo stesso Gay-Lussac con le parole: «Ho mostrato in questa Memoria [1809] che le combinazioni delle sostanze gassose, le une con le altre, avvengono sempre nei rapporti più semplici, in modo che indicando uno dei due termini con l'unità, l'altro è 1, o 2, o tutt'al più 3». Tuttavia la legge dei volumi sarà inizialmente criticata dall'inglese John Dalton, padre della moderna teoria atomica. La sua definitiva formulazione (nota oggi come «legge delle proporzioni multiple di Dalton»), coerente con la teoria atomica, avverrà come vedremo tra breve solo dopo i contributi di Amedeo Avogadro.

Risale sempre ai primi anni dell'Ottocento l'elaborazione della moderna teoria atomica da parte di Dalton, uno dei personaggi più rappresentativi della chimica ottocentesca. In ambito inglese, egli incarna perfettamente la figura di scienziato professionista, agevolato indubbiamente anche dal contesto culturale ben rappresentato dalle città dove condurrà le sue ricerche: Manchester, Londra ed Edimburgo. Manchester in particolare, nota come la «capitale» della prima rivoluzione industriale, sarà teatro di una eccezionale fioritura dell'attività scientifica. Le ricerche in ambito chimico di Dalton prendono le mosse dallo studio dei gas. Elaborata nel 1803, la sua teoria atomica sarà presentata dallo stesso Dalton alla comunità scientifica in maniera più completa nel secondo decennio del secolo. L'idea alla base è la seguente: differenti elementi chimici sono costituiti da differenti tipi di atomi, e atomi dello stesso elemento vengono distinti da quelli di elementi diversi da un peso caratteristico. Dalton, individuando nell'idrogeno l'elemento chimico più leggero, esprime i pesi atomici dei vari elementi come multipli del peso atomico dell'idrogeno. Per oltre cinquant'anni tuttavia la teoria di Dalton non riscuoterà un elevato numero di consensi, tanto che la controversia sugli atomi costituirà un argomento di dibattito centrale nell'Ottocento. Le motivazioni addotte per giustificare l'ina-

deguattezza di tale interpretazione saranno le più disparate. Alcuni scienziati saranno propugnatori di una teoria chimica fondata su leggi matematiche, secondo il modello della fisica e della meccanica celeste; altri caldeggeranno l'esclusione dalla scienza di entità non osservabili, una posizione alimentata dal diffondersi delle idee positivistiche di Auguste Comte; altri ancora saranno riluttanti a credere all'esistenza di un numero elevato di costituenti elementari della materia.

Per evitare fraintendimenti e per meglio comprendere la teoria di Dalton, vale la pena soffermarsi sulla differenza che sussiste tra «atomismo chimico» e «atomismo fisico». Ciò che Dalton definisce con il termine «atomi» sono i più piccoli oggetti materiali capaci di mostrare proprietà chimiche. L'atomismo chimico, scevro da qualsiasi riferimento alla struttura ultima della materia, costituisce pertanto la base teorica per assegnare i pesi relativi agli elementi e per attribuire ai composti le relative formule molecolari. Da qui risulta chiaro come la maggioranza dei chimici diventerà ben presto sostenitrice dell'atomismo chimico: gli enormi progressi della chimica, in generale, e la nascita della nuova branca della chimica fisica, in particolare, favoriranno nella seconda metà dell'Ottocento il consolidarsi della teoria atomica, intesa come strumento potente per una spiegazione unitaria e consistente di una serie di osservazioni sperimentali, sebbene continui a venir meno una prova diretta dell'esistenza degli atomi. Friedrich August Kekulé von Stradonitz, famoso chimico organico e tra gli organizzatori del primo congresso di chimica di cui parleremo a breve, riassume in maniera esemplare il punto di vista di molti chimici nei confronti della teoria atomica: «Che gli atomi esistano o no è un problema che compete alla metafisica, ma è di scarso significato in chimica. Ciò che invece è importante è stabilire se l'ipotesi atomica sia utile per spiegare i fenomeni chimici. Io posso affermare senza esitazioni che, da un punto di vista filosofico, non credo nella reale esistenza degli atomi, nel loro significato letterale di particelle indivisibili di materia, ma spero che un giorno si possa trovare una spiegazione meccanico-matematica per ciò che abbiamo chiamato atomi, che possa dar conto del peso atomico, della valenza e di molte altre loro proprietà. Come chimico, comunque, considero l'ipotesi degli atomi, non solo utile, ma assolutamente essenziale, e credo che gli atomi chimici esistano, purché con questo termine si indichino particelle di materia che rimangono indivisibili nel corso delle trasformazioni chimiche». D'altra parte, l'atomismo fisico, che fa riferimento alla composizione e alla struttura ultima della materia, sarà oggetto di numerose controversie, che si estingueranno solamente con le

straordinarie scoperte che inaugureranno la fisica moderna, a partire dalla scoperta dell'elettrone. Vedremo nel prossimo paragrafo che i primi modelli atomici saranno elaborati all'inizio del Novecento.

Ciò che accomunerà il pensiero della maggior parte degli scienziati, al di là delle critiche sulla realtà o meno degli atomi e del loro numero, è il riconoscimento che la teoria atomica daltoniana possa rappresentare la giusta direzione verso un'efficace fondazione delle scienze chimiche.

Proprio in questo senso, a partire dal 1811 si faranno strada le idee del chimico Amedeo Avogadro, che avrà l'intuizione di mettere in collegamento la teoria atomica con la legge di combinazione dei gas scoperta da Gay-Lussac. Avogadro elabora il suo famoso principio secondo cui, nelle medesime condizioni di temperatura e pressione, volumi uguali di gas diversi contengono lo stesso numero di molecole. Peraltro la proposta di Avogadro non circolerà subito nella comunità scientifica, e comincerà a essere riconosciuta come un importante apporto alla teoria atomica solo dopo i contributi di Cannizzaro, di cui parleremo a breve.

Nel periodo compreso tra il 1810 e il 1860 la chimica poggerà ancora su basi incerte, specialmente per quanto riguarda la sistematizzazione delle procedure. A partire dagli anni venti, tuttavia, sarà possibile conoscere i pesi atomici, e dunque conoscere la formula chimica di molti composti più semplici, grazie soprattutto ai lavori e alle tecniche messe a punto da Jöns Jacob Berzelius.

Un fondamentale momento di svolta sarà rappresentato, come accennato, dall'opera di Stanislao Cannizzaro, ineguagliabile maestro di insigni chimici che insegneranno presso l'Università di Padova, che tra gli altri meriti avrà quello di far conoscere alla comunità dei chimici l'opera di Avogadro. Nel suo magistrale lavoro del 1858, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Cannizzaro riconosce appunto che la soluzione dei problemi della teoria atomica deve essere individuata nell'opera di Avogadro. Chiarisce qui per la prima volta la distinzione tra atomi e molecole, indicando l'uso di metodi chimici e fisici per la determinazione dei pesi molecolari e dei pesi atomici: «le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole sono tutte multiple intere di una medesima quantità, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi atomo». Cannizzaro è il primo, sviluppando l'opera dei suoi predecessori, a costruire un sistema di pesi atomici e di formule che accorpa importanti dati fisici esposti in maniera coerente. I suoi straordinari lavori e le sue intuizioni gli varranno l'invito al primo congresso mondiale di chimica tenutosi a Karlsruhe dal 3 al 5 settembre 1860, organizzato per

discutere questioni riguardanti gli ultimi progressi raggiunti dalle scienze chimiche, tra cui la nomenclatura chimica e i pesi atomici. I suoi contributi eserciteranno in tale sede una forte influenza sui partecipanti, in particolare su Julius Lothar Meyer e Dmitrij Ivanovič Mendeleev, che riconoscendo la validità delle sue considerazioni elaboreranno nel volgere di pochi anni le prime tavole periodiche degli elementi.

Possiamo pertanto avviarci a concludere questa breve rassegna con alcune note sulla classificazione degli elementi. Sarà proprio Mendeleev che nel 1869 avrà la brillante idea di sistemare gruppi di elementi secondo l'ordine dei pesi atomici, facendo emergere una progressione regolare nelle differenze tra i pesi atomici degli elementi posti nelle colonne verticali (la tavola di Mendeleev contiene circa 60 elementi). Nella successione dei pesi atomici crescenti ci si accorge che a un certo punto c'è un elemento di peso atomico superiore, le cui proprietà chimico-fisiche corrispondono a quelle di un elemento di peso minore, e da questo elemento in poi si ordinano gli elementi in un nuovo periodo e così via. Nella tavola di Mendeleev, come in molte delle tavole degli elementi posteriori, gli elementi sono disposti in colonna e ordinati in base al peso atomico dall'alto verso il basso lungo i cosiddetti «periodi», configurazione ruotata di 90 gradi rispetto a quella dell'attuale tavola periodica, in cui ogni riga racchiude tutti gli elementi dello stesso «periodo» e ciascuna colonna si riferisce agli elementi appartenenti allo stesso «gruppo». Tale differenza, come vedremo, si spiega considerando il differente criterio con cui oggi vengono ordinati gli elementi, ovvero secondo il numero atomico, cioè il numero di cariche positive del nucleo, e non secondo il peso atomico. Sempre nel 1869 Mendeleev espone alla Società chimica russa una relazione in cui ipotizza l'esistenza di tre nuovi elementi: è possibile infatti identificare tre posti vuoti nella tavola tra idrogeno e litio, tra fluoro e sodio e tra cloro e potassio, lacune che indicherebbero la posizione di tre elementi ignoti, ovvero quelli che saranno scoperti e chiamati elio, neon e argon.

Prima di Mendeleev, nel 1864, Lothar Meyer aveva elaborato una tavola con 28 elementi ordinati per peso atomico crescente, ma la pubblicazione del suo lavoro, in cui troviamo una tavola periodica in forma verticale pressoché analoga a quella di Mendeleev, avverrà solo nel 1870. È uno dei tanti esempi ricorrenti nella storia della scienza in cui nel volgere degli stessi anni più scienziati arrivano a scoperte analoghe, che alla fine portano il nome di chi le ha pubblicate per primo: è il segno che a un certo punto i tempi sono maturi per arrivare a un avanzamento della conoscenza scientifica.

La scoperta del sistema periodico costituisce uno degli eventi più significativi della storia della chimica ottocentesca, in quanto consentirà finalmente di mettere un ordine alla lista degli elementi, che verranno via via scoperti anche grazie alle tecniche spettroscopiche, in una tavola facilmente leggibile e comprensibile nella quale peso atomico e proprietà chimico-fisiche degli elementi vengono messi per la prima volta in corrispondenza. Riportare gli elementi in un sistema periodico permetterà poi di ipotizzarne di nuovi, insieme alle loro proprietà, consentendo di elaborare una serie di previsioni ed evidenziare nuovi problemi.

In seguito alla scoperta dell'elettrone, in un cammino non facile che fa anche dubitare della correttezza della tavola periodica tra la fine dell'Ottocento e il primo decennio del Novecento, gli elementi saranno alla fine ordinati secondo il numero atomico, e non più secondo il peso atomico: questo risolve la questione di quelli che oggi chiamiamo isotopi, cioè elementi che hanno lo stesso numero atomico, ma diverso peso atomico (legato alla presenza nel nucleo di un diverso numero di neutroni). Molte proprietà chimico-fisiche degli isotopi sono comuni, e non era chiaro come ordinarli nelle prime tavole periodiche: passando dal peso atomico al numero atomico la questione verrà risolta. È questo il grande contributo del 1913 di Henry Moseley, da cui nascerà l'attuale tavola periodica degli elementi.

Per quanto concerne la nascita e la costituzione in forma autonoma di nuove branche della chimica, citiamo lo sviluppo della chimica organica, ovvero lo studio dei composti del carbonio, che costituirà un solido legame con la biologia, e la nascita della stereochemica negli anni settanta dell'Ottocento, ovvero lo studio della disposizione spaziale degli atomi all'interno di molecole. Sarà proprio la stereochemica a costituire uno strumento privilegiato per individuare gli isomeri, composti aventi la stessa formula molecolare ma diversa formula di struttura, cioè aventi lo stesso numero e la stessa tipologia di atomi ma in configurazione differente. La notazione dei grafi in chimica e lo sviluppo della teoria chimico-algebrica garantiranno poi un'importante saldatura tra chimica e matematica. Nascerà inoltre in questo secolo la chimica analitica, quella branca della chimica che si occupa dell'identificazione, della caratterizzazione chimico-fisica e della determinazione sia qualitativa che quantitativa dei componenti delle varie sostanze. In relazione a quest'ultima branca, che come vedremo risconterà un particolare successo presso l'Ateneo patavino, è bene sottolineare la necessità di avere a disposizione strumenti e metodi di analisi via via più precisi per

poter assegnare a una molecola una propria struttura e studiarne il comportamento in una serie di reazioni chimiche.

La chimica all'Università di Padova

Durante il periodo della dominazione francese l'insegnamento della chimica è articolato in due cattedre distinte, chimica generale e chimica farmaceutica, in seno alla Facoltà medica. Girolamo Melandri Contessi occuperà la cattedra di chimica generale, succedendo a Carburì nel 1809, mentre a Salvatore Mandruzzato verrà affidata la cattedra di chimica farmaceutica. Quest'ultimo si dedicherà a studi sulle acque termali di Abano Terme, confermando che in esse è presente lo zolfo. Animato da spirito illuministico e sostenitore della chimica di Lavoisier, Mandruzzato si prefigge l'obiettivo di individuare le conseguenze terapeutiche dello zolfo, cosa che verrà definitivamente verificata dal suo successore.

Per quanto riguarda la chimica generale, Melandri riesce ad avviare e a far progredire interessi scientifici sostenendo la libertà e l'autonomia della ricerca in chimica, con l'intento di favorire lo sviluppo e la diffusione di nuove conoscenze. Questo suo intento tuttavia è in netto contrasto con le idee del suo predecessore Carburì, e non pienamente condiviso neanche da quasi tutti i suoi successori, per i quali le iniziative autonome di ricerca rimarranno marginali rispetto alle loro attività di insegnamento. Dovremo aspettare il 1880 con l'ingresso nell'Università di personalità quali Giacomo Ciamician, Pietro Spica Marcatajo e Raffaello Nasini per assistere al rifiorire della chimica padovana.

L'insegnamento distinto delle due chimiche durerà solo un decennio: quando infatti subentreranno le autorità austriache e l'Università di Padova verrà equiparata a quelle di Praga e di Vienna, le due cattedre verranno riunite e affidate a un unico docente. È bene sottolineare a questo punto che, nonostante i notevoli progressi delle scienze chimiche in quegli anni, i docenti viennesi manifestano ancora una certa inerzia nell'accettare la nuova caratterizzazione della chimica. Dalla lettura dei programmi di insegnamento non si ha di fatto percezione del nuovo *status* raggiunto dalla chimica tra gli altri settori della scienza. Melandri interviene nel 1816 per rivendicare l'autonomia della disciplina domandando al Senato «la facoltà di poter conferire la laurea in chimica a quelli che lo dimandassero». Melandri insegna in questo periodo chimica generale, animale e farmaceutica nello Studio medico-chirurgico-farmaceutico, adottando come libro di testo il suo *Trattato Elementare di Chimica Generale e Particolare*, e fino a questo momento viene confe-

rita unicamente la licenza ai farmacisti per l'abilitazione all'esercizio della professione. La richiesta di Melandri verrà accolta solamente nel 1833, anno in cui sarà varata una riforma degli studi che porterà anche all'estensione da due a tre anni del percorso di formazione per chimici.

L'insegnamento di chimica (generale) passerà definitivamente in seno alla Facoltà filosofico-matematica dopo la chiamata di Francesco Ragazzini, professore ordinario di chimica dal 1836 al 1864. Non possiamo nascondere che la chimica padovana farà un passo indietro con l'ingresso di Ragazzini. In un periodo in cui la chimica sta assumendo una propria autonomia tra i vari settori disciplinari, Ragazzini continuerà a considerarla un ausilio della medicina, in linea comunque con la situazione accademica in cui tale materia è inserita. Presso l'Ateneo patavino infatti vi è una netta prevalenza di farmacisti chimici e le più importanti ricerche di ambito chimico vengono pubblicate su riviste di medicina. L'oggetto privilegiato delle ricerche di Ragazzini è l'analisi delle acque minerali. La ragione di una tale predominanza tematica potrebbe risiedere nella volontà di proseguire gli studi dei suoi predecessori, in particolare di Mandruzzato, ma potrebbe essere legata anche all'interesse delle autorità austriache, che di certo non avrebbero disdegnato un'altra sicura fonte di guadagno derivante dall'aumento del consumo di queste acque.

Nonostante lo stato di arretratezza in cui versa la chimica padovana in questo periodo, nel 1858 vi è comunque un'importante novità istituzionale: viene creata una cattedra straordinaria di chimica generale e tecnologica, in seno alla Facoltà filosofico-matematica, e a ricoprirla è chiamato Francesco Filippuzzi, il quale aprirà la strada al periodo di massimo splendore che la chimica patavina raggiungerà negli anni successivi. Egli soggiognerà a Vienna per completare la sua formazione sotto la guida del chimico tedesco Justus von Liebig. Avrà poi la possibilità di visitare numerosi stabilimenti scientifici europei e di lavorare con alcuni tra i maggiori chimici del suo tempo, come Robert Bunsen. Nei primi anni del suo insegnamento presso l'Ateneo Filippuzzi si dedicherà a un primo tentativo di ammodernamento del laboratorio di chimica, dirigendo lui stesso i lavori. Della sua competenza, dimostrata nell'organizzazione e nella direzione del laboratorio, si avvale anche uno dei più illustri chimici italiani, Stanislao Cannizzaro, che richiederà a Filippuzzi la collaborazione per la progettazione dei nuovi laboratori dell'Università di Roma.

In seguito all'annessione al Regno d'Italia, la chimica incontra, come abbiamo anticipato, una situazione decisamente più favorevole. Gli

allievi di Cannizzaro che verranno chiamati a ricoprire la cattedra di chimica dell'Università di Padova daranno lustro all'Ateneo e ne accresceranno la fama a livello internazionale. Grazie ai loro contributi la chimica verrà considerata a tutti gli effetti come una vera e propria scienza autonoma, in linea con quanto avvenuto nel resto d'Europa.

Questo nuovo periodo della chimica padovana è inaugurato dalla figura di Giacomo Ciamician, il cui mandato durerà solo due anni, dal 1887 al 1889, poiché lamenterà la scarsità delle attrezzature e la faticosità del laboratorio. Riteniamo comunque doveroso soffermarci brevemente su questo personaggio che tanto darà al mondo delle scienze chimiche. Ciamician si forma a Vienna occupandosi prevalentemente di chimica fisica e di spettroscopia; lavora poi a Roma, nel gruppo diretto da Cannizzaro, dove ha la possibilità di continuare le sue ricerche di spettroscopia e di approfondire lo studio dei composti organici azotati. Arrivato a Padova e resosi conto delle ristrettezze della strumentazione chimica, scriverà in una lettera a Cannizzaro e datata 26 maggio 1888: «All'indirizzo un po' ristretto dei lavori sperimentali di quest'anno, ho cercato di rimediare con una lunga serie di conferenze domenicali». Da qui si evince anche l'importanza che il chimico attribuisce alla divulgazione scientifica e all'attività di insegnamento. Nella sua pur breve permanenza, Ciamician riuscirà a modificare radicalmente il funzionamento dell'istituzione in cui si trova, affiancando all'attività didattica quella di ricerca, promuovendo una feconda collaborazione tra ambiti di studio diversi, organizzando una comunità scientifica riunita attorno a obiettivi comuni. L'interdisciplinarietà sarà infatti la cifra stilistica che caratterizzerà le future ricerche in chimica presso l'Ateneo, con una profonda trasformazione dei metodi impiegati e degli obiettivi preposti. Grazie all'opera di Ciamician e dei suoi successori la chimica padovana acquisterà sempre più prestigio, in particolare nell'ambito della chimica fisica.

Verranno inoltre impiegati strumenti e tecniche sperimentali all'avanguardia che permetteranno ai professori dell'Ateneo di svolgere ricerche innovative, al passo con i più recenti sviluppi della chimica. Ai più tradizionali strumenti quali la bilancia, la buretta, il cannello ferrominoratorio, la «vetreria», la stufa e il termometro, si affiancheranno per esempio lo spettroscopio, che consentirà ai chimici l'identificazione degli elementi, il polarimetro, impiegato per misurare la deviazione del piano di oscillazione della luce polarizzata quando attraversa varie sostanze organiche, e il colorimetro, che misura l'assorbimento di particolari lunghezze d'onda della luce da parte di una soluzione colorata

con applicazioni alla cosiddetta «fotografica chimica», ovvero lo studio delle reazioni chimiche coinvolte nel processo fotografico.

Altro eminente personaggio della chimica padovana è Raffaello Nasini, chiamato a ricoprire la cattedra di chimica generale nel 1891. Anch'egli allievo di Cannizzaro, avrà la possibilità di formarsi presso i laboratori tedeschi, specialmente a Berlino, dove seguirà anche i corsi di elettricità tenuti da Hermann von Helmholtz. Nasini darà un forte impulso alle ricerche nei vari settori della chimica. A lui si deve l'introduzione di nuove ricerche nel campo della chimica fisica e di tematiche di matematica superiore nell'insegnamento della chimica, e l'inserimento delle esercitazioni di laboratorio fin dal primo anno. Si deve sempre a Nasini l'introduzione della prima cattedra di elettrochimica in Italia, una proposta decisamente d'avanguardia. L'elettrochimica è concepita in particolare come applicazione della ricerca pura in chimica fisica, ed è di estremo interesse sia per lo sviluppo tecnologico sia per la produzione industriale. La creazione di tale insegnamento viene suggerita da Nasini nel marzo del 1900, nell'ambito della sua proposta di modifica del curriculum dei laureandi in Chimica. La sua richiesta viene rapidamente accolta: già nei primi anni del Novecento saranno infatti istituite le prime cattedre di elettrochimica in Italia, a Padova e a Torino. Presso l'Ateneo patavino l'incarico provvisorio è affidato nel 1901 a un allievo di Nasini, Giacomo Carrara, interessato a studi di chimica organica e a ricerche in ambito chimico-fisico. A Torino è Arturo Miolati a vincere il concorso per la prima cattedra di elettrochimica istituita presso il Museo industriale (Politecnico dal 1906), con decorrenza dal 1° gennaio 1902.

Nasini svolge anche un'intensa attività politica presso l'Ateneo. Egli, infatti, sollecitando parlamentari e forze politiche, suscitando il consenso della cittadinanza oltre che dei suoi colleghi docenti, riuscirà a ottenere importanti risultati: renderà esecutivo per esempio il progetto per il nuovo istituto e, come abbiamo già accennato, introdurrà importanti modifiche nell'organizzazione del corso di laurea sia a livello locale che a livello nazionale. Nel 1903 riuscirà a far approvare la legge istitutiva del Consorzio tra Università, governo, Comune e Provincia di Padova, grazie al quale l'Università conoscerà una notevole espansione nella città. Proprio nell'ambito del Consorzio, Nasini presenta un piano che prevede, oltre al già citato nuovo Istituto di chimica generale, «la sistemazione più larga del palazzo universitario, compreso il nuovo istituto di mineralogia, la sistemazione completa della scuola di S. Mattia, compreso il nuovo istituto di zoologia, e la sistemazione della biblioteca».

A Padova Nasini riesce a creare le condizioni materiali e un ambiente culturale adatto per la ricerca, ottenendo cospicui fondi da investire per il suo istituto. Accanto a temi di chimica fisica, Nasini si dedica a studi idrologici e a ricerche sulle emanazioni terrestri, allo scopo di individuare due nuovi elementi, l'argon e l'elio. Alcuni estratti della prolusione, che egli tiene al corso di chimica fisica a Pisa presso l'Istituto di chimica generale nel 1907, mettono bene a fuoco lo scopo e le prospettive di questa nuova disciplina: «Nelle menti degli uomini benemeriti e illustri che la chimica fisica fondarono e svilupparono il fine era elevatissimo: addentrarsi nel mondo degli atomi e descriverlo [...] campi dove si sono già avuti frutti meravigliosi e che promettono di darne ancora dei migliori sono quelli delle applicazioni della chimica fisica alle altre scienze e all'industria. Quanto alla fisiologia e alla medicina esse hanno approfittato largamente della chimica fisica. [...] Anche in Italia può dirsi che non vi è clinica medica in cui non vi sia un reparto per le ricerche sulla disciplina. Applicazioni importanti si sono fatte anche allo studio delle acque minerali [...]. Nella Geologia, e precisamente nella formazione della crosta terrestre, alcuni fenomeni hanno il predominio di spettanza della chimica fisica. Un nuovo indirizzo si è pure aperto alla mineralogia, per indagare la formazione dei minerali. [...] Nell'industria, la chimica fisica ha veramente un'importanza colossale e inattesa. [...] La chimica fisica inoltre dirige gli sforzi che l'empirismo qualche volta fa enormi e senza nessun risultato, oppure ne mostra a priori l'inutilità e fa risparmiare ingenti capitali. Il più bell'esempio è sempre quello tratto dalla metallurgia del ferro, dal processo degli alti forni».

Concludiamo questo succinto excursus nella storia della chimica padovana dedicando un breve approfondimento a un'altra figura di spicco all'interno dell'Università, Pietro Spica Marcatajo, formatosi a Palermo con Emanuele Paternò, il successore di Stanislao Cannizzaro. Spica Marcatajo viene chiamato a Padova nel 1879 a ricoprire la cattedra di chimica farmaceutica, il cui insegnamento si svolge al suo arrivo ancora presso l'Istituto di chimica generale. Egli si adopera fin da subito per avere un laboratorio indipendente. I suoi sforzi verranno ben presto ricompensati: a partire dall'anno accademico 1882-83 la cattedra di chimica farmaceutica e tossicologica potrà disporre di un proprio laboratorio collocato in un edificio di fronte all'Ospedale Civile. Il suo nome sarà pertanto indissolubilmente legato alla fondazione dell'Istituto di chimica farmaceutica e tossicologica (oggi Dipartimento di Scienze del farmaco).

Scienze naturali

Vi ha certamente del grandioso in queste considerazioni sulla vita e sulle varie facoltà di essa, che furono in origine impresse dal Creatore in poche forme od anche in una sola; e nel pensare che, mentre il nostro pianeta si aggirò nella sua orbita, obbedendo alla legge immutabile della gravità, si svilupparono da un principio tanto semplice, e si sviluppano ancora infinite forme, vieppiù belle e meravigliose.

L'Ottocento è un secolo di notevoli progressi anche nel campo delle scienze naturali. Per quanto riguarda le scienze della Terra, la geologia si afferma come disciplina autonoma, sebbene il termine «geologia» compaia, anche se in maniera sporadica, già nei secoli precedenti. Significativo è il fatto che nel 1807 venga fondata la Geological Society di Londra, la prima istituzione dedicata alle scienze della Terra, che si prefigge come scopo lo studio della struttura della Terra e che vede tra i suoi fondatori anche il chimico Humphry Davy, pioniere dell'elettrochimica.

Dei vari contributi dati alla nascita della geologia ci soffermiamo qui solo su quelli, paradigmatici, di Georges Cuvier e Charles Lyell. Georges Cuvier, oltre a legare il suo nome alla nascita dell'anatomia comparata, può essere considerato a tutti gli effetti uno dei fondatori della moderna paleontologia, termine coniato negli anni trenta dell'Ottocento. E sempre a Cuvier si devono contributi fondamentali allo sviluppo del metodo stratigrafico di datazione basato sui fossili e non sulla composizione mineralogica: strati di rocce, anche molto lontani, potevano essere considerati coevi se contenevano gli stessi reperti fossili. Su questa base la paleontologia compie già nei primi decenni del secolo notevoli progressi, tanto che alla metà del secolo divengono note le grandi linee di ricerca della successione dei fossili, intesi come fondamentali documenti della storia della Terra dai quali è possibile risalire all'età geologica. Il fatto che la successione di fossili coevi potesse essere sconvolta da rivolgimenti degli strati geologici porterà Cuvier a essere uno dei principali ideatori del «catastrofismo», ovvero della teoria che propone di spiegare l'estinzione degli esseri viventi attraverso subitanei e violenti sconvolgimenti della crosta terrestre. In questo periodo i veri protagonisti sono i fossili dei grandi rettili, tanto che alcune loro riproduzioni saranno presenti all'Esposizione universale di Londra del 1851 presso il Crystal Palace. Tra i primi campi di ricerca della paleontologia vale la pena menzionare la conchigliologia, ovvero lo studio delle conchiglie fossili. In questo settore darà un importante contributo il geolo-

go e paleontologo bassanese Giovanni Battista Brocchi nel suo scritto *Conchigliologia fossile subappennina* (1814), opera che gli darà fama in Italia e in Europa, e che verrà lodata tra gli altri da Cuvier.

L'altra figura rilevante nell'ambito della nascita della geologia è quella di Charles Lyell. Le sue idee verranno pubblicate nella sua fondamentale opera in tre volumi, *Principles of Geology* (1830-33). Rimandando alla vasta letteratura su Lyell, ci limitiamo qui a due osservazioni. La prima riguarda l'opposizione di Lyell alla visione di Lamarck secondo cui la causa principale dell'evoluzione sarebbe l'ambiente. Lyell vede nella documentazione paleontologica la prova di un unico «anno geologico», come scrive Antonello La Vergata, che può dare l'apparente idea di successione, ma è parte di un ciclo continuo. La Terra, secondo Lyell, rivedrà nel suo evolversi nel tempo tutte le creature che si sono susseguite e poi estinte. La seconda osservazione è che Lyell, a differenza di Cuvier, sarà il caposcuola dell'«uniformismo», termine coniato da William Whewell nel 1832 proprio per designare le teorie di Lyell. In opposizione al «catastrofismo», l'uniformismo di Lyell si basa su due idee cruciali: 1) le cause che hanno operato nei tempi passati dando luogo a tutti i fenomeni geologici sono le stesse che possono essere osservate nel tempo presente; 2) l'intensità di queste cause è sempre la stessa. Ne consegue che i cambiamenti geologici su scale temporali grandi sono lenti e uniformi. I *Principles of Geology* avranno fin da subito un grande successo, anche se susciteranno più interesse che vere e proprie adesioni. Di certo l'influenza delle teorie di Lyell sarà rilevante per l'opera di Charles Darwin, il quale affermerà che i suoi lavori sono «usciti per metà dal cervello di Lyell».

Va detto tuttavia che né Cuvier né i grandi geologi della prima metà dell'Ottocento, Lyell compreso, nonostante le loro straordinarie scoperte, giungeranno alla conclusione che gli organismi viventi siano stati sottoposti a un processo evolutivo continuo. Solo nella seconda metà del secolo la paleontologia comincerà a essere in grado di spiegare le somiglianze e le diversità riscontrabili nei fossili. Risalgono a questo periodo anche i primi resti fossili ominidi così come la nascita di nuovi settori disciplinari, quali l'antropologia fisica, la paleontologia umana e l'archeologia.

Prima però di passare a Darwin e alla nascita della biologia moderna, torniamo brevemente alla geologia. Sulle nuove basi della periodizzazione della storia della Terra, si inserisce un altro dibattito, quello relativo all'orogenesi, cioè la determinazione dei fenomeni che hanno portato alla formazione delle catene montuose. Questione complessa, di cui

ci limitiamo a citare la posizione di Lyell, secondo il quale l'origine delle montagne sarebbe dovuta all'accumulazione di materiali prodotti da eruzioni vulcaniche e terremoti che alterano la crosta terrestre, formando sia rilievi sia profondità oceaniche. Il dibattito sull'orogenesi sarà di fondamentale importanza e coinvolgerà, nel corso dell'Ottocento, altri campi del sapere, quali l'astronomia, la fisica e la matematica, e la già ricordata controversia sull'età del Sole. In questo contesto si delinea alla metà degli anni trenta una nuova branca della geologia, la «geologia fisica», grazie prima di tutto ai contributi di William Hopkins. Proprio Hopkins introduce nel 1835 l'espressione *physical geology*, e in tre articoli scritti tra il 1839 e il 1842 descrive alcuni degli argomenti di questa nuova branca della geologia fortemente correlata con la meccanica celeste, tratteggiando alcuni risultati delle sue ricerche. I risultati da lui ottenuti si sarebbero in seguito rivelati in parte errati, ma ciò nondimeno costituiranno il punto di partenza di una serie di ricerche che a partire dagli anni settanta dell'Ottocento diventeranno il nucleo della moderna geofisica, settore nel quale matematica, fisica, astronomia, geologia trovano un fertile terreno di ricerca comune.

Veniamo ora alla figura centrale dello sviluppo delle scienze naturali dell'Ottocento, Charles Darwin, che come è noto è il principale artefice della teoria dell'evoluzione delle specie per selezione naturale. La letteratura storica e scientifica relativa al naturalista e agli sviluppi della sua teoria dell'evoluzione naturale è sconfinata. Qui ci limitiamo solo ad alcuni brevi cenni, tenendo sempre presenti le ricadute che avranno le sue teorie nell'ambito accademico padovano.

Partiamo con qualche considerazione che sorge dal confronto tra le idee di Lamarck e quelle di Darwin. Per quanto riguarda la realtà dell'evoluzione, o se vogliamo della trasformazione delle specie, Lamarck è sicuramente un precursore di Darwin. Le posizioni tra i due invece sono distanti per quanto riguarda il meccanismo dell'evoluzione. Per Darwin l'evoluzione è prima di tutto discendenza comune, e quindi il problema è quello di dare una risposta alla formazione delle diverse specie, mentre Lamarck è più concentrato sull'evoluzione filetica (l'evoluzione di una specie che si trasforma globalmente in un'altra senza ramificarsi in più forme distinte), cioè sull'adattamento. Per Darwin l'adattamento è prodotto dalla selezione naturale, per Lamarck da processi fisiologici imposti da bisogni sollecitati da cambiamenti dell'ambiente.

In estrema sintesi i principali elementi della teoria darwiniana sono: la fertilità; la lotta per l'esistenza e l'equilibrio della natura; la netta di-

stinzione tra il problema dell'origine delle variazioni e quello dell'origine delle specie, per cui, considerando la variabilità come dato di fatto e le variazioni come casuali (cioè, a differenza di Lamarck, non insorgenti al fine di un adattamento all'ambiente), si costruisce una teoria dell'evoluzione ancorata all'ereditarietà dei caratteri prima che si abbia a disposizione una teoria dell'eredità; le variazioni casuali, una volta prodotte, vengono messe alla prova e selezionate. In relazione a quest'ultimo punto, vale secondo Darwin un principio (principio di divergenza dei caratteri): tendono a essere selezionate le varietà che più divergono dal tipo parentale perché sono in grado di occupare i posti più diversi, nuovi e meno sfruttati dell'economia naturale.

Nel 1859 viene data alle stampe la prima edizione della sua fondamentale opera *L'origine delle specie*. Come scrive Darwin nella sua autobiografia: «Il libro fu pubblicato nel novembre del 1859 con il titolo *L'origine delle specie*. Nelle successive edizioni, nonostante le considerazioni aggiunte e le numerose correzioni, esso rimase sostanzialmente inalterato. Questo è senza dubbio il lavoro più importante della mia vita. Fin dal principio ebbe un grande successo. [...] Esso è stato tradotto in quasi tutte le lingue europee, perfino in spagnolo, boemo, polacco e russo». E tra le traduzioni ce ne sarà anche una in italiano nel 1864 ad opera di Leonardo Salimbeni e Giovanni Canestrini. Di quest'ultimo parleremo ampiamente più avanti, perché proprio Canestrini sarà il maggiore divulgatore dell'opera darwiniana in Italia, oltre a essere il primo professore a Padova di zoologia e anatomia comparata. Già intorno all'origine delle specie nascono dibattiti e controversie nell'ambito della comunità scientifica che coinvolgono non solo i naturalisti ma anche gli scienziati di molti settori disciplinari. Queste discussioni e controversie si acuiranno in seguito, dopo la pubblicazione nel 1871 de *L'origine dell'uomo*, continuazione naturale de *L'origine delle specie*, a cui Darwin aveva già pensato mentre lavorava alla prima opera. Come infatti scrive ancora nella sua autobiografia: «Non appena mi convinsi, nel 1837 o '38, che le specie erano mutabili, non potei fare a meno di credere che l'uomo dovesse essere regolato dalla stessa legge». E poco oltre aggiunge: «Fui contentissimo di eseguire questo lavoro, perché mi dette l'occasione di poter trattare in modo completo l'argomento della selezione sessuale, che mi aveva sempre profondamente interessato. Questi problemi, insieme con quello della variazione delle nostre specie domestiche, delle cause e delle leggi della variazione, dell'eredità ecc., e dell'incrocio delle piante, sono gli unici argomenti di cui ho potuto scrivere esaurientemente, in modo da adoperare tutto il materiale che avevo raccolto».

Questi due libri, che come si è sottolineato avranno fin da subito un'ampia diffusione in tutti gli ambienti scientifici, non troveranno immediatamente consensi in larga parte della comunità scientifica. Molti scienziati in particolare giudicano la sua teoria alla stregua di una mera speculazione, carente di spiegazioni causali, priva di possibilità di formalizzazione e di una verifica sperimentale convincente. Con il passare del tempo tuttavia l'interpretazione darwiniana delle cause dell'evoluzione e l'idea di una discendenza comune di tutte le specie viventi verranno riconosciute valide e integrate con la moderna genetica, con le modificazioni e gli aggiornamenti opportuni. Alla teoria di Darwin infatti la genetica darà, dopo un periodo di apparente inconciliabilità, un nuovo impulso sia sul piano della formalizzazione che della verifica sperimentale, come si approfondirà nel prossimo paragrafo relativo alle scienze naturali nel Novecento. Quello che deve essere chiaro è che oggi la biologia moderna, in tutte le sue articolazioni, è la biologia evoluzionistica.

Mentre Darwin costruisce la sua teoria, un altro traguardo viene raggiunto dalla biologia: l'elaborazione, tra gli anni trenta e cinquanta dell'Ottocento, della teoria cellulare ad opera in particolare di Matthias Jacob Schleiden e Theodor Schwann, teoria che assumerà nell'Ottocento una posizione di primo piano in tutti i programmi di ricerca fisiologici, contribuendo notevolmente agli sviluppi della biologia. La teoria cellulare si svilupperà in modo lento e non sempre lineare fino alla definitiva identificazione della cellula come unità di organizzazione e di funzione della vita, animale e vegetale, con la progressiva individuazione delle varie strutture subcellulari e dei diversi ruoli da queste svolti.

Un altro tema di ricerca che sta via via acquisendo una propria autonomia a partire dalla seconda metà del secolo è la teoria dell'eredità, fortemente intrecciata al progresso delle conoscenze nel contesto della teoria cellulare. Tuttavia si dovrà aspettare il Novecento prima di un suo effettivo sviluppo e diffusione nella comunità scientifica. È vero infatti che Gregor Mendel, considerato il padre della genetica moderna, formula le sue fondamentali leggi dell'ereditarietà genetica in seguito ai suoi esperimenti realizzati a partire dal 1856 su piante di pisello. Le sue ricerche rimarranno però pressoché ignorate fino al XX secolo quando troveranno, come vedremo più avanti, una propria collocazione in seno alla biologia molecolare. I suoi lavori verranno riscoperti all'interno di un processo di profonda trasformazione della biologia, che assegnerà un ruolo determinante alla descrizione matematica e all'esperimento

come fondamentali strumenti per la costruzione della conoscenza biologica, come già avvenuto in altri settori della scienza moderna.

A proposito del ruolo degli esperimenti e dei laboratori, Louis Pasteur rivolgendosi nel 1868 ai suoi studenti dirà: «interessatevi, vi prego, a queste sacre dimore designate con il nome, ricco di significato, di laboratori. Chiedete che si moltiplichino e vengano ornati: sono i templi del futuro, della ricchezza e del benessere. È qui che l'umanità cresce, si fortifica e diventa migliore. Qui essa impara a leggere nelle opere della natura, opere di progresso e di armonia universale».

Menzioniamo in conclusione a questa breve rassegna un'altra branca della biologia inaugurata da Louis Pasteur nella seconda metà del secolo, la microbiologia, termine da lui coniato e introdotto nel 1881 in occasione del Congresso internazionale di medicina di Londra. Tale congresso assumerà un ruolo di rilievo nella storia della medicina e della biologia, in particolare sancirà il trionfo della teoria dei germi per la spiegazione dell'eziologia di alcune malattie. Si vedrà nel prosieguo che Giovanni Canestrini fonderà a Padova insieme al fratello Riccardo, incaricato nel 1882 di un corso libero di batteriologia, il primo laboratorio italiano di batteriologia, dove verranno condotte ricerche pionieristiche e originali. I risultati raggiunti nel 1881 da Pasteur affondano le radici su tre differenti ambiti di ricerca tra loro strettamente connessi: lo studio della fermentazione; l'individuazione di malattie dovute ad agenti patogeni vitali; il dibattito sulla generazione spontanea. Per quanto riguarda quest'ultimo ambito, a Pasteur si deve la conclusione dell'annoso dibattito: egli confuterà infatti, grazie ai suoi studi sulla fermentazione (il primo lavoro risale al 1857 sul fermento lattico), la teoria della generazione spontanea, dimostrando l'origine biologica dei microrganismi e affermando che gli organismi viventi si riproducono unicamente a partire da altri organismi viventi. La nuova teoria sarà pertanto definita biogenesi.

Passando alle scienze agrarie, questi sono gli anni in cui l'agronomia assurge al ruolo di disciplina autonoma. La figura dell'agronomo infatti appare con piena autonomia solamente nel 1822 nella seconda edizione del *Vocabolario agronomico italiano di G. B. Gagliardo*: «Parola universalmente introdotta nella nostra lingua, ed è tolta dal greco, che vuol dire versato e dotto in agricoltura. In generale però contrassegna colui che dà le regole ed ammaestramenti dell'agricoltura, e anche colui che le ha ben apprese. Dicesi pure agronomo ogni scrittore di economia rurale, e di economia politica». Grazie alle esplorazioni transoceaniche e alle nuove prospettive aperte con la rivoluzione industriale, si

acquisisce poi una cospicua messe di nuove conoscenze, le quali contribuiranno a dare un forte impulso allo sviluppo della ricerca, soprattutto per quanto riguarda le piante di origine americana.

Le scienze naturali all'Università di Padova

Con il decreto di Saint-Cloud la cattedra di storia naturale viene collocata in seno alla Facoltà medica, e a ricoprirla viene chiamato nel 1806 Stefano Andrea Renier, che la occuperà fino al 1817. A Renier viene fornita un'aggiuntiva dotazione per la sistemazione dell'annesso gabinetto.

Profondo conoscitore dei lavori di Linneo, Renier intrattiene una fitta corrispondenza con eminenti naturalisti del suo tempo, tra cui Lazzaro Spallanzani, Giovanni Battista Brocchi e Giuseppe Olivi. A Brocchi, in particolare, fornisce alcuni reperti zoologici marini per confrontarli con altri reperti paleontologici rinvenuti nel Bassanese. Olivi citerà già Renier tra le pagine del suo capolavoro, *Zoologia Adriatica*, pubblicato nel 1792. Renier, interessato particolarmente allo studio dei molluschi nell'Adriatico, pubblica nel 1804 il catalogo *Descrizione delle conchiglie del mar Adriatico*, che riscuoterà da subito un grande successo e verrà citato anche da Brocchi e Lamarck. I suoi studi naturalistici si concretizzeranno nella stesura dei volumi *Elementi di mineralogia* (1825-28) e *Elementi di zoologia* (1828) e nell'opera pubblicata postuma *Osservazioni di zoologia adriatica* (1847). Per quanto riguarda l'organizzazione didattica, è importante sottolineare che nei primi decenni dell'Ottocento le scienze della vita e le scienze della Terra risultano ancora riunite in un'unica cattedra. Tuttavia, in linea con ciò che sta accadendo a livello europeo, nei Prospetti si va via via delineando un'impostazione modulare dell'insegnamento delle scienze naturali: viene infatti specificato accanto alla denominazione dell'insegnamento se si tratta della zoologia oppure della mineralogia-geognosia, le cui lezioni vengono tenute dallo stesso professore in semestri differenti per evitare sovrapposizioni.

Vediamo ora lo stato della botanica a Padova nei primi decenni dell'Ottocento. Giuseppe Bonato viene chiamato a ricoprire la cattedra di botanica, e quindi anche l'incarico di prefetto dell'Orto, dal 1794 al 1835. Si dedicherà all'insegnamento di botanica teorica e pratica per più di quarant'anni, non trovando pertanto significativi ostacoli nel passaggio tra le due dominazioni, napoleonica e austriaca. Il suo lavoro meticoloso di catalogazione, che si concretizzerà con la costruzione di un erbario, e l'impegno e la passione con cui si dedicherà alla riorganizzazione e alla sistemazione delle collezioni gli permetteranno di co-

struire basi solide su cui la scuola di botanica dell'Ateneo patavino si preparerà ad affrontare il suo periodo di maggiore produttività scientifica. Ricordiamo che gli orti botanici ricevono durante tutto l'Ottocento un notevole impulso, conseguenza di un lento processo di trasformazione che subisce la botanica con la diffusione delle dottrine linneane, dunque fortemente incentrata sugli studi tassonomici. In Italia è bene sottolineare che per quanto riguarda le scienze botaniche il Veneto è da considerarsi una regione privilegiata, come testimonia uno scritto dello stesso Bonato dal titolo *Elogio dei Veneti promotori della scienza erbaria*. In questo scritto del 1812, che riporta la sua prolusione all'inaugurazione dell'anno accademico, si legge: «Tre cose però io giudico degnissime di eterna fama, perché di un pregio singolarissimo: il liberal favore in primo luogo accordato dai veneti a tutti quelli che s'interessavano nel promuovere ed amplificare la disciplina erbaria, e si dedicavano a proposito alla conoscenza e coltura dei vegetabili; la nuova introduzione, in secondo luogo, di una pubblica scuola de' semplici; l'istituzione, per terzo, del nostro orto medicinale». I punti elencati da Bonato costituiscono tappe molto importanti per la botanica veneta, il cui sviluppo è sicuramente favorito anche dal commercio marittimo della Serenissima sviluppato oltre il bacino del Mediterraneo, come Bonato stesso sottolinea più avanti: «E giacché i veneti furono i primi navigatori di mari incogniti, i primi restauratori di orti botanici, i primi compilatori di celebri erbari, i primi che si arricchirono de naturale curiosità e di semplici esotici, sia ad essi, o signori, consacrato in questo giorno il doppio tributo della pubblica riconoscenza e della nostra solenne commendazione». E nell'Orto botanico di Padova si continueranno ad acquisire, importare e coltivare piante nuove.

Per quanto riguarda l'agraria, nel periodo di dominazione napoleonica subentra sulla cattedra di agraria il figlio di Pietro Arduino, Luigi. È interessante notare che la materia viene da subito collocata all'interno della Facoltà fisico-matematica, contrariamente alla botanica e alla storia naturale, tradizionalmente inserite in seno alla Facoltà medica. Già da questi anni dunque si assiste a una separazione sempre più marcata tra agronomia e botanica. Vedremo poi che l'Orto agrario assumerà nella seconda metà dell'Ottocento il ruolo di laboratorio in seno alla Scuola di applicazione per ingegneri. Tra gli argomenti di ricerca di Luigi Arduino ricordiamo quelli nel campo della tintoria e degli zuccheri. Quest'ultimo tema, lo studio degli zuccheri, ci permette di evidenziare un interessante collegamento con le scienze chimiche. In questi anni viene deliberato da Napoleone un blocco continentale che crea

validi presupposti per tentativi di produzione locale di generi di importazione, quali lo zucchero. È proprio per questo motivo che il professore di chimica generale Girolamo Melandri verrà coinvolto in un'esperienza di chimica industriale. Luigi Arduino e Melandri si applicheranno contemporaneamente all'estrazione dello zucchero, anche se utilizzando tecniche diverse, tanto che il «Giornale del Brenta» darà conto in maniera particolarmente ottimistica delle esperienze condotte dai due docenti, sottolineando che lo zucchero ottenuto da Melandri «per il colore, per il sapore e per tutte le altre qualità eguaglia perfettamente quello delle colonie, e supera di gran lunga ogni altra specie di zucchero che si tentò di ricavare da più vegetabili [...] Padova in brevissimo tempo potrà vantare entro le proprie mura un grande stabilimento organizzato e diretto a norma degli americani».

Luigi Arduino, seguendo le orme del padre, avrà una particolare predilezione per le attività di sperimentazione. Purtroppo però l'Orto agrario si troverà ad affrontare in questi anni una serie di difficoltà economiche che Arduino cercherà di fronteggiare anche tramite l'impiego di nuove macchine, alcune da lui stesso perfezionate. Ma i suoi sforzi non saranno, come vedremo, coronati da successo.

Negli anni di dominazione austriaca poche novità investono la cattedra di scienze naturali. Ne elenchiamo di seguito le più significative. Nell'anno accademico 1824-25 nello «studio per medici e chirurghi dottori» della Facoltà medica troviamo già tracce dell'impostazione modulare: al primo semestre viene inserito l'insegnamento di mineralogia e geognosia e al secondo semestre troviamo quello di zoologia. Nello stesso anno accademico, nel corso degli «studi matematici per ingegneri architetti» e per «periti agrimensori» della Facoltà filosofico-matematica compare invece la generica denominazione di storia naturale. Nell'anno accademico 1858-59 troviamo in seno alla neonata Facoltà filosofica l'insegnamento di storia naturale generale, tenuto da Antonio Keller che insegna nel primo semestre mineralogia e geologia, e nel secondo semestre botanica e zoologia. Lo stesso Keller insegnerà anche economia rurale, come vedremo più avanti. Per quanto concerne lo «studio medico-chirurgico» della Facoltà medica troviamo in quest'anno accademico l'indicazione dell'insegnamento di storia naturale speciale, cioè zoologia, e dell'insegnamento di «continuazione della storia naturale speciale», cioè mineralogia e geologia, insegnamenti tenuti dal medesimo docente, Raffaele Molin, e di botanica, insegnata da Roberto De Visiani. De Visiani sarà successore di Bonato, suo mentore e maestro, sia come professore sia come prefetto dell'Orto botanico.

Le ricerche di De Visiani confluiscono in una vasta monografia di carattere tassonomico-naturalistico, guadagnandosi profonda stima da parte dell'eminente naturalista Giovanni Canestrini, di cui parleremo tra breve. Tra i molteplici argomenti di ricerca di De Visiani, vale la pena citare il suo lavoro sulla fruttificazione della vaniglia, che gli vale la medaglia d'oro da parte dell'Università di Vienna, e le sue ricerche sulla paleontologia vegetale, raccolte in un saggio che Canestrini definirà «il primo saggio chiarito con tavole di flora fossile che sia uscito in Italia». De Visiani svolge inoltre un ruolo di rilievo nell'organizzazione a Padova nel 1842 della quarta Riunione degli scienziati italiani essendo stato eletto segretario generale. In tale occasione viene sancita la pubblicazione di una rivista di botanica italiana, il cui primo numero verrà editato nel 1844. De Visiani sarà parte attiva anche nell'organizzazione dell'ultima «Riunione degli scienziati italiani» tenutasi nel 1847 a Venezia. In quell'occasione vengono organizzate numerose manifestazioni, tra le quali la Festa dei Fiori presso l'Orto botanico di Padova, coordinata da De Visiani, che verrà ricordata nel *Diario del Nono Congresso Scientifico Italiano in Venezia* con le seguenti parole: «Il march. Anselmo Guerrieri, come interprete dei voti della sezione, esprime i sensi della più viva gratitudine verso i benemeriti cittadini di Padova, che accolsero ieri i membri dell'attuale Congresso a quella loro splendida festa dei fiori; festa conforme all'indole degli studii della sezione e dove l'ingegno acquista gentilezza d'affetto; festa non artificiale, non pomposa, non privilegiata, ma naturale, affettuosa, fraterna». Tale è il suo impegno a livello sia scientifico sia sociale che il suo nome presto si diffonderà nel resto d'Italia e in Europa. Le iniziative da lui proposte dimostrano la sua attitudine a creare un ponte tra scienza e mondo della produzione, riflesso del periodo storico in cui vive.

Per quanto riguarda l'Orto agrario, nel periodo di dominazione austriaca le sue finalità subiscono un radicale cambiamento: nel clima di Restaurazione infatti il docente di agraria sarà più dedito alla didattica che alla sperimentazione. L'attività sperimentale caratteristica del periodo napoleonico subisce quindi una battuta d'arresto. In questo contesto sono degni di nota i contributi del docente di agraria del periodo, Luigi Configliachi, che in linea con quanto imposto dalla nuova legislazione privilegerà un approccio didattico. Intorno al 1830 prende vita su iniziativa di Configliachi il primo nucleo della collezione di «macchine e strumenti in modello pel pubblico insegnamento» che verranno impiegate per la didattica. Quei modelli sono oggi conservati a Legnaro nella *Collezione di modelli di macchine agricole*. Grazie a Configliachi

l'Orto agrario non solo aumenta la sua efficienza a livello didattico ma diventa anche economicamente autosufficiente. A partire dal 1852 la cattedra e la direzione dell'Orto agrario passeranno nelle mani di Antonio Keller.

Dopo l'annessione del Veneto al Regno d'Italia, anche le scienze naturali subiranno una riorganizzazione istituzionale che acquisterà una più moderna fisionomia con l'istituzione nel 1873 della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali. Per quanto riguarda la botanica, vale la pena citare la figura di Pier Andrea Saccardo. Lo studio dei funghi gode di una posizione privilegiata tra gli argomenti delle sue ricerche, come testimonia la sua immane produzione scientifica in campo micologico, iniziata occupandosi dei funghi del Veneto. La micologia costituisce in questo periodo un argomento di ricerca poco frequentato e Saccardo, grazie al suo acume e alla sua costante dedizione, in poco tempo diviene uno dei massimi esperti di crittogame a livello internazionale. Con il soprannome di «Padre generale dei Miceti osservanti», diventerà negli anni il punto di riferimento a cui si rivolgeranno i micologi di ogni paese.

Saccardo svolge contemporaneamente alle sue ricerche micologiche un importantissimo lavoro dal punto di vista storico, dando vita a una delle più ricche collezioni al mondo di effigi dei più insigni botanici. Parallelamente, si dedica anche all'ampliamento della collezione del proprio istituto con una ricca serie di erbari e di iconografie. Questi contributi testimoniano la sua passione per la storia della scienza, come dimostra tra l'altro una sua memoria dedicata al microscopio del Divini della collezione del Gabinetto di fisica, tutt'oggi conservato presso il Museo Giovanni Poleni. Grazie ai risultati scientifici ottenuti da Saccardo e dai docenti che si avvicendano in questi anni nell'insegnamento della botanica, l'Orto botanico di Padova vive uno dei suoi più rigogliosi periodi.

Prima di concludere questa parte dedicata alla biologia, ci soffermiamo su una delle figure che contribuirà a dare lustro all'Ateneo patavino in questi anni, Giovanni Canestrini. Come abbiamo osservato, Canestrini è il primo traduttore e divulgatore in Italia delle opere di Darwin, con il quale intrattiene una ricca corrispondenza che testimonia, tra l'altro, un rapporto di stima reciproca. Canestrini si addottora presso l'Università di Vienna (è per questo che scriverà in tedesco a Darwin) dove si forma come zoologo occupandosi principalmente di ittologia. La sua carriera accademica ha inizio nel 1862, quando viene

chiamato a occupare la cattedra di storia naturale presso l'Università di Modena. In questi anni i suoi interessi si allargano abbracciando anche la classe degli aracnidi, in particolare ragni e acari, e l'antropologia. Nel 1864 cura, insieme a Leonardo Salimbeni, la prima traduzione italiana de *L'origine delle specie* di Darwin, iniziando così la sua opera di traduttore e divulgatore del naturalista britannico. La sua permanenza a Padova comincia nel 1869, quando viene chiamato a ricoprire la cattedra di zoologia e anatomia comparata. Precisiamo che a partire da quell'anno accademico, 1869-70, la cattedra di storia naturale viene divisa nella cattedra di zoologia e anatomia comparata e nella cattedra di mineralogia e geologia: si tratta di un momento importante poiché per la prima volta viene riconosciuta istituzionalmente la separazione tra le scienze della vita e le scienze della Terra. Mentre Canestrini occuperà come si è detto la cattedra di zoologia e anatomia comparata, quella di mineralogia e geologia verrà ricoperta nel 1869 dal geologo Giovanni Omboni, di cui parleremo tra breve.

L'intera opera di Canestrini, fatta di ricerche, traduzioni, prolusioni, contiene un preciso manifesto intellettuale e scientifico. Questo emerge chiaramente nel suo discorso inaugurale per l'anno accademico 1881-82, in cui illustra l'indirizzo della moderna biologia: «L'attuale indirizzo delle scienze biologiche s'accorda con quello delle fisiche, e può riassumersi nel semplicissimo concetto: Riduzione dei principi esplicativi». E più avanti afferma: «la biologia moderna ha dato sfratto a due concetti erronei che si comprendevano nelle espressioni forza vitale e anima immateriale, di cui la prima apparisce ora come un'apparenza del protoplasma, il quale, date le necessarie condizioni di aria, luce, calore ed umidità, si mostra vivente, reagendo agli stimoli e compensando le perdite cagionate dal lavoro, mentre l'anima deve considerarsi come la manifestazione di un sostrato materiale, ossia come il complesso delle funzioni di un cervello sufficientemente nutrito e attivo». Da questi passaggi è chiaro che lo scopo di Canestrini è quello di enunciare un programma delle scienze naturali elevando la biologia allo stesso rango della fisica. Qualche mese più tardi inoltre terrà una vibrante commemorazione di Charles Darwin, scomparso proprio nel 1882, che ben testimonia la sua profonda devozione verso l'opera del naturalista inglese: «Se per la seconda volta nel corrente anno accademico mi presento a questa tribuna, si è per iniziativa della gioventù studiosa, la quale, ispirata dai generosi propositi, domanda da me, più che la commemorazione di una morte, la glorificazione di un elettissimo ingegno, che lasciò tracce luminose nel secolo nostro».

In linea con la sua adesione alle idee darwiniane, Canestrini si occupa anche, tra i primi in Italia, di antropologia, a cui dedica tra l'altro un volume pubblicato nel 1878, il cui titolo è proprio *Antropologia*. Sempre a Canestrini si deve l'introduzione a Padova del primo insegnamento libero della disciplina, che terrà dal 1878 al 1881, e la creazione nel 1882 di una sezione di antropologia all'interno del Gabinetto di zoologia e anatomia comparata. Il corso passerà nel 1896 a Enrico Tedeschi che lo terrà fino al 1931, anno della sua morte. Tedeschi dà un forte impulso alle collezioni antropologiche, paleontologiche ed etnografiche, che oggi costituiscono il nucleo originale del Museo di antropologia. Dal 1903 il Gabinetto diventa Istituto di antropologia sotto la sua direzione, e dal 1909 compare la dicitura «Istituto e Museo di antropologia».

Canestrini porterà avanti studi all'avanguardia anche nell'ambito della batteriologia. In linea con le ricerche che si stanno compiendo a livello europeo nel campo della neonata microbiologia, Canestrini insieme al fratello Riccardo istituirà il Laboratorio di batteriologia, primo nel suo genere in Italia. In collaborazione con il fratello pubblicherà un manuale di batteriologia, che si apre con le seguenti parole: «La batteriologia è una bambina perché nata in questi ultimi tempi, scrive il Fraenkel nella sua recente opera sui microbi [pubblicata nel 1887] e l'autore tedesco usa invero una frase esatta. Come scienza la batteriologia non conta vent'anni: prima si conoscevano delle forme di microbi, ma esse non erano studiate sotto i punti di vista della biologia e dell'igiene come sono al presente».

Venendo ora agli sviluppi delle scienze della Terra ci soffermiamo sulla figura di Omboni, che sarà preside della Facoltà di Scienze dal 1894 al 1897, e tra i fondatori della Società geologica italiana nel 1881. Il percorso che porta Omboni a ricoprire la cattedra di mineralogia e geologia è inusuale. Si laurea come ingegnere-architetto nel 1852 all'Università di Pavia, ma già prima della laurea orienta i suoi interessi verso altre materie, in primo luogo la storia naturale. La sua formazione in storia naturale, inizialmente legata a varie esperienze di insegnamento della materia in alcune scuole di Milano, si consolida quando, dal 1854 al 1855, si reca a Parigi per compiere studi di perfezionamento in storia naturale, e in particolare in geologia. Tornato a Milano, Omboni trova un impiego al Museo civico di storia naturale, dove completa la sua formazione. Dopo l'abilitazione all'insegnamento di scienze naturali, insegna tra il 1860 e il 1864 in una scuola milanese, e parallelamente dal 1861 è nominato membro della Commissione preposta al progetto di carta geologica del neoistituito Regno d'Italia. Nel 1869 è

chiamato a ricoprire la cattedra di mineralogia e geologia all'Università di Padova. Accetterà l'incarico, pur manifestando dubbi circa la sua preparazione nell'ambito della mineralogia: come afferma lui stesso, sarà proprio questo uno dei motivi delle sue ripetute richieste alla Facoltà di Scienze di separare la sua cattedra in una di geologia e in una di mineralogia, motivo accompagnato peraltro dal riconoscimento dell'autonomia di geologia e mineralogia ormai affermatasi a livello europeo.

Nel 1876 Omboni inizia anche a insegnare come professore incaricato agli aspiranti ingegneri esponendo la mineralogia e la geologia come scienze applicate ai materiali da costruzione. In questi anni, oltre agli incarichi didattici, si dedica con impegno al riordino e all'arricchimento delle collezioni del Gabinetto di mineralogia e geologia da lui diretto. Per quando riguarda le sue ricerche, Omboni si concentra su alcune importanti tematiche che la geologia sta sviluppando in quegli anni, dalla geologia regionale e generale alla geomorfologia e glacialismo, dalla stratigrafia alla paleontologia.

Ricevuta la nomina a professore ordinario nel 1878, Omboni riuscirà finalmente a ottenere la separazione della sua cattedra a partire dall'anno 1882-83. Anche il Gabinetto di mineralogia e geologia verrà a questo punto scisso, e Omboni assumerà la direzione del Gabinetto di geologia.

La neoistituita cattedra di mineralogia passerà quindi nelle mani di un altro docente: Ruggero Panebianco, laureatosi in Chimica all'Università di Roma sotto la guida di Cannizzaro e già assistente di mineralogia presso lo stesso Ateneo. Panebianco diviene ordinario di mineralogia all'Università di Padova nel 1892, quindi direttore del Gabinetto di mineralogia, incarico che manterrà fino al suo collocamento a riposo nel 1923. Dal 1891 al 1895 tiene anche l'insegnamento di cristallografia, scienza nuova per l'Italia e in via di sviluppo nel resto d'Europa. Gli viene poi affidato dal 1908 al 1910 anche l'insegnamento di mineralogia nella Scuola di applicazione per gli ingegneri. L'attività scientifica di Panebianco, fortemente ispirata dalla sua originaria formazione di chimico, si svolge prevalentemente nel campo della mineralogia e della cristallografia, tanto che sarà fondatore nel 1887 della «Rivista di mineralogia e cristallografia italiana», che dirigerà fino al 1918.

Concludiamo questo paragrafo con una breve riflessione riguardante le sorti dell'agraria. La nuova legislazione del Regno d'Italia non comprende l'agraria tra le materie di insegnamento: la cattedra viene formalmente soppressa, anche se continuerà a vivere in seno alla neonata Scuola di applicazione per gli ingegneri a supporto della nuova cattedra

dra di economia rurale ed estimo. Tale legame si protrarrà fino alla costituzione della Facoltà di Agraria nel 1946. Anche se l'agraria viene ad assumere un ruolo marginale rispetto alle altre discipline, ciò non impedisce a Keller, la cui figura verrà approfondita nel prossimo capitolo, di svolgere un'intensa attività di ricerca, promozione e divulgazione. Keller, già professore di storia naturale speciale fino all'arrivo di Canestrini, a partire dagli anni settanta rivolge i suoi interessi prima di tutto verso l'agricoltura. I suoi contributi nell'ambito delle patologie «vegetabili», in parallelo con i lavori in ambito micologico di Saccardo, faranno di Padova un grande polo scientifico per le malattie delle piante.

3. I progressi delle scienze e la nascita di nuovi settori disciplinari nel Novecento.

Quella gioia della conoscenza è un senso di coinvolgimento e di stupore, uno stato d'animo entusiasta, del genere di quello che si prova in cima a una montagna dopo una dura arrampicata, sulla spiaggia del mare azzurro, o quando si ascolta una grande opera musicale. Essa viene non solo in seguito all'ottenimento personale di un risultato, ma anche dopo aver compreso infine un'importante nuova conoscenza conquistata dal lavoro di altri.

Le parole del fisico Victor Weisskopf esprimono bene il sentimento condiviso dagli scienziati che accompagna i grandi progressi conoscitivi del XX secolo. Da una parte, in particolare nella prima metà del Novecento, continua il processo di proliferazione di nuove branche scientifiche già avviato nell'Ottocento, coinvolgendo sia il mondo della scienza che quello della tecnica; dall'altra si avvia un processo simmetrico nel quale risulta sempre più difficile stabilire in maniera netta i confini dei vari campi di indagine, molti dei quali progressivamente finiranno per ritrovare ampi settori comuni. In questo ultimo paragrafo cercheremo in particolare di evidenziare, accanto ai nuovi settori di indagine, le principali intersezioni tra le differenti branche della scienza. Sono proprio questi ambiti transdisciplinari che spingeranno gli scienziati a lavorare di concerto ottenendo straordinari risultati e fondamentali scoperte per il progresso della scienza.

Ovviamente non approfondiremo la storia novecentesca dei vari settori disciplinari, vecchi e nuovi, ma ci limiteremo a offrirne alcuni dei principali elementi, funzionali a contestualizzare lo stato delle varie discipline scientifiche nell'Ateneo patavino durante il Novecento. Senza dimenticare che nel corso del XX secolo si verificano avvenimenti che lasceranno rilevanti conseguenze sulla storia dell'intera umanità,

basti ricordare i due conflitti mondiali, ma che interferiranno in particolare con l'attività sia didattica che di ricerca, come pure con l'intera struttura organizzativa dell'Università in generale e di quella di Padova in particolare. Nella seconda metà del XX secolo, come descritto nel primo capitolo, l'assetto istituzionale e l'architettura curriculare andranno incontro a numerose modifiche, introdotte con una serie di riforme e decreti che ne conferiranno la moderna fisionomia.

Astronomia

Le nuove tecniche sperimentali, insieme ai progressi compiuti nel campo della fisica, permettono in questo secolo di indagare i confini più lontani dell'universo, studiandone l'origine e l'evoluzione. Infatti, grazie allo sviluppo delle tecniche di osservazione astronomica nell'intero spettro della radiazione elettromagnetica e non solo nel piccolo settore del visibile, l'universo osservabile si estenderà ben al di là di quanto immaginato ancora pochi decenni prima. La costruzione dei grandi telescopi riflettori, lo sviluppo della fotografia e delle nuove tecniche elettroniche, la nascita della radioastronomia e le prime osservazioni dallo spazio, prive quindi dei problemi dovuti alla nostra atmosfera, consentiranno di inquadrare le osservazioni astronomiche nelle nuove teorie fisiche, a partire da quelle elaborate da Albert Einstein. Da queste gli astronomi trarranno nuovi stimoli per la costruzione di strumenti sempre più perfezionati.

Il secolo si apre con i lavori fondamentali nel campo della classificazione stellare. L'avvio dell'analisi sistematica delle regolarità osservabili nelle popolazioni stellari si ha nei primi anni del Novecento, grazie al lavoro di un numero crescente di astronomi di cui qui ci limitiamo a citare solo pochi nomi. Partiamo dal contributo di Ejnar Hertzsprung, che nota che stelle tra loro simili dal punto di vista spettrale possono però differire tra loro sotto il profilo delle dimensioni e della luminosità. Sempre nell'ambito della classificazione stellare prendono il via le ricerche di Henry Norris Russell, che scopre alcune relazioni importanti tra lo spettro di una stella e altre sue caratteristiche. Confrontando in un diagramma la temperatura e la luminosità delle stelle, Hertzsprung e Russell giungono indipendentemente alla medesima conclusione: la distribuzione stellare è governata da andamenti definiti. Da qui ha origine il noto diagramma H-R (Herzsprung-Russell) che permette di rappresentare contemporaneamente stelle di diversa dimensione, luminosità, temperatura ed età. Sarà poi Arthur Eddington, che *inter alia* fornirà la prima conferma sperimentale di una delle previsioni della teoria della

relatività generale, a coniare il termine «sequenza principale» per designare la linea diagonale del diagramma H-R. Il significato della sequenza principale è così riassumibile. Una stella nasce quando la forza gravitazionale è sufficientemente alta da produrre fenomeni di condensazione nelle nubi circostanti di materiale interstellare. Con il passare del tempo essa si riscalda a tal punto da innescare reazioni termonucleari, che trasformano l'idrogeno in elio. La quantità di energia liberata in questo processo contrasta l'azione gravitazionale: la stella dunque è in equilibrio e si va a collocare nella cosiddetta sequenza principale.

Una prima anomalia nel diagramma H-R viene individuata nel 1914 da Walter Sydney Adams: questi scopre che una particolare stella nel diagramma, classificabile come «nana rossa», in realtà appare come una «nana bianca», e il suo spettro fa supporre che essa possieda una densità straordinariamente elevata. L'enigma viene risolto da Subrahmanyan Chandrasekhar, Premio Nobel per la fisica nel 1983, che già a partire dagli anni trenta del secolo si dedica allo studio delle stelle interessandosi particolarmente alla ricerca di una relazione tra massa, raggio ed energia radiante delle stesse. I suoi lavori porranno le basi per la determinazione quantitativa della massa delle stelle: quando infatti il combustibile nucleare si esaurisce, la pressione di radiazione non è più in grado di contrastare l'effetto della gravità e la stella va incontro al suo stadio finale. In base alla massa stellare di partenza si può formare una nana bianca (quando la massa è inferiore a 1,44 masse solari), una stella di neutroni (quando la massa è tre o quattro volte superiore a quella del Sole) oppure un buco nero (quando la sua massa è ancora superiore). Il modello elaborato da Chandrasekhar farà confluire nel modello stellare la relatività generale e la meccanica quantistica.

Prima di concludere questa introduzione, vale la pena soffermarsi su una fondamentale scoperta che sarà intimamente legata al problema dell'evoluzione dell'universo: si tratta della legge sperimentale attribuita a Edwin Powell Hubble, ma che in realtà è frutto anche del lavoro di altri astronomi tra cui spicca il nome di Georges Edouard Lemaître. Ancora una volta l'analisi spettroscopica rivela tutta la sua fecondità: se combinata a considerazioni relative all'effetto Doppler, essa permette di stabilire se un oggetto è in avvicinamento o in allontanamento rispetto all'osservatore. L'analisi dell'effetto Doppler sugli spettri stellari consentirà infatti a Hubble di arrivare definitivamente a una relazione lineare tra la velocità v di recessione delle galassie e la loro distanza d dalla Terra, espressa dalla formula $v = H d$, dove H è oggi chiamata costante di Hubble. Tale scoperta si legherà poi alla fine degli anni venti

in maniera indissolubile con la teoria della relatività generale, la prima teoria in grado di descrivere scientificamente l'universo su grande scala, come aveva dimostrato Einstein nel 1917. Nel volgere di pochi anni l'immagine statica dell'universo, ancora presente nell'articolo di Einstein del 1917, viene superata e si apre la strada all'attuale concezione dell'universo in espansione, i cui primi modelli sono proposti da Aleksandr Aleksandrovič Friedmann nel 1922 e, indipendentemente, da Georges Edouard Lemaître nel 1927, entrambi basati sulla teoria della relatività generale. Pur non addentrandoci in ulteriori particolari, vale la pena menzionare la rivelazione della radiazione cosmica di fondo da parte di Arno Allan Penzias e Robert Woodrow Wilson nel 1965, che conferma il modello evolutivo dell'universo in espansione, il cosiddetto modello del Big Bang, scoperta per cui conseguiranno il Premio Nobel per la fisica nel 1978. Fino a quel momento il modello di universo in espansione si era dovuto confrontare con un modello alternativo detto dell'«universo quasi stazionario». La scoperta di Penzias e Wilson mette di fatto fine a questa controversia: la radiazione cosmica di fondo ha una sua spiegazione consistente solo nel modello di universo in espansione.

Progressi significativi, oltre a sempre nuovi dettagli sul Modello del Big Bang, si stanno oggi compiendo nelle conoscenze sulla gravitazione, sulle particelle elementari del Modello standard delle particelle, sulla materia oscura e sull'energia oscura, combinati a tecniche sempre più perfezionate di raccolta e decodificazione dei dati osservativi. L'indagine dell'ultra grande incontra quella dell'ultra piccolo. L'osservazione dell'universo inoltre non si basa più solo sui segnali provenienti dalla radiazione elettromagnetica, oramai scandagliata in tutte le sue lunghezze d'onda, ma anche su evidenze che provengono dalle onde gravitazionali (la cui prima osservazione diretta viene comunicata nel 2016) e dalle particelle che compongono la radiazione cosmica, in particolare i neutrini. Questa pluralità di segnali diversi che concorrono alla conoscenza dell'universo è la ragione per cui oggi si parla di «astrofisica a molti messaggeri». Su queste questioni torneremo più avanti, nel paragrafo dedicato alla fisica del Novecento.

L'astronomia all'Università di Padova

Abbiamo concluso la trattazione dell'insegnamento dell'astronomia a Padova nell'Ottocento tracciando un profilo dell'attività scientifica e didattica di Giuseppe Lorenzoni. Fino al 1914, anno della sua morte, Lorenzoni si dedicherà con impegno all'attività didattica, pro-

pugnando l'istituzione di un curriculum di studi a sé stante per la formazione in scienze astronomiche: infatti gli allievi interessati all'astronomia non hanno ancora la possibilità di ricevere una specifica formazione nel campo, ne ricavano solo alcuni elementi seguendo il percorso degli studi matematici o ingegneristici.

Il progetto di Lorenzoni di uno specifico curriculum di studi astronomico, proposto originariamente nel 1882, dovrà attendere circa cento anni prima di essere realizzato. Solamente nel 1968 infatti verrà istituito a Padova il corso di laurea in Astronomia, primo in Italia, a opera di Leonida Rosino.

A partire dal 1913 Antonio Maria Antoniazzi viene chiamato a ricoprire la cattedra di astronomia, prima come professore straordinario e poi dal 1917, come professore ordinario e quindi direttore della Specola. Le sue ricerche riguardano prevalentemente l'astronomia classica. Antoniazzi è un esperto calcolatore e osservatore. Alcuni suoi significativi contributi riguardano la meccanica celeste, nell'ambito della quale studia il fenomeno della precessione e della nutazione, e le questioni legate al problema della parallasse e all'aberrazione della luce. Antoniazzi si dedica inoltre alla sistematica osservazione di comete e asteroidi, in particolare dell'asteroide 433 Eros. La sua specializzazione è il calcolo delle orbite, come dimostrano i suoi innumerevoli lavori dedicati a questo tema pubblicati principalmente nella rivista tedesca «Astronomische Nachrichten», che avranno rapida diffusione e risalto internazionale grazie in special modo alla sua accurata applicazione della matematica all'analisi dei dati. Non è quindi un caso che dai Prospetti degli studi emerga che tra gli argomenti trattati nelle sue lezioni vi siano elementi di calcolo vettoriale, strumento indispensabile per analizzare i dati e per affrontare le problematiche della meccanica celeste. Durante la direzione dell'Osservatorio Antoniazzi si prefigge lo scopo di ammodernare la ormai obsoleta strumentazione, ma i suoi tentativi risultano vani a causa dello scoppio della prima guerra mondiale, durante la quale le lezioni verranno sospese e parte degli istituti saranno occupati. Anche la Specola, come gli edifici da poco ultimati in via Loredan di cui parleremo più avanti, subirà l'occupazione militare.

Professore di astronomia dell'Università di Padova nel difficile periodo dei due conflitti mondiali sarà l'astronomo Giovanni Silva. Silva diviene astronomo aggiunto nel 1915, dopo aver lavorato per vari anni come assistente presso il Gabinetto di geodesia, che al tempo ha sede all'Osservatorio astronomico ed è diretto da Antoniazzi. Ha quindi la possibilità di conoscere e collaborare anche con Lorenzoni, occupan-

dosi di calcolo delle orbite, di gravimetria e di fotometria. Dopo una breve parentesi a Torino, dove viene chiamato a occupare la cattedra di geodesia, nel 1926 Silva torna a Padova sulla cattedra di astronomia e, come prevede la normativa, viene nominato direttore dell'Osservatorio, incarico che manterrà fino al suo collocamento a riposo nel 1952. Infatti il regio decreto 31 dicembre 1923, n. 3106, entrato in vigore l'11 febbraio 1924, aveva istituito i regi osservatori astronomici di Catania, Milano, Napoli, Padova, Roma, Teramo, Torino e Trieste come enti di ricerca autonomi rispetto alle università, ma prevedeva, come si legge nell'art. 3, che «nelle sedi universitarie nelle quali esista la Facoltà di scienze matematiche fisiche e naturali, ove lo statuto delle rispettive università preveda nell'ordinamento didattico della predetta Facoltà l'insegnamento di astronomia, la direzione dell'Osservatorio è affidata al professore ufficiale di astronomia».

Il suo nome è in particolare legato alla creazione del nuovo Osservatorio astrofisico di Asiago in località Pennar, inaugurato nel 1942, anno del trecentesimo anniversario della morte di Galileo, nel pieno della seconda guerra mondiale, per volere del regime fascista con palesi intenti di propaganda. Anche per questo l'Osservatorio viene realizzato con tecniche, strumentazione e personale esclusivamente italiano, come attestano le parole dello stesso Silva che, in riferimento alla costruzione del Telescopio Galileo affidato alle Officine Galileo di Firenze, afferma: «Una costruzione del genere, fatta senza che altre analoghe di minori dimensioni fossero state eseguite in precedenza [dalle Officine Galileo], non copiata da costruzioni straniere, ma studiata ex-novo, è una tipica affermazione di quanto possa fare la genialità italiana, anche in un campo che solo pochissime case straniere, da lungo tempo attrezzate, coltivano». Non va però dimenticato che l'architetto a cui viene affidata la progettazione dell'Osservatorio di Asiago, Daniele Calabi, laureato in ingegneria civile a Padova nel 1928, dovrà fuggire nel 1939 in Brasile a causa delle leggi razziali, emanate nel 1938 proprio dal regime fascista. Calabi non potrà quindi essere presente all'inaugurazione della sua opera (tornerà in Italia solo nel 1948), e di lui non resterà traccia nemmeno nei discorsi tenuti in quell'occasione.

Tornando all'astronomia padovana, fino al 1942 le osservazioni astronomiche continueranno a essere svolte presso l'antica torre della Specola, in mezzo alla città di Padova le cui luci già all'epoca disturbano le osservazioni. Per mantenere un buon livello delle ricerche astronomiche sarà quindi necessaria la costruzione di un osservatorio in un luogo consono. La scelta ricade sull'Altopiano di Asiago in quanto sito

particolarmente adatto per la sua quota, la scarsa illuminazione elettrica e la trasparenza dell'atmosfera. E ad Asiago verrà collocato quello che al tempo sarebbe divenuto il più grande telescopio riflettore in Europa (il diametro dello specchio è di 122 centimetri), intitolato a Galileo. La fondazione dell'Osservatorio astrofisico di Asiago contribuirà in maniera determinante al rifiorire dell'astronomia italiana e al suo rilancio sul piano internazionale.

Dopo il collocamento a riposo di Silva, sarà Leonida Rosino a ricoprire dal 1956 la carica di professore ordinario di astronomia e quella di direttore dell'Osservatorio astronomico di Padova. Vale forse la pena notare che Rosino non diventa direttore solo in quanto ordinario di astronomia, dato che con l'emanazione della legge dell'8 agosto 1942, n. 1145, i direttori degli osservatori vengono nominati per titoli in seguito a concorso. Peraltro, la sua posizione all'Università implica automaticamente la direzione dell'Osservatorio astrofisico di Asiago, che rimarrà sempre universitario. Rosino darà notevole impulso all'attività scientifica di entrambi gli osservatori di cui è direttore, rendendo possibile la formazione di un centro di ricerche astronomiche di eccellenza, a livello non solo europeo ma anche mondiale.

Negli anni successivi, grazie a Rosino, verranno progettati e poi realizzati nella sede di Asiago due telescopi di tipo Schmidt (nel 1958 e nel 1967) che si affiancheranno al Telescopio Galileo. Risale invece agli anni settanta la realizzazione del Telescopio Copernico a cima Ekar, una delle alture che sovrastano la piana di Asiago. Con il suo specchio del diametro di 182 centimetri, il Copernico è a tutt'oggi il più grande strumento ottico sul suolo italiano.

Nel corso degli anni cinquanta si inaugura l'era delle esplorazioni spaziali. L'atto di nascita ufficiale è simbolicamente riferito al 1957, l'anno del lancio dello *Sputnik* ad opera dell'Unione Sovietica. Nell'arco di pochi anni si susseguono in questo nuovo settore imprese straordinarie dal punto di vista sia scientifico che tecnologico. Parleremo nel prossimo capitolo della figura di Giuseppe Colombo, padre dell'ingegneria aerospaziale, a cui si deve la nascita delle ricerche di punta nel settore aerospaziale presso l'Ateneo patavino.

Per quanto riguarda l'organizzazione degli studi e della ricerca astronomica all'Università di Padova, fisici e astronomi convivono nell'Istituto di fisica fino al 1964, quando viene fondato l'Istituto di astronomia. Nel 1968 con decreto n. 779 del presidente della Repubblica, il ministero della Pubblica istruzione istituisce nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università di Padova, a decorrere

dall'anno accademico 1968-69, il primo corso di laurea in Astronomia in Italia. Non molte università italiane seguiranno l'iniziativa patavina, resa possibile anche grazie all'impegno di Leonida Rosino, ma sceglieranno di attivare specifici indirizzi di studio dell'astronomia all'interno dei corsi di laurea in Fisica. L'Istituto di astronomia conserverà la sua originaria fisionomia fino alla promulgazione della legge n. 28 del 1980 che prevede l'istituzione dei dipartimenti (cfr. capitolo 1). Il Dipartimento di Astronomia viene istituito nel 1986, e dal 2012 confluirà insieme al Dipartimento di Fisica nel nuovo Dipartimento di Fisica e Astronomia. Da notare che l'Istituto di astronomia, poi Dipartimento di Astronomia, avrà sede, con specifico accordo firmato dall'Università e dall'Osservatorio di Padova, nei locali della Specola. La sua ubicazione attuale nella palazzina ex-Rizzato avverrà solo nel 2000.

Infine è rilevante in questo ambito che con decreto legislativo n. 296 del 23 luglio 1999 si costituisca l'Inaf, Istituto nazionale di astrofisica, che raccoglie l'eredità degli osservatori italiani che vi afferiscono. A partire dal 2002 gli osservatori astronomici e astrofisici italiani perderanno personalità giuridica individuale pur mantenendo la figura propria del direttore, e confluiranno nell'Inaf, che ha il compito di coordinarne le attività. Con questa ulteriore trasformazione di stato giuridico, l'Osservatorio astronomico di Padova diventa una delle sezioni di Inaf, mentre l'Osservatorio astrofisico di Asiago originario (quello nella sede del Pennar) rimarrà al Dipartimento di Fisica (poi Dipartimento di Fisica e Astronomia) dell'Università di Padova.

Matematica

Nuove idee, nuovi risultati e nuovi metodi sono comparsi più numerosi tra il 1940 e oggi, che tra Talete e il 1940.

Si è scelto di dare inizio alla sezione dedicata alla matematica novecentesca con le parole di Jean Alexandre Eugène Dieudonné, portavoce del gruppo di matematici di straordinario rilievo che operano sotto l'eteronimo di Nicolas Bourbaki a partire dal 1935. In meno di cento anni infatti si dimostrano più teoremi che nell'intero corso della storia della matematica, si rivedono in luce moderne teorie classiche, si assiste alla nascita di nuovi settori di ricerca, come quelli relativi al calcolo tensoriale, che avranno applicazioni nei più svariati campi del sapere, dalla fisica alla biologia, dall'economia alla teoria dei giochi. Senza analizzare singolarmente e in maniera completa ogni settore degli sviluppi della matematica, cercheremo di riportare alcune delle principali tematiche

di cui si occupano matematici di rilievo durante questo secolo, come sempre avendo come riferimento le ricerche portate avanti all'Università di Padova.

Uno dei temi di centrale importanza nella storia della matematica a cavallo tra Ottocento e Novecento riguarda i fondamenti della matematica. Di particolare importanza in questo senso è il lavoro di David Hilbert, che tra l'altro si dedica a un'assiomatizzazione della geometria nel suo *Grundlagen der Geometrie (Fondamenti della geometria)* pubblicato nel 1899, opera che, come sottolinea Umberto Bottazzini, segnerà una svolta nelle ricerche sui fondamenti della geometria e nella stessa concezione del metodo assiomatico. Già nel 1889 Giuseppe Peano elabora una assiomatizzazione dell'aritmetica che gli consente, con i suoi cinque assiomi, di ricavare la totalità delle leggi relative ai numeri naturali.

Anche la teoria degli insiemi verrà assiomatizzata, seguendo un processo tutt'altro che lineare che coinvolgerà il lavoro di grandi matematici quali Georg Cantor, Gottlob Frege, Bertrand Russell ed Ernst Zermelo.

Nel Novecento raggiungerà inoltre la sua piena maturazione il settore della logica matematica. I lavori di Boole e di De Morgan della prima metà dell'Ottocento costituiranno la base per le ricerche nel settore a partire dalla seconda metà di quel secolo. Numerosi studiosi in Inghilterra, Germania e Italia si dedicheranno infatti a un lavoro di modernizzazione della logica. Possiamo nominare anche in questo breve excursus il nome di Frege, che si adopererà più di ogni altro a consolidare i fondamenti della nuova logica matematica e riuscirà contestualmente ad applicarla al problema dei fondamenti della matematica. Va detto che questa reciproca interazione, tra la matematizzazione della logica e lo studio dei fondamenti della matematica, costituirà da questo momento in poi uno dei campi di riflessione della matematica del Novecento. La logica matematica acquisterà poi l'aspetto che oggi le è proprio grazie anche ai contributi di Peano, Hilbert, Russell, Alfred North Whitehead e Luitzen Egbertus Jan Brouwer. Uno stimolo importante a questo settore di studi verrà inoltre dai lavori del matematico austriaco Kurt Friedrich Gödel. Nelle ricerche di Gödel giocheranno un ruolo di primo piano i concetti di *computabile* e *algoritmo*, termini che verranno poi chiariti grazie prima di tutto all'opera di Alan Mathison Turing, uno dei padri dell'informatica, nel suo lavoro che dà di fatto il via alla moderna *computer science*.

Veniamo ora a un altro importante settore della matematica, il calcolo tensoriale. Nel 1900 viene data alle stampe una fondamentale opera,

pietra miliare nella storia della matematica, *Méthodes du calcul différentiel absolu et leurs applications*, redatta da Gregorio Ricci-Curbastro e Tullio Levi-Civita. Di entrambi parleremo più in dettaglio tra breve, quando illustreremo gli sviluppi della matematica nell'Ateneo patavino. Basti qui ricordare che il calcolo tensoriale, o «calcolo differenziale assoluto», sviluppato da Ricci-Curbastro e Levi-Civita, verrà immediatamente applicato a numerosi problemi di geometria differenziale, di fisica, di fisica matematica, e sarà utilizzato da Albert Einstein per l'elaborazione della sua teoria della relatività generale. Einstein riconoscerà il proprio tributo verso Ricci, e ci terrà a conoscerlo quando si recherà in Italia per un ciclo di conferenze. Il loro incontro avrà luogo il 27 ottobre 1921 nell'Aula magna dell'Università di Padova. Come scriverà nel 1925 Levi-Civita: «si può dire che, pur continuandosi, dopo il 1901, da un ristretto numero di studiosi ricerche speciali basate sull'impiego di quei metodi, l'attenzione generale vi fu richiamata soltanto dal grandioso rinnovamento einsteiniano della filosofia naturale, che appunto nel calcolo differenziale assoluto trovò i mezzi necessari per la formulazione matematica e per l'ulteriore sviluppo quantitativo».

Un fitto intreccio di nuove idee e teorie porterà inoltre alla nascita tra la fine dell'Ottocento e gli anni trenta del Novecento di una nuova branca, l'analisi funzionale, di cui Vito Volterra sarà tra i pionieri insieme a Hilbert, Henri Léon Lebesgue, Stefan Banach e Maurice René Fréchet. Volterra è una figura di spicco del Novecento italiano, impegnato sul piano sia della ricerca e delle politiche della ricerca, sia della diffusione della cultura scientifica, come testimonia il ruolo di primo piano che egli ricopre nella ricostituzione della Società italiana per il progresso delle scienze nel 1906 e nella fondazione del Consiglio nazionale delle ricerche nel 1923, di cui diventerà il primo presidente. Oltre che di analisi funzionale, Volterra si dedicherà a ricerche sulle equazioni integrali e integro-differenziali, spinto da riflessioni su fenomeni in cui l'evoluzione di un sistema non dipende unicamente dalle condizioni iniziali ma anche dalla sua precedente storia. In questo contesto prendono il via i suoi lavori di matematica applicata alla biologia, inizialmente motivati da un problema che gli sottopone il genero Umberto D'Ancona, la cui figura verrà approfondita nella sezione dedicata alla biologia, ovvero la possibilità di esprimere in termini matematici la dinamica di due popolazioni, una di prede e una di predatori.

Degna di menzione è infine la costituzione del gruppo, noti sotto l'eteronimo di Bourbaki, sorto con lo scopo di riaffermare l'unità della matematica e di permettere conseguentemente a ogni ricercatore ope-

rante in questo campo di seguire in maniera organica e unitaria il suo sviluppo. I matematici francesi che partecipano a questa impresa individuano nella frammentazione della disciplina in differenti branche un pericolo e un ostacolo per il suo progresso. Il loro comune intento è quello di ottenere una sua sistematizzazione a partire da un solo fondamento, ovvero la teoria degli insiemi. I cosiddetti «bourbakisti» concepiscono un'opera collettiva, gli *Eléments de Mathématique*, con lo scopo di descrivere attraverso un'impostazione di tipo assiomatico tutte le principali teorie matematiche fino ad allora note. Gli *Elementi* di Bourbaki si propongono come nuovo modello di rigore della matematica contemporanea, proprio come gli *Elementi* di Euclide vengono considerati modello indiscusso di rigore nell'antichità. L'influenza esercitata da Bourbaki e dalla sua opera sul linguaggio e sulla modalità di trattare argomenti centrali della matematica è sicuramente rilevante, ma limitata dall'espunzione di una serie di settori di ricerca che coinvolgono campi dai bourbakisti considerati extra matematici, come la fisica, la meccanica statistica e la probabilità. Per un'analisi critica del bourbakismo rimandiamo al testo di Gabriele Lolli.

La matematica all'Università di Padova

La «stagione d'oro» della matematica padovana viene inaugurata con la chiamata a Padova nel 1881 di Giuseppe Veronese sulla cattedra di geometria analitica, lasciata vacante per la morte di Giusto Bellavitis. Veronese terrà questo insegnamento con l'aggiunta di quello di geometria superiore dal 1884 fino alla sua morte avvenuta nel 1917, formando allievi di grande valore, tra i quali Levi-Civita. Tra i suoi argomenti di ricerca citiamo la teoria proiettiva degli spazi n -dimensionali (il suo primo lavoro sulle geometrie a più dimensioni viene dato alle stampe nel 1882) e le geometrie non archimedee principalmente sviluppate nella sua memoria del 1891, *Fondamenti di geometria a più dimensioni esposti in forma elementare*. Nell'introduzione a questa opera troviamo un'illustrazione del suo lavoro: egli prende le mosse dalle «nozioni e operazioni comuni» per giungere a considerazioni di carattere generale e metodologico sull'assiomatizzazione delle teorie geometriche, compresa la possibilità di stabilire una geometria assoluta, non archimedea. Quest'ultima, come dice il nome, è una geometria in cui non vale l'assioma di Archimede, cioè l'assioma per cui dati due segmenti, il primo minore del secondo, esiste sempre un multiplo del primo segmento che è maggiore del secondo. Si deve a Veronese la costruzione di un sistema teorico in cui si introducono, come si legge nel suo inter-

vento pubblicato negli Atti del IV Congresso internazionale dei matematici tenutosi a Roma nel 1908, «segmenti rettilinei infiniti e infinite-simi attuali, tali da soddisfare le proprietà della retta, eccetto l'assioma di Archimede».

A Padova Veronese si dedica all'insegnamento con passione, dandogli una caratterizzazione più concreta: riterrà infatti un fondamentale supporto all'apprendimento l'utilizzo a lezione di modelli matematici reali (per esempio modellini di superfici non banali). Non a caso Veronese sarà un fervente propugnatore dell'istituzione di un Laboratorio nazionale italiano, sul modello di quello realizzato a Monaco di Baviera presso la Technische Hochschule sotto la guida dei matematici Felix Klein e Alexander von Brill, che avrebbe dovuto provvedere alla costruzione di modelli già esistenti e alla progettazione di nuovi, a supporto dell'attività sia didattica che di ricerca. Per problemi di finanziamento la sua proposta non verrà mai realizzata. Tuttavia il lavoro iniziato da Veronese sarà fondamentale per la costruzione di alcuni modelli matematici, che verranno impiegati per la ricerca e la didattica (costruiti a partire dal 1870 fino al 1930), e che andranno a costituire il nucleo originario della collezione ancora oggi conservata presso il Dipartimento di Matematica.

Nel 1880 viene nominato professore straordinario di fisica matematica Gregorio Ricci-Curbastro, al quale dieci anni dopo verrà assegnata anche la cattedra di algebra complementare. A partire dagli anni ottanta dell'Ottocento l'argomento centrale delle sue ricerche è la geometria differenziale. Già in un lavoro edito nel 1888, dal titolo *Delle derivazioni covarianti e controvarianti e del loro uso nella Analisi applicata*, si trova l'introduzione del concetto di «sistemi covarianti», oggi noti come tensori. A partire da questa pubblicazione, Ricci-Curbastro si dedicherà fino al 1895 quasi esclusivamente all'elaborazione completa di quello che chiamerà il «calcolo differenziale assoluto», ovvero il moderno calcolo tensoriale che permette di ottenere le proprietà geometriche e fisiche dello spazio in forma analitica, indipendentemente dalla scelta delle coordinate. Come scriverà il suo allievo Tullio Levi-Civita: «nel 1895, dopo circa un decennio di meditazione indefessa e di successivi apporti (non ritocchi, ché il lavoro del Ricci non ne richiedeva), il calcolo assoluto giunse a piena maturazione». Inizialmente non apprezzato adeguatamente dalla comunità matematica del tempo, verrà poi accettato in seguito alla pubblicazione della memoria del 1900 già menzionata, *Méthodes du calcul différentiel absolu et leurs applications*, scritta insieme a Levi-Civita, opera che contiene un riassunto dei me-

todi e delle applicazioni del calcolo tensoriale. Ricci-Curbastro e Levi-Civita, rivendicando l'importanza e l'originalità dei metodi del calcolo differenziale assoluto, faranno propria l'opinione di Jules-Henri Poincaré secondo cui «in matematica una buona notazione ha la stessa importanza filosofica di una buona classificazione nelle scienze naturali». I due matematici svilupperanno per i tensori un calcolo algebrico che più tardi verrà conglobato nella moderna algebra multilineare.

Ricordiamo che Levi-Civita, nel momento della stesura della memoria del 1900, da poco occupa la cattedra di meccanica razionale dell'Università di Padova. A Padova Levi-Civita rimarrà fino al 1919, anno in cui sarà chiamato a Roma sulla cattedra di analisi superiore. Nel 1922 sarà promosso a professore ordinario di meccanica razionale sempre presso l'Ateneo romano ma sarà rimosso dai suoi incarichi (compreso il ruolo di professore emerito a Padova) a causa della promulgazione nel 1938 delle leggi razziali, destino che sarà purtroppo riservato anche ad altri illustri professori dell'Ateneo patavino, come vedremo.

Così come alla figura di Ricci-Curbastro, anche a quella di Levi-Civita, uno dei grandi nomi della matematica del Novecento, sono dedicati numerosi testi biografici, articoli scientifici, raccolte di corrispondenze, celebrazioni e commemorazioni. Ricordiamo qui la commemorazione tenuta all'Accademia dei Lincei il 16 novembre 1946 da Ugo Amaldi, che tra l'altro insegna dal 1919 al 1924 a Padova prima geometria descrittiva e poi geometria analitica. In essa si legge: «Matematico nato, nel pieno senso della parola, egli passava senza sforzo dall'uno all'altro di campi svariati, dalla meccanica analitica all'elettromagnetismo, dalla meccanica celeste alla teoria del calore, dall'idromeccanica all'elasticità, e ovunque affrontava problemi precisi ed elevati, per lo più i problemi fondamentali caratteristici dei singoli indirizzi considerati». Tra i contributi di Levi-Civita ai diversi campi del sapere, oltre a quelli in ambito squisitamente matematico, vale la pena citare i suoi lavori sull'elettrodinamica, i suoi studi sul problema dei tre corpi, sull'idrodinamica, sull'ottica e sui fondamenti della relatività generale. In quest'ultimo campo, di particolare importanza saranno alcuni sviluppi matematici dati da Levi-Civita a partire dal 1917, anno in cui introduce la nozione di «trasporto parallelo», inaugurando una nuova branca della matematica nota con il nome di «teoria delle connessioni». Da questa teoria si svilupperanno nuove prospettive dei rapporti tra geometria e fisica.

Proprio a Tullio Levi-Civita nel 2016 è stato intitolato il Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova, un riconoscimento alla sua attività scientifica e alla sua statura d'uomo.

Concludiamo questa sezione parlando di Francesco Severi, un altro valente matematico che sarà professore ordinario di geometria proiettiva a partire dal 1905 presso l'Università di Padova, dove inizierà il suo periodo più produttivo. L'anno successivo verrà inoltre incaricato dell'insegnamento di matematiche superiori e dal 1908 insegnerà anche geometria descrittiva presso la Scuola di applicazione per gli ingegneri, divenendone successivamente direttore. A partire dal 1918, prima di trasferirsi a Roma nel 1921, si dedicherà all'insegnamento di geometria analitica sia nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, sia nella Scuola di applicazione per ingegneri. Severi vanta una vastissima produzione scientifica che comprende più di 400 pubblicazioni di argomento matematico. Uno dei campi in cui darà maggiori contributi è quello della geometria algebrica: in questo settore diventerà ben presto la figura di riferimento in Italia. Risale al periodo padovano il legame di amicizia con Tullio Levi-Civita, con il quale all'epoca condivideva anche idee politiche democratiche. Tuttavia, una volta a Roma, Severi finirà per aderire convintamente al fascismo, diventando uno degli scienziati di punta del regime. Significativo ed esecrabile il comportamento di Severi nei confronti di Levi-Civita e di altri suoi colleghi come Castelnuovo ed Enriques, in particolare dopo l'emanazione delle leggi razziali. In una lettera, che Severi scrive all'amico il 18 ottobre 1938, si legge: «Carissimo Tullio, In obbedienza alle superiori disposizioni trasmesse dal Ministero dell'Educazione nei riguardi degli "Annali di Matematica", debbo procedere, di concerto con la Casa Zanichelli, alla tua sostituzione della Direzione del periodico. [...] Questa separazione non muta in nulla i nostri legami di buona amicizia personale, che dura inalterata da più di un trentennio». La risposta di Levi-Civita è apparentemente serena e dai toni cordiali: «Carissimo Francesco, Ricevo a Roma, dove sono rientrato da poco più di una settimana, la tua lettera del 18, diretta a Padova. Nel prenderne atto, ricambio con pari amicizia gli affettuosi sentimenti che hai voluto esprimermi in modo lusinghiero e cordiale. Una stretta di mano». E Severi non si fermerà qui, ma inferirà ulteriormente sui suoi colleghi e amici di una volta: infatti dopo il licenziamento di Levi-Civita, Guido Castelnuovo e Federico Enriques, sarà Severi a impegnarsi perché sia loro negato anche l'accesso alla biblioteca dell'Istituto di matematica di Roma.

Si ricorda che l'odierno Dipartimento di Matematica di Padova viene istituito nel 1986 e attivato nel 1987 con il nome di Dipartimento di Matematica pura e applicata. Il Dipartimento raccoglie l'eredità del Seminario matematico, ideato da Gregorio Ricci-Curbastro nel 1922 al

fine di istituzionalizzare il coordinamento tra le cattedre di matematica, e riunisce i preesistenti istituti di matematica, l'Istituto di algebra e geometria, quello di analisi e meccanica e parte dell'Istituto di matematica applicata, raccogliendo, come si è visto nel primo capitolo, docenti di matematica provenienti dalle Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, Facoltà di Statistica e Facoltà di Ingegneria. I gabinetti e gli istituti a indirizzo eminentemente applicativo confluiranno in un primo momento nella Scuola di applicazione per ingegneri, poi nei vari dipartimenti di Ingegneria. Fin dal momento della sua fondazione il Dipartimento costituisce un polo unificante per tutte le ricerche in ambito matematico. Le materie relative all'informatica si affiancano oggi a quelle più tradizionali in un Dipartimento che gode di fama nazionale e internazionale, con personale che coltiva interessi di ricerca in quasi tutte le aree delle discipline matematiche e dell'informatica pura.

Fisica

Gli sviluppi della fisica nel corso del Novecento hanno finito per influenzare in modo significativo non solo gli sviluppi della scienza nel suo complesso, ma anche quelli della tecnica. Ecco perché si è ritenuto opportuno soffermarsi un po' di più sulla storia di questo settore.

Fino alla metà dell'Ottocento la meccanica newtoniana era stata considerata la teoria universale, valida a tutte le scale di grandezza, dall'ultra piccolo all'ultra grande. Certo, alcune incrinature si erano già prodotte, per esempio nell'ambito della teoria dei calori specifici, ma si pensava ancora di poterle risolvere con aggiustamenti che non avrebbero intaccato il quadro interpretativo complessivo. Questa idea viene progressivamente abbandonata nella seconda metà dell'Ottocento con l'accumularsi di evidenze sperimentali che risultano inspiegabili all'interno della meccanica newtoniana. Quali sono i meccanismi dell'interazione tra radiazione elettromagnetica e materia? Qual è la spiegazione dei fenomeni spettroscopici, che evidenziano l'assorbimento e l'emissione di radiazione elettromagnetica da parte degli elementi chimici solo per determinate frequenze? Come spiegare l'effetto fotoelettrico, osservato per la prima volta da Heinrich Rudolf Hertz nel 1887, e sul quale avevano in seguito lavorato in molti tra cui Augusto Righi e Philipp von Lenard? E quale modello fisico si può introdurre per l'atomo, considerato il costituente elementare «non divisibile» della materia, dopo che Joseph John Thomson nel 1897 scopre che l'atomo contiene particelle di carica negativa e con una massa almeno mille volte più piccola di quella del più piccolo atomo? Qualunque modello di

atomo deve confrontarsi col problema che particelle elettricamente cariche in moto su traiettorie circolari o ellittiche, secondo l'elettrodinamica regolata dalle leggi di Maxwell, dovrebbero perdere energia, producendo onde elettromagnetiche, in contrasto con la stabilità della materia. E ancora, da dove proviene l'energia dei fenomeni radioattivi scoperti da Antoine Henri Becquerel nel 1896? In quest'ultimo caso, che da subito si pensa riguarda fenomeni che coinvolgono l'atomo o le sue parti, il principio di conservazione dell'energia viene violato? La risposta a queste domande, come vedremo, sarà possibile solo con l'avvento della meccanica quantistica, il nuovo quadro interpretativo che offrirà una trattazione consistente del comportamento di oggetti fisici a scala atomica e subatomica.

Mentre si avviano ricerche per rispondere a queste domande, una questione più generale comincia a impegnare i fisici: qual è il rapporto tra le leggi dell'elettrodinamica e le leggi della meccanica di Newton?

Per comprendere il senso di questa domanda è necessario introdurre qualche considerazione preliminare. Negli ultimi decenni dell'Ottocento si coglie tutta la portata del fatto che le leggi della meccanica newtoniana restano le stesse (tecnicamente si dice «restano invariate in forma») per un'opportuna classe di osservatori in moto rettilineo uniforme uno rispetto all'altro. Un osservatore formalmente è un sistema di riferimento composto da un orologio per misurare il tempo e un sistema di coordinate spaziali (per esempio un sistema di coordinate cartesiane) per misurare la posizione nello spazio. Facendo leva sul principio d'inerzia di Newton («un corpo non soggetto a forze persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme»), si può definire un sistema inerziale come un sistema di riferimento dove vale il principio di inerzia: dato quindi un sistema inerziale, qualunque sistema in moto rettilineo uniforme è ancora un sistema inerziale. Ebbene, le leggi della meccanica newtoniana restano invariate in forma nella classe dei sistemi inerziali utilizzando quelle che oggi chiamiamo «trasformazioni galileiane»: nel passaggio da un sistema inerziale all'altro il tempo rimane lo stesso per tutti gli osservatori, mentre le coordinate spaziali si trasformano le une nelle altre tenendo presente la velocità (uniforme) relativa tra i vari osservatori. È questo il contenuto di quello che verrà chiamato in seguito «principio di relatività galileiana», in onore di Galileo che fu il primo a intuirlo.

D'altra parte, almeno a partire dalla fine degli anni ottanta dell'Ottocento, dopo gli esperimenti di Albert Michelson ed Edward Morley, diventa chiaro che le leggi di Maxwell dell'elettromagnetismo non sod-

disfano il principio di relatività galileiana. Nel vivace confronto che si accende nella comunità scientifica vengono via via prese in considerazione diverse possibilità che inizialmente partono dall'idea che la meccanica newtoniana sia il quadro interpretativo fondamentale mentre le leggi dell'elettrodinamica valgono solo in un sistema di riferimento privilegiato in quiete assoluta. Ma l'esistenza di un tale sistema di riferimento entra in conflitto con il «principio di relatività galileiana» che non prevede l'esistenza di sistemi privilegiati. E così nell'ultimo decennio del XIX secolo si fa strada l'idea, propugnata per esempio da Hendrik Antoon Lorentz, che in realtà sia l'elettrodinamica il quadro interpretativo fondamentale. Da qui nasce la «concezione elettromagnetica della natura», all'interno della quale si mette in discussione la pretesa universalità della meccanica newtoniana.

La questione verrà definitivamente risolta da Albert Einstein nel suo articolo del 1905 dal titolo *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (*Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento*). Punto di partenza dell'articolo è l'affermazione che un principio di relatività, cioè di invarianza delle leggi fisiche nel passaggio da un sistema di riferimento inerziale all'altro, deve valere sia per la meccanica sia per l'elettrodinamica. A questa affermazione se ne aggiunge un'altra, derivante dai risultati di esperimenti di elettrodinamica, come quelli di Michelson e Morley: la velocità della luce nel vuoto ha un valore costante che non dipende dal moto del corpo che la emette. Sulla base di queste due affermazioni, o principi, che costituiscono la base di quella che oggi è nota come teoria della relatività ristretta, Einstein ricava le nuove trasformazioni delle coordinate dello spazio e del tempo, oggi note come trasformazioni di Lorentz, che sostituiscono le trasformazioni galileiane. Queste trasformazioni erano già state introdotte da Lorentz (da qui il loro nome) e sviluppate matematicamente da Poincaré, ma la loro definitiva interpretazione fisica si deve proprio a Einstein.

Non ci soffermiamo sulle molteplici implicazioni della teoria della relatività ristretta, che vanno dalla nuova geometria spazio-temporale, per la prima volta presentata da Hermann Minkowski nel 1908, al nuovo nesso tra massa ed energia, limitandoci a osservare che la teoria di Einstein fa emergere chiaramente che la meccanica newtoniana perde il suo carattere di teoria universale e viene ridotta a una teoria approssimata, applicabile nell'ambito dei fenomeni nei quali le velocità in gioco sono piccole rispetto alla velocità della luce. Infatti, le trasformazioni di Lorentz, come dimostra Einstein nella seconda parte del suo articolo, lasciano invariate in forma le equazioni di Maxwell nel passaggio da

un sistema inerziale a un altro, ma ovviamente non le equazioni della meccanica newtoniana (invarianti per trasformazioni galileiane). Sarà Max Planck nel 1906 a dare un fondamentale contributo alla formulazione delle nuove equazioni della meccanica, che sostituiscono quelle di Newton per soddisfare il principio di relatività introdotto da Einstein. Le nuove equazioni della meccanica si riducono peraltro a quelle newtoniane quando le velocità in gioco sono piccole rispetto a quelle della luce. Quindi la meccanica newtoniana non viene accantonata, e infatti la si insegna ancora oggi nelle scuole e nelle università, ma perde la sua pretesa ottocentesca di teoria universale diventando una teoria applicabile solo in un certo ambito di fenomeni, un'approssimazione tanto più buona quanto più le velocità degli oggetti fisici sono piccole rispetto alla velocità della luce: in altri termini si arriva a definire chiaramente il suo dominio di applicazione.

Una nuova importante acquisizione in ambito scientifico porta spesso con sé nuove domande e nuovi problemi: è così infatti che la scienza amplia le sue conoscenze sui fenomeni naturali. Nella fattispecie, una volta accettato che il quadro interpretativo offerto dalla relatività ristretta è più ampio e fondamentale di quello della meccanica di Newton, e una volta formulate le nuove leggi del moto, si apre la questione di come esprimere nel nuovo contesto la legge di gravitazione universale, uno dei risultati più importanti della meccanica newtoniana. Inizialmente vari scienziati, tra cui lo stesso Einstein, pensano che la generalizzazione relativistica della teoria della gravitazione non presenti particolari problemi, sulla falsa riga della formulazione delle nuove leggi della meccanica. E invece ci vorranno otto anni di riflessioni e duro lavoro, dal 1907 al 1915, prima che Einstein arrivi alla nuova teoria della gravitazione: la teoria della relatività generale. In estrema sintesi, tre sono le principali difficoltà con cui Einstein si confronta. La prima riguarda il fatto, come scrive lui stesso, che per trattare relativisticamente la teoria della gravitazione bisogna superare il «difetto epistemologico» comune alla relatività galileiana e alla relatività ristretta, e cioè il privilegio che queste teorie attribuiscono ai sistemi inerziali, un privilegio che presuppone che lo spazio e il tempo costituiscano una sorta di palcoscenico passivo che condiziona la descrizione del moto dei corpi senza esserne influenzato. La relatività generale supererà questo difetto epistemologico generalizzando il postulato di relatività anche ai sistemi di riferimento non inerziali, in moto qualunque l'uno rispetto all'altro, e identificando il campo gravitazionale con le proprietà geometriche dello spazio-tempo. «La geometria dello spazio-tempo

– come scriverà John Wheeler, acuto interprete della relatività generale – agisce sui moti della materia e dell'energia e a sua volta è determinata dalla distribuzione della materia e dell'energia». La seconda difficoltà riguarda lo strumento matematico idoneo a esprimere questo principio generalizzato di relatività. Per la relatività ristretta il linguaggio matematico era quello in uso da tempo nella comunità dei fisici, per la relatività generale è necessario passare al calcolo tensoriale, assai meno diffuso tra i fisici dell'epoca, sviluppato, come abbiamo visto sopra, a cavallo tra XIX e XX secolo da Ricci-Curbastro e Levi-Civita. La terza difficoltà concerne l'assenza di evidenze sperimentali, se si eccettua una piccola anomalia nella precessione del perielio di Mercurio, che potessero far pensare a una inconsistenza della teoria della gravitazione di Newton. Al contrario la relatività ristretta si basava su molteplici riscontri sperimentali nell'ambito dell'elettrodinamica.

La teoria della relatività generale è tutt'oggi la più profonda teoria della gravitazione di cui disponiamo. Uno degli esempi, che nel corso del XX secolo si moltiplicano, di teoria la cui verifica sperimentale avverrà successivamente alla sua introduzione. Non solo, come abbiamo già notato sopra, è la prima teoria che permette una trattazione scientifica dell'universo su grande scala inaugurando la moderna cosmologia scientifica.

Se la relatività ristretta e la relatività generale costituiscono una prima significativa svolta rispetto alla fisica dell'Ottocento, la seconda fondamentale svolta riguarda la teoria dei quanti che porterà tra il 1925 e il 1926 alla meccanica quantistica. Proprio negli stessi anni in cui Einstein elabora le sue teorie della relatività, vari scienziati, tra i quali menzioniamo Max Planck, lo stesso Einstein, Niels Bohr, Arnold Sommerfeld, Marie Curie, Ernest Rutherford iniziano a confrontarsi con le domande con cui abbiamo aperto questa sezione riguardanti fenomeni fisici che coinvolgono la scala atomica e subatomica. Ci si rende conto che la risposta a queste domande non è possibile nell'ambito della fisica classica, termine introdotto nel Novecento per designare l'insieme costituito dalla meccanica di Newton e dall'elettrodinamica di Maxwell e distinguerlo dalla fisica quantistica.

La meccanica quantistica sarà il coronamento di queste ricerche portate avanti dal 1900 al 1925, che formano quella che gli storici della fisica chiamano «vecchia teoria dei quanti». In quei venticinque anni la comunità scientifica prende dimestichezza col fatto che le incrinature aperte nel corso dell'Ottocento nella fisica classica possono essere avviate a soluzione solo accettando l'idea che grandezze che nella fisica classica so-

no considerate continue, come l'energia, devono essere quantizzate, cioè composte da parti discrete irriducibili chiamate «quanti». Seguendo questa strada, la vecchia teoria dei quanti trova le prime risposte convincenti alle domande relative all'interazione tra radiazione e materia, all'effetto fotoelettrico, agli spettri atomici, al calore specifico nei solidi. Sono solo modelli costruiti caso per caso introducendo la quantizzazione di opportune grandezze fisiche, ma di fondamentale importanza per la nascita della meccanica quantistica. In meno di un anno, tra il 1925 e il 1926, si arriverà infatti a disporre di ben due formulazioni della meccanica quantistica: la meccanica delle matrici, introdotta nel 1925 da Werner Karl Heisenberg, Max Born, Pascual Jordan e Paul Adrien Maurice Dirac, e la meccanica ondulatoria, presentata nel 1926 da Erwin Schrödinger. Le due teorie partono da presupposti diversi e utilizzano linguaggi matematici diversi ma si dimostrerà che sono tra loro formalmente equivalenti e portano allo stesso tipo di predizioni.

Da questo momento in poi la comunità scientifica ha a disposizione un nuovo quadro interpretativo che permette di trattare i fenomeni su scala atomica e subatomica, superando i limiti della fisica classica.

Facendo leva sulle teorie della relatività di Einstein e sulla meccanica quantistica, i fisici dalla seconda metà degli anni venti del Novecento sviluppano una serie di ricerche i cui esiti sono alla base della scienza e della tecnica odierne. Vale la pena indicare brevemente alcune tappe significative. Iniziamo con la nascita di quella che oggi chiamiamo fisica nucleare che certo parte dalla scoperta del nucleo atomico nel 1911, ma acquista la sua moderna fisionomia solo dopo la definitiva scoperta delle particelle di cui il nucleo atomico è composto: il protone nel 1919 e il neutrone nel 1932. Da queste ricerche emerge l'esistenza di due nuove forze in natura, oltre a quella elettromagnetica e gravitazionale: la forza nucleare debole, che si dimostrerà responsabile dei processi di decadimento radioattivo, e la forza nucleare forte, che si dimostrerà implicata nelle interazioni tra neutroni e protoni nel nucleo. Su queste basi, tra la seconda metà degli anni venti e i primi anni trenta comincia a definirsi un nuovo settore di ricerca che ha l'obiettivo di descrivere queste quattro forze della natura nell'ambito della teoria quantistica. Importanti contributi allo sviluppo di questo settore provengono da una serie di indagini che costituiscono quella che oggi viene chiamata fisica delle alte energie o fisica delle particelle elementari, un settore in cui la fisica padovana sarà protagonista.

L'interesse si concentra principalmente sulla comprensione dei processi che coinvolgono le forze elettromagnetiche e le forze nucleari.

L'avvento della meccanica quantistica infatti offre nuove prospettive all'indagine sui costituenti della materia e delle forze in essa operanti. Se ancora nei primi anni venti si pensa che i costituenti ultimi della materia siano elettroni e protoni e viene faticosamente confermata l'esistenza del fotone come mediatore dell'interazione elettromagnetica, negli anni successivi, grazie a importanti contributi sperimentali e teorici, la fisica delle particelle elementari e delle loro interazioni subirà un processo di profondi cambiamenti. Basti citare il ruolo fondamentale svolto dalle esperienze del fisico Victor Franz Hess, che tra il 1911 e il 1912 individua una nuova sorgente di radiazione di provenienza extra-terrestre aprendo la strada al primo periodo d'oro della fisica dei «raggi cosmici», nome introdotto nel 1925 dal fisico Robert Millikan. Si pensa inizialmente, questa è l'idea di Millikan, che questa radiazione sia identificabile con una radiazione elettromagnetica di alta energia (i cosiddetti raggi gamma). Tuttavia si aprirà ben presto un dibattito sulla natura dei raggi cosmici, e la comunità dei fisici si dividerà in due fazioni: da una parte si schiera chi, come Millikan, sostiene che essi siano radiazioni elettromagnetiche di alta energia, e dall'altra chi invece ne ipotizza la natura corpuscolare, come Arthur Compton e Bruno Rossi. Nel 1929 si ha una prima evidenza sperimentale a favore della natura corpuscolare dei raggi cosmici quando i fisici tedeschi Walther Bothe e Werner Kolhörster rivelano il passaggio di particelle cariche grazie a contatori Geiger. I raggi cosmici sono in grado di attraversare uno schermo di oro spesso 4,1 centimetri, fatto non spiegabile se i raggi cosmici fossero costituiti da radiazione elettromagnetica di alta energia. Sarà questo, come vedremo, il punto di partenza delle ricerche di Bruno Rossi.

Una volta identificati i raggi cosmici con flussi di particelle cariche di alta energia provenienti da fuori dell'atmosfera, i fisici hanno a disposizione uno strumento per indagare i costituenti minuti della materia e le forze in gioco studiando le interazioni tra i raggi cosmici e gli atomi costituenti l'atmosfera. In meno di vent'anni si scoprono così nuove particelle materiali che, a differenza di quanto avviene per i costituenti della materia ordinaria, l'elettrone, il protone, il neutrone, si producono negli urti tra raggi cosmici e atomi dell'atmosfera e decadono in tempi brevi. Infatti proprio le indagini sui raggi cosmici permettono la scoperta nel 1932 della prima particella di anti materia, il positrone o anti elettrone, interpretabile nell'ambito di una teoria proposta da Dirac nel 1928. La teoria di Dirac, da cui deriverà la moderna elettrodinamica quantistica (Edq), unisce meccanica quantistica e relatività ristretta e fornisce per la prima volta una trattazione quantistica

della forza elettromagnetica. Ed è sempre con i raggi cosmici che si trovano nuove particelle: nel 1937 il muone; nel 1947 il pione; nel 1947 il kaone. Insieme alla teoria di Enrico Fermi del 1933, che contiene una prima trattazione quantistica delle forze nucleari deboli, sono questi gli iniziali risultati sperimentali e teorici che porteranno, tra gli anni sessanta e settanta, a quello noto come Modello standard delle particelle elementari, tutt'oggi il migliore quadro interpretativo di cui disponiamo nell'ambito della fisica delle alte energie. Ruolo fondamentale in questo sviluppo lo giocheranno gli acceleratori di particelle che dagli anni cinquanta sostituiranno i raggi cosmici come sorgenti controllate di flussi di particelle da cui ricavare informazioni sempre più accurate sull'ultra piccolo.

Se il Modello standard delle particelle elementari fornisce una trattazione quantistica unificata della forza elettromagnetica e delle forze nucleari deboli e forti, la sfida ancora aperta è quella di formulare una teoria quantistica della forza gravitazionale. Gli sviluppi della cosmologia del XX secolo, con l'elaborazione del Modello standard dell'universo (il cosiddetto Modello del Big Bang), hanno dimostrato tutta la fertilità dell'incontro tra fisica dell'ultra piccolo e fisica dell'ultra grande e fanno pensare a ulteriori sviluppi nell'ambito delle ricerche della gravità quantistica, tutti settori in cui la fisica padovana tra XX e XXI secolo ha dato importanti contributi.

Prima di concludere accenniamo a un altro settore importante dello sviluppo della fisica, quello della fisica dello stato solido o della materia condensata. Anche qui le basi di partenza sono quelle fornite dalla relatività ristretta, la meccanica quantistica e in particolare la Edq, ma nuovi scenari si aprono quando si parla del comportamento di sistemi costituiti da un grande numero di particelle, o come si dice sistemi complessi. Nel caso di aggregati di molte particelle, come diceva Philip Anderson, «More is different»: in un sistema complesso emergono leggi che non si ricavano dalla semplice somma delle leggi dei suoi costituenti. Entrano in gioco in questo settore l'applicazione della probabilità e della statistica per collegare lo stato macroscopico di un sistema complesso con il comportamento dei suoi costituenti: è quello che viene fatto dagli sviluppi moderni della meccanica statistica, originariamente introdotta dai contributi in particolare di Maxwell, Boltzmann, Gibbs ed Einstein. È un settore di studi connotato da una naturale interdisciplinarietà, con applicazioni non solo nella fisica, ma anche nella chimica, nella biologia, nell'ingegneria dell'informazione.

La fisica all'Università di Padova

[L]'argomento [dei raggi cosmici] è unico nella fisica moderna per la minuziosità dei fenomeni, la delicatezza delle osservazioni, le avventurose escursioni degli osservatori, la sottigliezza delle analisi e l'importanza delle conclusioni.

La citazione di Darrow viene usata da Bruno Rossi come epigrafe per il suo volume dedicato ai raggi cosmici e sottolinea il fascino esercitato su molti fisici da questo settore di ricerca. Proprio Bruno Rossi, che insieme a Enrico Fermi è uno dei protagonisti della rinascita della fisica italiana negli anni trenta del Novecento, inaugura una gloriosa pagina della storia della fisica all'Università di Padova.

Rossi, uno dei grandi protagonisti a livello mondiale delle ricerche sui raggi cosmici, verrà infatti chiamato nel 1932 a ricoprire la cattedra di fisica sperimentale a Padova.

Dopo essersi formato tra Padova e Bologna, dal 1928 al 1932 Rossi diviene assistente di Antonio Garbasso alla cattedra di fisica sperimentale dell'Università di Firenze. Qui intreccia profondi rapporti di amicizia con i suoi colleghi e allievi, quali Gilberto Bernardini e Giuseppe, detto Beppo, Occhialini, con i quali resterà in contatto per tutta la vita. La fisica di questi anni, come abbiamo detto, sta attraversando un periodo di particolare fermento. Rossi decide da subito di dedicarsi allo studio dei raggi cosmici, inserendosi autorevolmente nel dibattito sulla loro natura (onde o particelle?). È quindi naturale che, quando nel 1932 viene chiamato a Padova, indirizzi le ricerche sulla fisica dei raggi cosmici. Si tratta di un settore di indagine nuovo per l'Ateneo patavino: come abbiamo visto, infatti, il suo predecessore, Vicentini, si era occupato principalmente di raggi X e sismografia.

Già tra il 1930 e il 1931, quando ancora si trova a Firenze, Rossi propone di risolvere la controversia sulla natura dei raggi cosmici considerando l'eventuale azione del campo magnetico terrestre sulla radiazione cosmica primaria (quella che arriva dall'esterno sull'atmosfera). Se questa fosse costituita da particelle cariche, suggerisce Rossi, si dovrebbero osservare due effetti: una diminuzione dell'intensità della radiazione avvicinandosi all'equatore magnetico («effetto latitudine»), e un'asimmetria della radiazione rispetto al meridiano magnetico («effetto est-ovest»: maggiore intensità della radiazione da est nel caso di prevalenza di particelle negative, o da ovest per particelle positive). Rossi realizza subito che la verifica della sua congettura non può essere fatta alle latitudini e alla quota di Firenze, e cerca quindi di organizzare una spedizione all'Asmara in Eritrea, a 2370 metri sul livello

del mare e circa 12 gradi a nord dell'equatore. Tuttavia, a causa del suo trasferimento a Padova e di ritardi nei finanziamenti, la spedizione avrà luogo solo nel 1933. Per questo Rossi perderà la priorità della scoperta dei due effetti da lui ipotizzati, misurati tra il 1930 e il 1933 da altri scienziati, e in particolare da Compton. Cionondimeno i dati ricavati da Rossi e dal suo collaboratore Sergio De Benedetti nella spedizione all'Asmara sull'effetto latitudine e sull'effetto est-ovest (con la conferma della predominanza nei raggi cosmici di particelle cariche positivamente) sono significativi, grazie anche all'utilizzo di un particolare circuito elettronico di sua invenzione che misura le coincidenze del passaggio dei raggi cosmici attraverso più contatori Geiger-Müller. Questo circuito, costituito da triodi e contatori Geiger-Müller e chiamato da allora «circuito di coincidenze di Rossi», verrà usato sistematicamente nelle ricerche sui raggi cosmici, e segna di fatto l'inizio dell'applicazione dell'elettronica alla fisica.

Per quanto riguarda i sei anni di permanenza a Padova, prima di essere costretto a lasciare l'Italia nel 1938, Rossi svolge una fruttuosa attività almeno su tre fronti: la ricerca, la didattica e l'organizzazione. Sul fronte della ricerca consolida lo studio dei raggi cosmici, e inizia la costruzione, che non sarà mai portata a termine, di un acceleratore da 1 milione di volt finalizzato alla ricerca sulle particelle elementari; sul fronte della didattica forma una nuova generazione di giovani e valenti fisici, tra i quali Sergio De Benedetti, Eugenio Curiel ed Ettore Pancini; sul fronte infine dell'organizzazione, sovrintende alla progettazione e segue la realizzazione della costruzione del nuovo Istituto di fisica, inaugurato nel 1937, che è l'attuale sede del Dipartimento di Fisica e Astronomia «Galileo Galilei», uno dei più avanzati dell'epoca sia per concezione sia per strumentazione.

Tra i giovani ricercatori con cui Rossi svolge le sue ricerche nell'ambito dei raggi cosmici, oltre a Sergio De Benedetti, vale la pena menzionare Angelo Drigo. A Padova Angelo Drigo, che in seguito passerà a Ferrara e diventerà rettore di quell'Ateneo, studierà la generazione degli sciami di particelle prodotti dalla radiazione cosmica nella materia, realizzerà strumenti per monitorare e controllare la radioattività dell'ambiente, e aggiungerà l'indirizzo di biofisica delle radiazioni al corso di laurea in Fisica. Nel 1938, a causa della promulgazione delle leggi razziali, Rossi, come De Benedetti, Levi-Civita ed Emilio Viterbi, come vedremo professore in quegli anni di chimica, è costretto a lasciare Padova. Dopo un breve periodo trascorso a Copenaghen e a Manchester, si trasferisce negli Stati Uniti dove, oltre a proseguire le sue ri-

cerche sui raggi cosmici, parteciperà al progetto Manhattan per la costruzione della bomba atomica. Nel 1946 Rossi verrà chiamato al Mit (Massachusetts Institute of Technology) e qui rimarrà fino alla fine della sua vita, dedicandosi principalmente ai seguenti filoni di ricerca: la natura, l'origine e l'energia della radiazione cosmica primaria, le modalità di propagazione dei raggi cosmici nell'atmosfera e l'identificazione delle particelle prodotte nelle interazioni di alta energia. Dalla metà degli anni cinquanta la fisica dei raggi cosmici, raggiunto il suo apice con alcune clamorose scoperte, verrà soppiantata dagli acceleratori di particelle. Tuttavia, una certa analogia sia nei problemi scientifici sia nelle tecniche sperimentali tra la ricerca sui raggi cosmici e quella in fisica spaziale indurrà molti di coloro che avevano lavorato sui raggi cosmici a rivolgere la loro attenzione verso l'astrofisica. E così farà anche Rossi, che si occuperà con il gruppo del Mit del plasma interplanetario e di sorgenti cosmiche di raggi X, individuando insieme al futuro Premio Nobel Riccardo Giacconi, allievo di Occhialini, e ad altri colleghi la prima sorgente di raggi X esterna al sistema solare.

In seguito alla partenza forzata di Rossi, sarà Antonio Rostagni a ricoprire la cattedra di fisica, diventando anche direttore dell'istituto. Dopo la guerra l'Istituto deve far fronte inevitabilmente alla carenza di mezzi e di fondi e il nuovo direttore si impegnerà con determinazione su più fronti per rilanciare la ricerca in fisica padovana. Rostagni si prodiga in particolare per la formazione di giovani e valenti ricercatori, incoraggiandoli a svolgere periodi di formazione all'estero presso laboratori all'avanguardia e sotto la guida di valenti fisici. Tra questi vale la pena citare tre laboratori che si occupano di rivelatori per il tracciamento delle traiettorie dei raggi cosmici: il laboratorio di Manchester specializzato in camere a nebbia, dove lavora il gruppo di Patrick Blackett; il laboratorio di Bristol diretto da Cecil Frank Powell e quello di Bruxelles diretto da Giuseppe Occhialini, che si occupano di emulsioni nucleari. Grazie all'impegno di Rostagni, tra il 1948 e il 1950 si costituiscono presso l'Istituto di fisica tre gruppi di ricercatori sperimentali: il primo, con a capo Pietro Bassi, è specializzato nella costruzione di strumenti elettronici; il secondo, guidato da Michelangelo Merlin, si dedica preminentemente allo studio di emulsioni nucleari; il terzo, infine, formato da Marcello Cresti, Arturo Loria e Guido Zago, costruisce e conduce esperienze con una camera di Wilson in collaborazione con Manchester.

Nel 1947 Rostagni riesce a ottenere finanziamenti dal Consiglio nazionale per le ricerche per l'istituzione del «Centro di studio degli ioni veloci» presso l'Istituto padovano. Prendono dunque l'avvio diverse

attività di ricerca all'avanguardia, come lo studio del decadimento beta e delle proprietà degli elettroni nei metalli. Vale la pena ricordare che i centri istituiti in Italia in seno al Cnr, ovvero quello appena citato di Padova, quello di Roma e quello di Torino, daranno vita nel 1951 all'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn), al quale l'anno dopo si unirà anche l'Istituto di fisica di Milano.

Sempre per iniziativa di Rostagni e con il fondamentale contributo della Società adriatica di elettricità (Sade) viene costruito nel 1950 al Pian Fedaia, a circa 2000 metri di altitudine ai piedi della Marmolada, un laboratorio per lo studio dei raggi cosmici. Bassi eseguirà per primo esperienze in questo laboratorio utilizzando anche un raffinatissimo elettromagnete fatto costruire da Bruno Rossi a Giovanni Someda, di cui parleremo nel prossimo capitolo, originariamente pensato per l'acceleratore da un milione di volt. Alle esperienze di Bassi, eseguite con tecniche elettroniche, se ne affiancheranno altre eseguite questa volta con la tecnica della camera a nebbia da Arturo Loria, Marcello Cresti, Guido Zago e l'allora laureando Luciano Guerriero, che poi intraprenderà una brillante carriera nel settore aerospaziale, divenendo il primo presidente dell'Agenzia spaziale italiana istituita nel 1988.

Tutte queste attività permettono a Padova di partecipare da protagonista, tra il 1952 e il 1954, alle prime collaborazioni internazionali per lo studio dei raggi cosmici che prevedono il lancio di pacchi di emulsioni nucleari con palloni aerostatici nella stratosfera: si tratta della *Sardinian Expedition* e del *G-Stack*, finalizzati in particolare allo studio di quelle particelle pesanti e instabili chiamate «particelle strane». Un ruolo fondamentale sarà svolto da Michelangelo Merlin nell'organizzazione presso l'Istituto di Padova della fabbricazione dei palloni, dei loro primi lanci, e dello sviluppo chimico delle emulsioni una volta recuperate.

Sempre sotto la direzione di Rostagni si sviluppa a Padova, a partire dal 1953, una nuova tecnica di tracciamento delle particelle, quella delle camere a bolle, introdotta nel 1952 da Donald Glaser. A guidare gli esperimenti con le camere a bolle è Pietro Bassi, ospite di Bruno Rossi al Mit tra il 1952 e il 1953, dove viene a conoscenza della nuova tecnologia. Il gruppo di Padova, composto tra l'altro da Loria, Zago, Paolo Mittner e Igino Scotoni, riesce a redigere una completa analisi delle problematiche inerenti alla nuova tecnologia, trovando il modo di perfezionarla, e si dedicherà alla realizzazione di una camera a bolle, una delle prime in Europa, e la prima a essere impiegata per i fasci di un sincrotrone del Cern, istituito nel 1954. L'esperimento riscuoterà pieno successo: si tratta del primo in Europa in cui si utilizza una camera a

bolle con un fascio proveniente da un acceleratore di particelle e non dalla radiazione cosmica.

Insieme a Rostagni, investirà un ruolo decisivo nel rilancio della fisica padovana del dopoguerra Niccolò Dallaporta, chiamato nel 1942 dallo stesso Rostagni. Dallaporta sarà professore di fisica teorica (1947-68), di istituzioni di fisica (1968-70) e di astrofisica teorica (1970-80) presso l'Università di Padova. La sua opera scientifica abbraccia vari settori della scienza, che vanno dalla fisica nucleare ai raggi cosmici, dalle particelle elementari all'astrofisica. Tra i suoi principali meriti citiamo la costituzione a Padova del primo gruppo di ricerche teoriche di astrofisica, esteso ben presto anche alla cosmologia, e la formazione di una valente scuola di fisica delle particelle e di astrofisica teorica. Aprendo il nuovo campo dell'astrofisica, Dallaporta fa sì che l'astronomia acquisisca lo stile del lavoro di squadra e il carattere internazionale, aspetti già da tempo consolidati nella fisica. Persona di grande cultura e umanità, Dallaporta spicca anche nelle sue indubbie doti di didatta.

Sempre su iniziativa di Rostagni verrà chiamato a Padova alla metà degli anni cinquanta Giorgio Careri, con l'intenzione di portare anche nell'Istituto di Padova, essenzialmente polarizzato nei settori della fisica nucleare e delle alte energie, la ricerca in fisica della materia, che di fatto comincia a svilupparsi in Italia come specifico settore di ricerca solo a partire dal secondo dopoguerra. Careri, dopo aver conseguito la laurea in fisica a Roma, entrerà qui a far parte del gruppo di ricerca di Edoardo Amaldi, che gli proporrà di lavorare alla costruzione di uno spettrometro di massa. Una volta acquisite le specifiche competenze per la sua realizzazione presso l'Institute for Nuclear Studies di Chicago, Careri si dedicherà con successo alla costruzione del primo spettrometro di massa italiano. Accetterà poi nel 1953 l'invito di Giorgio Salvini ad allestire presso i neonati Laboratori nazionali di Frascati un laboratorio di liquefazione dell'idrogeno ed elio che avrebbe dovuto fornire i bersagli di idrogeno liquido per l'elettrosincrotrone. Nel frattempo lavorerà a Padova, a partire dal 1956, dove rimarrà quattro anni. Gli anni padovani saranno importanti per lui e per i suoi collaboratori, con i quali creerà il primo gruppo di ricerca della fisica delle basse temperature in Italia. Vale la pena notare che il gruppo di Careri utilizzerà nelle ricerche sulla fisica delle basse temperature proprio l'elettromagnete commissionato da Rossi e impiegato per lo studio dei raggi cosmici al Fedai. Se a Careri si deve l'avvio della scuola sperimentale di fisica della materia, la fisica teorica dello stato solido avrà un impulso a Padova solo a partire dal 1970 grazie anche alla chiamata di Giovanni Jona-Lasinio.

Prima di concludere la presente sezione è doveroso menzionare un'altra personalità che nella seconda metà del secolo ha contribuito ad accrescere la fama dell'istituto lasciando una straordinaria eredità, sia scientifica che culturale: si tratta di Massimilla (Milla) Baldo Ceolin. La sua attività non si limita alla ricerca scientifica, ma si estende anche all'impegno civile, e i suoi interessi abbracciano svariati campi della cultura, dalla letteratura alla poesia, dalla musica all'arte. Laureatasi in Fisica nel 1952 presso l'Università di Padova, Baldo Ceolin ottiene nel 1963 la cattedra di fisica superiore, prima donna dell'Ateneo patavino ad andare in cattedra. Sarà direttrice della sezione patavina dell'Istituto nazionale di fisica nucleare tra il 1965 e il 1968 e direttrice dell'Istituto di fisica (poi Dipartimento a partire dal 1983) tra il 1973 e il 1978. Il tema privilegiato delle sue ricerche, iniziate nel periodo immediatamente successivo alla laurea, è la fisica sperimentale delle particelle elementari, con un interesse prevalente per le interazioni nucleari deboli.

La preziosa eredità lasciata da questi grandi personaggi sarà raccolta dai loro successori, per cui oggi il Dipartimento di Fisica e Astronomia rappresenta un centro di eccellenza in grado di affrontare le sfide più ardite in tutti i campi di ricerca della fisica, dell'astronomia e dell'astrofisica, e nel quale vengono valorizzate le applicazioni interdisciplinari e multidisciplinari. In ambito nazionale e internazionale il Dipartimento di Fisica e Astronomia si presenta senza dubbio come uno dei più attrezzati poli di didattica e di ricerca del settore, con strumentazioni e laboratori di avanguardia e di consolidata tradizione.

Chimica

Anche per quanto riguarda le scienze chimiche, risulta difficile descrivere in poche righe l'evoluzione che subirà la disciplina nel corso del Novecento, secolo in cui vedranno la nascita numerose nuove branche di studio che si ramificheranno a loro volta in altrettante linee di ricerca. In questa breve panoramica si cercherà di mettere in evidenza i principali risultati che coinvolgono anche altri campi di ricerca, quali la fisica e la biologia, e le maggiori ricerche introdotte e portate avanti presso l'Ateneo patavino, alcune delle quali decisamente all'avanguardia.

In questo secolo la stereochimica, cioè quel settore di studi grazie al quale risulta possibile conoscere le proprietà spaziali delle sostanze per comprenderne il comportamento chimico, raggiunge una piena maturità con l'avvento di nuove tecnologie. Ma in tutti gli ambiti della chimica si sviluppano nuove tecniche sperimentali, favorite in particolare dalle

scoperte dei raggi X, della radioattività e dell'elettrone negli ultimi anni dell'Ottocento. Risalgono agli inizi del XX secolo le prime teorie atomiche di «valenza», cioè i primi tentativi volti a spiegare la valenza degli elementi, ovvero la capacità degli atomi di un elemento di formare legami chimici (la valenza indica precisamente il numero di elettroni che un atomo cede, acquista o mette in condivisione legandosi con altri atomi). Queste daranno un nuovo impulso alla comprensione della tavola periodica degli elementi. In tale ambito vale la pena sottolineare i fondamentali contributi di Henry Moseley, che nel 1913 formula una relazione matematica empirica, oggi nota come «legge di Moseley», che esprime la dipendenza della frequenza dei raggi X emessi da un elemento chimico in funzione del relativo numero atomico Z , cioè del numero di cariche elettriche positive del nucleo atomico. Va sottolineato che è proprio grazie ai contributi di Moseley che si arriverà alla interpretazione moderna della tavola periodica. Fino alla sua scoperta infatti gli elementi chimici nella tavola periodica venivano ordinati per peso atomico A crescente. Il peso atomico tuttavia non era un buon parametro: esistevano elementi della tavola periodica con peso atomico diverso (quelli che in seguito saranno chiamati isotopi) che avevano le stesse proprietà chimico-fisiche, tanto da mettere in dubbio la validità della tavola periodica. Ordinare invece gli elementi per numero atomico Z crescente permetterà di superare definitivamente questo problema.

Per quanto riguarda le ricerche delle leggi di combinazione dei diversi elementi chimici, un fondamentale contributo viene dagli studi sulle configurazioni elettroniche condotti da Gilbert Lewis. Nell'ambito della sua teoria elettronica di valenza, Lewis elabora un modello secondo cui nella formazione dei legami gli atomi di una molecola tenderebbero a raggiungere la configurazione esterna più stabile. Un chiarimento definitivo del legame chimico si avrà con l'avvento della meccanica quantistica, grazie alla quale si creerà un'indissolubile saldatura tra fisica e chimica. Infatti, con l'introduzione da parte di Schrödinger della nozione di *funzione d'onda* è possibile calcolare l'energia associata a ogni stato elettronico. Nasce, grazie ai lavori di Walter Heitler e Fritz London, la moderna chimica teorica.

Sempre in questo periodo la cristallografia trova una correlazione sempre più stretta con la chimica, grazie in particolare ai lavori di Max von Laue, fisico e cristallografo tedesco, Premio Nobel per la fisica nel 1914 per la scoperta della diffrazione dei raggi X, e di William Lawrence Bragg, che scoprirà la legge, oggi nota come «legge di Bragg», che permette di calcolare la posizione degli atomi in un reticolo cristallino

sfruttando la diffrazione dei raggi X. Anche Bragg, insieme al padre William Henry, verrà insignito del Premio Nobel per la fisica nel 1915, per gli studi condotti sull'analisi della struttura cristallina per mezzo dei raggi X. Risalgono agli anni venti i primi modellini costruiti con barrette metalliche, che riproducono in scala le distanze inter atomiche, e sferette, i cui raggi in scala rappresentano i raggi atomici, disposti sulla base di calcoli quantomeccanici, in modo da poter essere confrontati con i metodi cristallografici. Questi modelli andranno a costituire parte del corredo strumentale della maggior parte dei gabinetti di chimica del tempo, oltre di quello dei maggiori gabinetti di mineralogia dove risulteranno di notevole importanza per visualizzare e studiare la forma cristallina dei minerali. Le applicazioni delle nuove tecniche di diffrazione a raggi X e lo studio di modelli sarà alla base della scoperta nel 1953 della struttura a doppia elica del Dna: si consolidano così i forti legami tra chimica e biologia con lo sviluppo della biochimica, uno dei settori più vivaci delle ricerche scientifiche della seconda metà del Novecento. Accanto al loro utilizzo per la determinazione di biopolimeri, i raggi X vengono impiegati in chimica per l'indagine della struttura di molecole semplici e per l'analisi elementare e non distruttiva di un'ampia gamma di materiali (fluorescenza a raggi X).

Vale la pena a questo punto di fare una riflessione su quanto avviene tra la fine dell'Ottocento e i primi decenni del Novecento dall'intersezione tra chimica organica e chimica fisica. Pur trovando già in questa fase il termine chimica organica fisica, tra l'altro in riferimento a uno dei protagonisti della scuola chimica patavina, la chimica organica fisica nasce come branca autonoma solo a partire dagli anni quaranta. Inizialmente infatti, anche se il termine è in uso, il suo significato è relativo all'applicazione dei metodi della chimica fisica alla chimica organica. La chimica organica risente, tra fine Ottocento e i primi decenni del Novecento, dello straordinario sviluppo conoscitivo che investe tutti gli ambiti scientifici, a livello sia concettuale sia metodologico e sperimentale. Stimolata in questi anni da un notevole approfondimento delle proprie procedure conoscitive, la chimica organica inizia a usare sistematicamente la chimica fisica. Il processo che porta alla definizione della chimica organica fisica in senso moderno come branca autonoma coinvolge alcuni eventi di particolare rilievo, quali l'elaborazione della teoria di valenza, della struttura molecolare e lo sviluppo di studi sulla reattività delle molecole organiche. Alla luce di quanto ora detto, vedremo tra breve che a Padova verrà chiamato Arturo Miolati, allievo del chimico tedesco Arthur Rudolf Hantzsch e già professore di elet-

trochimica a Torino. Entrambi sono interessati primariamente agli sviluppi della chimica organica, ma iniziano ad applicare a questa la chimica fisica. Per questo nei documenti e negli scritti dell'epoca compare già il termine chimica organica fisica, anche se di fatto con una accezione diversa rispetto a quella moderna. Ciò non toglie che i loro contributi non inizino a preparare il terreno per la nascita del futuro settore disciplinare.

Un altro settore che, come abbiamo appena detto, nel Novecento raggiunge una propria autonomia è la biochimica, scienza a cavallo tra biologia e chimica che ha come oggetto di ricerca lo studio chimico dei fenomeni biologici. Già a partire dalla fine dell'Ottocento erano emersi tre indirizzi particolari: la biochimica dinamica, la determinazione della struttura delle molecole e l'indirizzo chimico-fisico. Con il consolidarsi della biochimica, già a partire dai primi anni del Novecento il concetto di struttura cellulare è soggetto a numerose modifiche: proprio in relazione agli sviluppi della biochimica, infatti, vengono compiuti notevoli passi avanti per una sua migliore comprensione anche con l'ausilio di nuove tecniche sperimentali.

Un'altra branca che nasce in questo secolo è la citochimica. Anch'essa parte della biochimica, nascendo come branca sia della chimica che della biologia, studia la materia vivente con analisi chimiche e chimico-fisiche. I risultati più rilevanti in tale settore sono raggiunti grazie a sempre più raffinate tecniche sperimentali, come l'utilizzo dell'ultracentrifuga e della microscopia elettronica.

Questi sviluppi sperimentali e teorici della chimica concorrono alla rinascita nel Novecento del concetto di cellula come unità esplicativa per affrontare i grandi problemi biologici (come vedremo nel capitolo dedicato alla biologia). Con la nascita della genetica sarà poi il concetto di gene come entità materiale a svolgere una funzione unificante tra gli sviluppi di vari settori disciplinari: il suo studio infatti sarà legato a metodi propri della chimica, della fisica e della teoria dell'informazione, oltre a richiedere l'unificazione di citologia, embriologia e fisiologia cellulare.

Se quanto detto finora riguarda essenzialmente la ricerca chimica di base, non bisogna tuttavia dimenticare che molti settori della chimica si sviluppano in relazione ad applicazioni industriali. Giusto per offrire al lettore un'approssimata tassonomia, basti pensare ai progressi della chimica organica in relazione allo sviluppo dell'industria petrolchimica e dello studio dei composti biochimici e delle sostanze naturali, o agli sviluppi della chimica inorganica in relazione alla chimica metallorga-

nica, e ancora a quelli fatti nell'uso degli isotopi radioattivi e nello studio dei catalizzatori, e agli avanzamenti della chimica analitica per quanto riguarda le tecniche elettroanalitiche. Insomma, un connubio tra ricerca di base e ricerca applicata che nella chimica è particolarmente accentuato.

La chimica all'Università di Padova

Considereremo preminentemente l'ambito della chimica fisica, che a Padova vanta una lunga tradizione grazie alle ricerche inaugurate da Nasini e da Ciamician, che lasciano ai successori un terreno fertile per gli sviluppi futuri.

Giuseppe Bruni, proprio per la sua formazione chimico-fisica, verrà chiamato a ricoprire la cattedra di chimica generale nel 1907 come successore di Raffaello Nasini. Bruni acquisisce le competenze specifiche in chimica e in particolar modo in chimica fisica a Bologna come assistente di Giacomo Ciamician. Egli occuperà la cattedra fino al 1916, quando si trasferirà a Milano, dove insegnerà presso il Politecnico e contemporaneamente sarà consulente dell'azienda Pirelli. Negli anni di permanenza padovana, oltre all'attività didattica e di ricerca, Bruni si occupa di redigere il progetto per la realizzazione e la successiva dotazione del nuovo Istituto di chimica all'interno del nuovo complesso di via Loredan. L'Istituto viene completato nel 1915, come testimonia la relazione che Bruni presenta al rettore, ma purtroppo, a causa della guerra, subito prima dell'inaugurazione, verrà requisito dalle autorità militari, come la maggior parte degli edifici universitari.

Bruni è una figura dal profilo professionale variegato, molto attivo nell'ambito editoriale. Nel 1907 diviene cofondatore della «Rivista di scienza», poi ribattezzata «Scientia», insieme a Federico Enriques, Eugenio Rignano, Antonio Dionisi e Andrea Giardina. Il fine di tale periodico, come si legge nelle prime pagine, è quello di evitare i pericoli derivanti dall'eccesso di specializzazione in nome di un'unità della scienza protesa a svecchiare il panorama culturale italiano. Quanto propone «Scientia» è sintomo dell'esigenza, condivisa da una cerchia di intellettuali sempre più ampia in Italia e in Europa tra fine Ottocento e primi del Novecento, di favorire il dialogo tra settori disciplinari che si vanno sempre più diversificando, alla ricerca di una visione complessiva dell'impresa scientifica fondamentale per garantirne la vitalità e lo sviluppo. Bruni sarà anche direttore del «Giornale di chimica industriale ed applicata» dal 1919 al 1944. Nel 1906 partecipa all'organizzazione del Congresso di Padova della Società italiana per il progresso

delle scienze, cui si è fatto cenno in precedenza, dove sarà coinvolto in un progetto a lungo coltivato da Vito Volterra per la costituzione di un Comitato talassografico italiano con lo scopo di promuovere lo studio dell'idrografia e della biologia del Mediterraneo. Come scriverà Umberto D'Ancona: il «compito [di tale Comitato] era quello di fornire al Paese la conoscenza dei propri mari in rapporto coll'industria della pesca e della navigazione».

La composizione del Comitato, che diventerà attivo dal 1910, verrà formalizzata proprio durante il congresso della Società italiana per il progresso delle scienze, e tra i suoi membri, oltre a Bruni, ci sono Giacomo Ciamician e il fisico Pietro Blaserna. I campi di ricerca del Comitato riguardano preminentemente la fisica e la chimica del mare, la biologia delle acque salse e l'esplorazione dell'atmosfera.

La costituzione del Comitato motiverà Bruni a visitare il Museo oceanografico di Berlino, annesso all'Istituto di geografia e la cui stazione di ricerca sperimentale è situata a Rovigno, al tempo sotto la dominazione austro-ungarica. L'interesse suscitato in Bruni da questa iniziativa tedesca è tale da fargli manifestare pubblicamente l'esigenza di una struttura analoga anche per l'Italia, uno strumento a suo parere di «incomparabile efficacia per la divulgazione dello studio e dell'amore del mare». Dopo la prima guerra mondiale, al Comitato sarà affidato proprio il funzionamento, oltre che dell'Osservatorio marittimo di Trieste e della Stazione zoologica della stessa città, della Stazione zoologica di Rovigno. La sua storia si intreccerà dunque con quella della biologia marina dell'Università di Padova: le collezioni di zoologia marina di Trieste e di Rovigno andranno a costituire il nucleo originario dell'attuale Museo di zoologia adriatica «Giuseppe Olivi» di Chioggia.

Un altro personaggio di spicco della chimica dell'Ateneo è Arturo Miolati, a cui si deve nel 1932 un'importante innovazione istituzionale, la creazione della cattedra di chimica fisica, che consoliderà la fama dell'Università patavina in tale settore disciplinare. Miolati si forma come Ciamician all'estero, dove tra l'altro ha la possibilità di lavorare con Arthur Rudolf Hantzsch al Politecnico di Zurigo. Si trasferirà poi a Roma in qualità di assistente di Stanislao Cannizzaro, dove rimarrà per otto anni. Insieme a Cannizzaro mostrerà a livello sperimentale la stretta relazione esistente tra configurazione chimica e conducibilità elettrica nel caso di una particolare classe di composti chimici organici, le ossime, e dei loro derivati. Tale relazione sarà importante per l'applicazione della chimica fisica all'ambito della chimica organica. Miolati contribuisce quindi a preparare il terreno, come abbiamo già notato, al-

la nascita della chimica organica fisica, cioè di una nuova disciplina di cui il suo maestro tedesco Hantzsch viene considerato l'apripista.

A partire dal 1917, Miolati inizia a lavorare presso l'Università di Padova, seguendo prevalentemente i lavori di ristrutturazione del nuovo fabbricato adibito a Istituto di chimica, costruito sotto la supervisione di Bruni. Nel 1928 viene nominato preside della Facoltà di Scienze e nel 1929 diviene commissario straordinario della Scuola di applicazione per gli ingegneri e della Scuola di farmacia. Sono gli anni in cui nasce il Consiglio nazionale delle ricerche, fondato nel 1923, e all'interno del Comitato per la chimica e le sue applicazioni troviamo il suo nome, insieme a quello di Bruni, a testimonianza della sua fama e dell'importante ruolo svolto dalla chimica patavina nelle istituzioni di ricerca nazionali.

L'Istituto di chimica fisica avrà sede in un primo momento all'interno dell'Istituto di chimica generale. Significative sono le parole del chimico Giovanni Semerano, allievo e successore di Miolati sulla cattedra di chimica fisica, che danno una breve descrizione dell'Istituto e inquadrano bene anche il tipo di ricerche che avrebbe dovuto ospitare: «L'Istituto occupa una parte del fabbricato in cui ha sede anche l'Istituto di Chimica Generale e Inorganica e precisamente il primo piano dell'ala sud-ovest, la parte centrale rialzata e il capannone esterno. L'Istituto ha sede in una zona molto tranquilla della città (via Loredan 4 a) in prossimità di Farmaceutica, Chimica Industriale e Applicata, Farmacologia. Questa vicinanza permette frequenti contatti tra ricercatori dei vari istituti e facilità di consultazione delle relative biblioteche [...]. I lavori compiuti nell'Istituto e pubblicati nei vari periodici scientifici e tecnici vengono raccolti in volumi e distribuiti sia in Italia sia all'estero. [...] Gli argomenti delle ricerche in cui l'Istituto è specializzato riguardano: Polarografia [...], contributi alla conoscenza dei composti organici, reazioni interfasali e studio delle interfasi, radicali liberi, spettrografia, reazioni chimiche ed alte pressioni».

Giovanni Semerano sarà professore di chimica fisica a partire dal 1938 e insieme a Miolati introdurrà a Padova un metodo all'avanguardia che consente di condurre analisi sia qualitative che quantitative delle sostanze chimiche. Durante il suo soggiorno a Praga, infatti, Miolati può lavorare con una nuova tecnica elettroanalitica, la polarografia, sviluppata nel 1922 dal chimico cecoslovacco Jaroslav Heyrovský, Premio Nobel per la chimica nel 1959. La polarografia è una tecnica che permette di condurre delle analisi sia qualitative che quantitative tramite la misurazione della corrente che fluisce in una cella elettrolitica. Riconoscendo il valore scientifico e le potenzialità di tale metodo, Miolati

farà acquistare un polarografo per l'Università di Padova, e il suo allievo Semerano, che nella sua tesi di laurea tratterà proprio di questo argomento, diverrà ben presto uno tra i massimi esperti italiani di polarografia. Grazie all'interesse manifestato da Miolati e ai notevoli lavori condotti da Semerano, questa nuova tecnica prende piede in Italia in ambito sia accademico che industriale. Altri settori disciplinari che si sviluppano a Padova negli anni trenta riguardano le ricerche fotochimiche e spettroscopiche. In tali ambiti lavorerà Emilio Viterbi, allievo di Bruni e assistente di Miolati. Viterbi inoltre si occuperà di sviluppi della «fotochimica», settore in cui Miolati aveva dato importanti contributi. Nelle reazioni fotochimiche l'energia di attivazione necessaria viene fornita sotto forma di energia radiante. In generale le radiazioni interessate dalla fotochimica corrispondono a valori di energia compresi tra l'ultravioletto e l'infrarosso. Viterbi si occupa a Padova, in particolare, di spettrografia di assorbimento, introducendo alcune significative innovazioni come l'utilizzo della scintilla ad alta frequenza per ottenere uno spettro continuo nell'ultravioletto. Si dedica inoltre alla spettroscopia di emissione e allo studio di fenomeni di fluorescenza eccitati da radiazione ultravioletta. A partire dal 1932 Viterbi tiene anche un corso di chimica fotografica, primo insegnamento universitario in Italia nel campo dei processi chimici della fotografia, di cui parla Semerano nella memoria *La fotochimica a Scuola del prof. Arturo Miolati*: «Oltre ai libri e riviste di carattere fotografico di cui si dotava la biblioteca dell'Istituto vanno ricordate le magnifiche fotografie del prof. Emilio Viterbi assistente del Miolati delle Prealpi visibili da Padova ed il corso di Chimica fotografica di Viterbi (1932), il primo di questa materia in Italia». Anche Viterbi sarà costretto a lasciare l'insegnamento a causa delle leggi fasciste sulla razza. Prima di abbandonare l'Istituto, Viterbi donerà a Semerano uno spettrografo di sua proprietà, un invito implicito a proseguire, anche in un periodo così buio, la ricerca scientifica con la stessa dedizione e lo stesso fervore.

Nella sua memoria Semerano cita anche le ricerche portate avanti nel settore della fotochimica da Luigi Amati, altro valente allievo di Miolati: «Dal 1934 al 1937 [Amati] ha studiato un sistema di proiezioni fotografiche e cinematografiche a colori mediante reticoli di diffrazione, dispositivo del tutto originale che ha richiesto tra l'altro lo studio di sistemi di controllo fotoelettrico per la miglior riproducibilità dei reticoli interferenziali sul materiale sensibile». Di Amati, oltre a questi lavori, sono significativi gli interessi per gli aspetti industriali e tecnici della ricerca chimica, interessi che riuscirà a coltivare e ad approfondire

grazie al periodo di apprendistato con Miolati. Dal 1958 al 1975 Amati collaborerà infatti con la Stazione sperimentale del vetro di Venezia per realizzare dispositivi per la misura della colorazione, della decolorazione e della riflessione del vetro.

Concludiamo la sezione con due osservazioni. La prima riguarda il ruolo importante svolto dalla presenza nell'Università degli istituti del Cnr, che nel caso della chimica padovana hanno avuto un ruolo primario sia in termini di finanziamento che di reclutamento del personale ricercatore.

La seconda osservazione concerne il carattere fortemente interdisciplinare che acquisiscono nel corso del XX secolo le ricerche svolte presso gli Istituti di chimica generale e di chimica fisica, aspetto che rimarrà immutato negli anni, connotando il percorso formativo del moderno corso di laurea in Chimica. L'attuale Dipartimento di Scienze chimiche comprende infatti al suo interno i tre preesistenti dipartimenti di chimica istituiti nel 1985: il Dipartimento di Chimica fisica (evoluzione dell'Istituto fondato da Miolati nel 1932), quello di Chimica inorganica, Metallorganica ed Analitica e quello di Chimica organica, che a partire dal 1961-1962 era entrato a far parte del complesso degli altri istituti chimici pur avendo un'organizzazione indipendente, sostituendo il precedente Istituto di chimica organica e chimica industriale.

Il Dipartimento di Scienze chimiche si prefigge lo scopo di promuovere, in ogni ambito delle scienze chimiche, dalla chimica pura alla chimica industriale, dalla scienza dei materiali alle scienze e tecnologie per l'ambiente, lo sviluppo culturale, sociale ed economico del territorio attraverso l'avanzamento e la diffusione della conoscenza, la formazione degli studenti, i rapporti con la società e il tessuto produttivo.

Scienze naturali

La separazione, avvenuta già nell'Ottocento, tra scienze della forma (che si occupano dello studio della struttura e della forma degli organismi) e scienze delle funzioni (che si prefiggono lo scopo di fornire una spiegazione scientifica alle funzioni degli organismi viventi utilizzando i nuovi sviluppi della chimica e della fisica) si acuisce nel periodo compreso tra gli anni ottanta dell'Ottocento e i trenta del nuovo secolo, sfociando nell'istituzione di due campi disciplinari distinti: la biologia evolucionistica e la biologia funzionale. Da questa bipartizione si avrà poi la gemmazione di nuove discipline, alcune inquadrare all'interno dell'una o dell'altra branca e altre che fungeranno da ponte tra le due, come l'embriologia e la genetica. La biologia funzionale racchiude in sé

la biochimica, di cui abbiamo già parlato, mentre la colonna portante della biologia evuzionistica sarà la teoria sintetica dell'evoluzione. A questo proposito, vale la pena di enucleare i principali eventi che porteranno all'elaborazione di tale sintesi.

Il Novecento si apre con la riscoperta delle leggi di Mendel, evento che inaugurerà un processo di profonda ristrutturazione teorica della biologia, che possiamo schematizzare in due fasi principali: in un primo momento la teoria mendeliana viene generalizzata alla totalità dei fenomeni legati all'eredità, e successivamente i fattori ereditari verranno localizzati nei cromosomi. Nasce la genetica, termine coniato da William Bateson nel 1905, intesa come nuova scienza dell'eredità. In seguito all'individuazione dei cromosomi come portatori fisici dei caratteri genetici di Mendel, all'interno della genetica l'attenzione si concentra inevitabilmente sul nucleo cellulare e sui cromosomi stessi.

Sempre nei primi anni del secolo fioriscono diversi tentativi di spiegare i meccanismi dell'ereditarietà che Darwin aveva solo affrontato in modo congetturale. Alla teoria darwiniana viene contestata, come si è detto, la mancanza di una solida base empirica e sperimentale. A questo punto non si mette più in discussione l'evoluzione, ma si cerca di capire il modo in cui l'evoluzione opera, le modalità tramite cui si realizza la trasmissione ereditaria delle variazioni e le caratteristiche di queste ultime. Tra le innumerevoli proposte citiamo il neodarwinismo, il neolamarckismo e l'ortogenesi, teorie che riguardano la modalità di trasmissione dei caratteri e la nozione di specie, e tra i principali oggetti di dibattito menzioniamo l'analisi della variabilità all'interno delle popolazioni, il carattere di tale variabilità e il ruolo della selezione naturale. Un primo passo verso la sintesi moderna dell'evoluzione viene compiuto dal genetista statunitense Thomas Hunt Morgan che dà il via a un programma di ricerca in biologia sperimentale, propugnando la necessità di stabilire un legame tra genetica e darwinismo. A Morgan si deve la costituzione del primo gruppo di ricerca nella storia della biologia presso il Dipartimento della Columbia University, che viene battezzato «*Drosophila group*» in onore del moscerino della frutta, la *Drosophila*, insetto prezioso per gli esperimenti di genetica. La biologia inizia ad assumere sempre più quel carattere sperimentale e non solo descrittivo proprio dei vari settori della scienza: proprio come in fisica e in chimica, anche nelle scienze biologiche si insiste sulla riproducibilità dell'esperimento.

La separazione tra scienze sperimentali e scienze morfologiche di cui si è parlato sopra cesserà di esistere con l'elaborazione della sintesi

moderna dell'evoluzione negli anni trenta, a cui si è più volte fatto riferimento. Questa è il risultato di una profonda rivoluzione concettuale che costituirà la colonna portante della struttura teorica alla base della biologia contemporanea e che mette insieme in modo coerente genetica e selezione naturale darwiniana. La teoria sintetica, elaborata principalmente da figure provenienti da ambiti disciplinari diversi tra loro, come il Teodosij Grigor'evič Dobžanskij, lo zoologo e sistematico Ernst Mayr, l'embriologo Julian Sorell Huxley e il paleontologo George Gaylord Simpson, riunisce tradizioni scientifiche diverse, divenendo la teoria unificante per l'intera biologia.

Una nuova branca della biologia, su cui ci soffermiamo brevemente è la biologia molecolare, locuzione introdotta nel 1938 per designare un'area di confine in cui fisica e chimica si fondono con la biologia. Citando le parole di Bernardino Fantini, chimico e storico della scienza e della medicina, «la biologia molecolare è la disciplina modello della “rivoluzione biologica”, la grande trasformazione teorica che a partire dagli anni Cinquanta ha posto la biologia al centro dell'interesse, andando ad occupare nella riflessione specialistica sulla scienza, ma anche presso il grande pubblico, il posto occupato dalla fisica nella prima metà del secolo». Essa prende vita concentrando la sua attenzione sui microrganismi, e utilizzando nuove tecniche sperimentali, quali la cristallografia a raggi X, lo studio di isotopi, la microscopia elettronica e l'ultracentrifuga. L'influenza del punto di vista fisico diventa particolarmente evidente dopo la pubblicazione nel 1944 del saggio di Schrödinger dal titolo *What Is Life?*, che verrà attentamente letto e analizzato da biologi, chimici e fisici e ispirerà in particolare le ricerche di due scienziati, il biologo James Dewey Watson e il fisico Francis Crick.

Watson e Crick si incontrano a Cambridge nel 1951. La loro collaborazione risulta particolarmente fruttuosa, grazie anche alla loro diversa provenienza scientifica, la genetica dei microrganismi per Watson e la cristallografia per Crick: un esempio significativo di quello che James Clerk Maxwell definisce *fertilizzazione incrociata delle scienze*. Lo stesso vale per i lavori di Maurice Wilkins, fisico di formazione dedicatosi poi alla biologia, e di Rosalind Franklin, chimica, biochimica e cristallografa, che fanno da apripista alle ricerche di Watson e Crick sulla struttura molecolare degli acidi nucleici, culminate nel loro articolo del 1953 che presenta definitivamente il modello a doppia elica del Dna. Il loro modello sarà accettato rapidamente dalla comunità scientifica: la doppia elica viene costruita con poche regole lineari da cui è possibile dedurre tutto il meccanismo della replicazione genetica e del-

la mutazione. A Crick, Watson e Wilkins verrà conferito il Premio Nobel per la medicina nel 1962. Non insistiamo sul ruolo cruciale delle ricerche di Rosalind Franklin ampiamente trattata oggi negli studi di storia della biologia. Quel che è certo è che, senza i contributi di Franklin, Watson e Crick avrebbero avuto non poche difficoltà a raggiungere in tempi brevi il loro risultato.

Sempre negli anni cinquanta si realizzerà una nuova sintesi tra genetica, biochimica ed embriologia: discipline, dotate di una propria autonomia nei primi anni del secolo, ora si riuniscono in un comune quadro esplicativo. Non si tratta di un episodio isolato: nella seconda metà del Novecento si tenderà infatti a integrare le diverse discipline scientifiche costitutesi in forma autonoma nell'Ottocento o addirittura solo nei primi anni del Novecento, per permettere una visione unitaria e comprensiva dei fenomeni.

Concludiamo questa introduzione dedicata alla biologia, presentando alcuni dei punti che a tutt'oggi costituiscono oggetto di dibattito sul tema dell'evoluzione. Per prima cosa, sembrano esistere diversi possibili meccanismi che portano alla speciazione (e la divergenza genetica graduale sembrerebbe essere solo uno di essi). La sintesi avvenuta negli anni cinquanta tra biologia molecolare e teoria cellulare apre inoltre un dibattito riguardante l'origine del codice genetico e del meccanismo della sua traduzione. Va poi ricordato l'impatto della teoria sintetica dell'evoluzione sulla paleontologia e, simmetricamente, l'impatto della paleontologia sulla teoria sintetica dell'evoluzione.

Attorno al nucleo centrale della teoria di Darwin sono sorte numerose interpretazioni discordanti, soprattutto in relazione al ruolo svolto dalla selezione naturale. Queste hanno provocato profonde divisioni interne tra differenti scuole di pensiero. Possiamo riportare qui le due principali posizioni che si contrappongono in quella che Niles Eldredge definisce la «Tavola Alta dell'evoluzione». La prima posizione, propria dei «genetisti», ha come capogruppo Richard Dawkins e vede nell'evoluzione un processo lento e graduale governato da mutazioni genetiche. Questa posizione riduzionista è espressa in modo particolarmente efficace dal titolo di uno dei testi di Dawkins, *Il gene egoista*. La seconda posizione invece ha come capofila i paleontologi, in particolare George Gaylord Simpson, Stephen Jay Gould e lo stesso Niles Eldredge, che interpretano l'evoluzione come un processo dominato da difformità e improvvise accelerazioni. Si parla infatti proprio per questo motivo di teoria degli «equilibri punteggiati» o «intermittenti». Quest'ultimo modello di fatto permette di spiegare perché le

specie viventi non sembrano cambiare con regolarità e gradualità nel tempo, ma sembrano piuttosto mutare molto più rapidamente al momento della loro origine, per poi andare incontro a una lunga fase di cambiamento relativamente modesto, definita «stasi evolutiva». In questo contesto una delle questioni più dibattute ancora oggi riguarda il concetto di specie.

Accenneremo agli sviluppi novecenteschi dell'agricoltura e della geologia nei paragrafi dedicati al contesto accademico patavino.

Le scienze naturali all'Università di Padova

Biologia. Il dibattito sul darwinismo, che a partire dalla seconda metà dell'Ottocento coinvolge tutta Europa, raggiungerà con un certo ritardo anche l'Italia dove, forse più che altrove, l'opposizione alla teoria dell'evoluzione darwiniana per selezione naturale è ancora molto diffusa agli inizi del Novecento. Questa posizione troverà a Padova la sua massima espressione nelle figure di Eugenio Ficalbi e Davide Carazzi, successori di Giovanni Canestrini. Dopo Canestrini non è esagerato dire che la teoria evoluzionistica a Padova, in relazione in particolare alla zoologia, subirà una brusca battuta d'arresto.

L'epoca in cui operano Ficalbi e Carazzi è un periodo di riflessione critica sulla teoria darwiniana. Come abbiamo osservato, già alla fine dell'Ottocento si stanno diffondendo teorie alternative. Sta riacquisendo forza, ad esempio, il ruolo chiave nell'evoluzione dei fattori ambientali. Si assiste pertanto a un ritorno del lamarckismo, il cui principio fondamentale è l'ereditarietà dei caratteri acquisiti per effetto dell'uso e disuso degli organi, o per influenze dell'ambiente. Questa dottrina verrà battezzata «neolamarckismo».

Mentre Ficalbi può essere considerato un sostenitore del neolamarckismo, Carazzi, istologo e zoologo (i suoi lavori di maggiore rilievo riguardano l'embriologia e i molluschi) sarà un profondo anti-evoluzionista. Egli verrà chiamato a ricoprire la cattedra di zoologia e anatomia comparata nel 1905 come successore di Ficalbi. Nella prolusione letta il 20 gennaio 1906, emerge già il suo punto di vista nel momento in cui rivolge una dura critica alla teoria di Darwin, che concluderà con le seguenti parole: «Ahimè! fu breve il sogno e neppure questa volta la scienza mantenne le sue promesse». Carazzi mette in dubbio il concetto stesso di evoluzione, sottolineandone la mancanza di basi scientifiche. Nel breve volgere degli anni, quindi, le idee e i lavori di Canestrini verranno progressivamente abbandonati. Parallelamente, vale la pena sottolineare lo sgomento e il disappunto di eminenti naturalisti, prove-

nienti da tutto il mondo per visitare il laboratorio di Canestrini, constatando le pessime condizioni in cui versano i preziosi esemplari descritti dal naturalista nelle sue opere. La continuazione dell'insegnamento di Canestrini rimane affidata soprattutto alle sue opere, da cui ancora oggi possiamo trarre un profondo e nobile esempio di impegno culturale e di grande apertura mentale e lungimiranza.

Temi di biologia cellulare, di fisiologia e di genetica si diffonderanno a Padova quando Paolo Enriques, fratello del matematico Federigo, diventerà professore di zoologia all'Università e direttore dell'annesso Istituto nel 1922. Con Enriques, uno dei primi studiosi in Italia a interessarsi in maniera attiva alla genetica, si torna a parlare di evoluzione, che egli cerca di correlare con la genetica, come testimonia il titolo della sua memoria *Conciliazione tra la teoria dell'eredità e quella dell'evoluzione*, edita nel 1931. Sono questi gli anni in cui si costruisce la sintesi moderna dell'evoluzione, che porterà, come abbiamo ricordato, alla fusione tra la genetica e la teoria dell'evoluzione per selezione naturale. Con la pubblicazione di questa memoria, Enriques dimostra di essere al corrente non solo delle tecniche sperimentali più all'avanguardia ma anche delle principali innovazioni concettuali nel campo della biologia.

Il ventaglio delle discipline biologiche oggetto di ricerca e di insegnamento si allargherà sempre di più in questi anni, specialmente quando verrà chiamato a Padova Umberto D'Ancona, che trasformerà l'Istituto di zoologia in uno dei più grandi e attrezzati d'Italia.

D'Ancona in particolare si occuperà di biologia marina, settore che vanta a Padova una lunga tradizione che affonda le sue radici nell'opera settecentesca del naturalista Giuseppe Olivi. L'eredità lasciata da Olivi e dai suoi successori verrà raccolta da D'Ancona, professore di zoologia e anatomia comparata a partire dal 1939, che nel 1940 istituirà un laboratorio per ricerche lagunari a Chioggia, la Stazione idrobiologica dell'Università di Padova.

D'Ancona svolgerà qui studi all'avanguardia, in particolare sugli ecosistemi della laguna di Venezia e dell'Alto Adriatico, sulle specie ittiche oggetto di pesca e sulla biologia riproduttiva di numerose specie di pesci. Vale la pena di soffermarsi sulla sua indagine delle fluttuazioni quantitative delle diverse specie ittiche vendute sui mercati di Trieste, Fiume e Venezia, con la raccolta di dati che vanno dal 1910 al 1923. Questo arco temporale abbraccia quindi anche il primo conflitto mondiale, durante il quale si evidenzia un ritorno del popolamento animale dell'Alto Adriatico dovuto alla stasi della pesca. Grazie a un'attenta lettura dei dati raccolti, utili anche per offrire suggerimenti per il miglio-

ramento della gestione della pesca, D'Ancona svilupperà importanti ricerche statistiche sul popolamento ittico dell'Adriatico, svolte insieme al suocero Vito Volterra, e pubblicate in un'eccellente monografia dal titolo *La lotta per l'esistenza*, edita in lingua italiana nel 1942 e che riscuoterà fin da subito grande successo. D'Ancona fornisce dunque dati sperimentali all'impostazione teorica e matematica sviluppata da Alfred James Lotka e da Volterra, il cosiddetto modello preda-predatore (1925-26), inaugurando una nuova branca della biologia: la matematica biologica. Il lavoro iniziato in questo ambito da D'Ancona continua ancora oggi a essere portato avanti presso l'Università e coinvolge diversi dipartimenti tra cui, oltre al Dipartimento di Biologia, il Dipartimento di Matematica e il Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale, nell'ambito del corso di studio di Ingegneria ambientale.

Tra il 1958 e il 1961 D'Ancona viene anche incaricato di dirigere l'Istituto di antropologia, e questo ci permette di aggiungere qualche nota agli sviluppi del settore inaugurato a Padova da Canestrini. Dopo Enrico Tedeschi, di cui abbiamo parlato, l'insegnamento di antropologia e la direzione dell'Istituto vengono affidati a Raffaello Battaglia. È sotto la sua direzione che nel 1935 l'Istituto prende la denominazione finale di Istituto e Museo di antropologia ed etnologia. Succederanno a Battaglia nell'insegnamento di antropologia Cleto Corrain in qualità di assistente, e nella direzione dell'annesso Istituto Umberto D'Ancona, dal 1958 al 1961, e Armando Sabbadin dal 1961 al 1966. Cleto Corrain sarà professore incaricato di antropologia dal 1966, anno in cui tra l'altro inizia la sua direzione dell'Istituto, e diventerà ordinario nel 1968. A Corrain, ritiratosi nel 1976, succederà nell'insegnamento e nella direzione dell'Istituto Giancarlo Alciati dal 1976 al 1987.

Concludiamo dando alcune note istituzionali per meglio comprendere la genesi dell'attuale Dipartimento di Biologia. Innanzitutto nel 1969 l'Istituto di zoologia e anatomia comparata muterà la propria denominazione in Istituto di biologia animale, che insieme agli Istituti di botanica e di antropologia, all'Orto botanico e alla Stazione di biologia marina di Chioggia verrà conglobato nell'attuale Dipartimento di Biologia, istituito nel 1983. Molteplici sono le attuali unità di ricerca del Dipartimento, che spaziano dalla sistematica e biologia evoluzionistica alla biologia molecolare e alla biofisica, fino alle biotecnologie e alla bioinformatica.

Agraria. Nel 1924, in seguito all'acquisto di alcuni fabbricati nel rione di Padova prospicienti via Ognissanti, l'Orto agrario trova una nuova sede. Per il contratto di permuta, stipulato il 12 febbraio 1925,

l'Orto agrario in zona Santa Croce viene quindi interamente distrutto. Tutti i lavori nella nuova sede vengono affidati al direttore Leopoldo di Muro, di cui parleremo ampiamente nel prossimo capitolo, e dureranno fino al 1932.

La nuova collocazione verrà principalmente impiegata per svolgere prove di soluzioni nutritive e per testare l'utilizzo dell'elettricità nello sviluppo delle piante. Per quanto riguarda quest'ultimo tema di ricerca, va detto che in Europa si stanno già raggiungendo risultati notevoli. Tra i più promettenti impieghi dell'elettricità in ambito agricolo citiamo quello dell'arco voltaico per stimolare e accelerare lo sviluppo vegetativo delle piante. Sono utilizzate poi gabbie di Faraday «per arrestare l'elettricità atmosferica»: le piante vengono ricoperte da gabbie a reti metalliche molto fini, in grado di schermarle da qualsiasi campo elettrico esterno. Macchine elettriche sono impiegate per accelerare il periodo germinativo, dando luogo a piante meglio nutrite e più vigorose: il passaggio di corrente provoca infatti un innalzamento della temperatura in grado di stimolare la germinazione dei semi. L'azione della corrente elettrica risulta inoltre particolarmente efficace per eliminare insetti e parassiti. Di Muro, al passo con i più recenti sviluppi della scienza agraria, proverà a replicare la maggior parte di questi esperimenti in Orto, pur non ottenendo risultati promettenti.

Tuttavia, l'interesse della Scuola di applicazione per gli ingegneri nei confronti dell'agricoltura sta scemando in questi anni, principalmente per due motivi: il primo riguarda la debole richiesta da parte del mercato del lavoro della figura professionale dell'ingegnere-agronomo; il secondo è relativo alla nascita in vari atenei italiani delle Facoltà di Agraria, che cominceranno a essere operative negli anni trenta. A Padova l'istituzione della Facoltà di Agraria viene approvata nel 1946, anche se sarà l'ingegnere Guido Ferro a ricoprire il ruolo di direttore dell'Orto agrario, in quanto dal 1939 a guidare l'Orto sarà chiamato il direttore della sezione di «Costruzioni marittime e di Idraulica Agraria» della Facoltà di Ingegneria, carica allora ricoperta appunto da Ferro. Grazie al suo lavoro, l'agricoltura riacquisterà una propria dignità e la nuova sede al Portello. A partire infatti dal 1946 locali e laboratori per la ricerca e per la didattica trovano collocazione nell'oramai abbandonata area dell'Orto, in un nuovo complesso, con accesso da via Gradnigo. Questa sede, dotata di edifici per la ricerca e laboratori didattici, verrà inaugurata nel 1951, anno in cui tra l'altro saranno conferite le prime lauree in agraria. Tuttavia l'Orto agrario nella nuova sede avrà vita breve, non riuscendo a stare al passo con le nuove esigenze nella

sperimentazione. Spazi più adeguati verranno individuati fuori Padova: nasce così l'azienda sperimentale di Legnaro, a fianco della quale sorge il campus di Agripolis, realizzato nel 1996 e dove trovano sede le Facoltà di Agraria, di Scienze forestali e di Medicina veterinaria.

Geologia e mineralogia. Per quanto riguarda le cosiddette scienze della Terra, ricordiamo che la separazione delle cattedre di mineralogia e di geologia dell'Università di Padova risale all'anno accademico 1882-83. Giorgio Dal Piaz succede nel 1905 nella cattedra di geologia a Giovanni Omboni, mantenendo l'incarico fino al 1942. Nel 1912 Dal Piaz fonda con mezzi propri le «Memorie dell'Istituto Geologico», poi «Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia» (1951-76), e dal 1977 «Memorie di Scienze Geologiche». Come si evince dal cambio di denominazione della rivista, anche se istituzionalmente separati, gli Istituti di mineralogia e di geologia continueranno ad avere campi di ricerca strettamente legati tra loro. Il mantenimento di questa comunione di intenti si deve alla lungimiranza di alcuni personaggi. Tra questi Angelo Bianchi, professore in quegli anni di mineralogia, che darà al corso un'impronta petrografica e più in generale geologica. Bianchi presiederà infatti il Congresso della Società geologica italiana svoltosi a Padova nel 1937. I due Istituti, poi divenuti rispettivamente Dipartimento di Mineralogia e Petrografia e Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, continueranno a dialogare e a stringere salde collaborazioni, fino a confluire, nel 2007, nell'attuale Dipartimento di Geoscienze.

Delineiamo brevemente i tratti della personalità scientifica di Dal Piaz e Bianchi, che daranno forte impulso alle ricerche scientifiche nei rispettivi ambiti.

Aperto alla nuova teoria della tettonica a placche, formulata da Alfred Wegener nel 1912, Giorgio Dal Piaz aprirà la strada con la pubblicazione del suo testo *Studi geotettonici sulle Alpi Orientali* (1912) a nuovi studi sulle Alpi orientali e meridionali. Dal Piaz compirà in seguito notevoli lavori sui Colli Euganei e sulle acque termali. A partire dal 1909, inizia una collaborazione con il Magistrato alle Acque che lo vede protagonista nella realizzazione di importanti opere di idrogeologia e geomorfologia. Sempre in collaborazione con il Magistrato alle Acque, Dal Piaz inizierà il rilevamento della Carta geologica delle Tre Venezie. Curerà inoltre con particolare attenzione la costituzione della biblioteca e l'allestimento del Museo di geologia, che nel 1932 saranno trasferiti dalla storica sede a Palazzo del Bo alla nuova sede a Palazzo Cavalli, come attestano le seguenti parole: «Allorché mi venne affidata la direzione dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova, le mie

cure furono rivolte a procurare quei mezzi di ricerca e di lavoro che sono indispensabili per l'attività scientifica di qualunque laboratorio, e prima d'ogni altra cosa alla biblioteca. [...] Un'apposita convenzione stipulata pochi anni or sono col Consorzio Universitario assegnava all'Istituto Geologico ed a quelli di Geografia Fisica e Generale il palazzo della vecchia scuola degli Ingegneri. Appena gli ambienti, convenientemente adattati, saranno disponibili, l'Istituto di Geologia passerà quindi nella nuova sede, dove le belle collezioni delle Piante fossili, dei Pesci, dei Mammiferi ecc. troveranno la loro degna collocazione in singole sale, alle quali il pubblico potrà accedere e nella contemplazione delle meravigliose reliquie della vita passata educare lo spirito alle serene concezioni della Filosofia naturale».

Venendo ora ad Angelo Bianchi, questi viene chiamato a Padova come docente di mineralogia e direttore dello stesso istituto nel 1923. Oltre a presiedere la Società geologica italiana e la Società mineralogica italiana (1949-51), sarà rappresentante delle scienze della Terra nella loro totalità nel Cnr, partecipando all'attività organizzativa dello stesso dal 1941 al 1969. Queste sono solamente alcune delle importanti cariche che il docente di mineralogia ricoprirà nel corso della vita. Per quanto riguarda gli argomenti di ricerca, citiamo in questa sede i suoi studi riguardanti l'Alto Adige orientale, sicuramente tra le sue opere più significative. Tali ricerche verranno condotte da Bianchi in collaborazione col geologo Giambattista Dal Piaz, figlio di Giorgio e suo successore sulla cattedra di geologia dell'Università di Padova. Questa collaborazione sottolinea la connessione esistente tra i problemi petrologici e i problemi geologici che i due si troveranno ad affrontare. Bianchi estenderà poi le sue indagini mineralogiche-petrografiche a tutte le Alpi occidentali, all'Etiopia e all'Egeo.

Vale la pena menzionare anche l'attività svolta da Bianchi nel completamento e nell'allestimento del Museo di mineralogia. Con Bianchi il Museo verrà sistemato nella nuova sede di Palazzo Cavalli. Dopo un lavoro di circa quarant'anni il patrimonio mineralogico-petrografico troverà infatti definitiva collocazione e organizzazione nei locali del nuovo edificio, dove risiede attualmente insieme al Museo di geologia e paleontologia. Lo stesso Bianchi lo arricchisce con numerosi esemplari mineralogici eccezionali, donati o acquistati da lui stesso per il Museo fino al 1907, anno della sua morte.

Come si è detto nel primo capitolo, il Dipartimento di Geoscienze è uno dei pochi sopravvissuti come Dipartimento autonomo di scienze della Terra in Italia dopo l'entrata in vigore della legge Gelmini del

2010. Il Dipartimento si costituisce il 1° gennaio 2007. Le tappe essenziali della sua storia possono essere così riassunte. Con la trasformazione degli istituti in dipartimenti, in seguito alla promulgazione della legge n. 382 del 1980, le geoscienze afferivano a tre dipartimenti: il Dipartimento di Mineralogia e Petrologia (attivo dal 1988), il Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica (attivo sempre dal 1988 e derivante dalla fusione dell'Istituto di geologia e dell'Istituto di geodesia) e il Dipartimento di Geografia, nel quale operavano studiosi sia di geografia antropica, o umana, sia di geografia fisica. Quest'ultimo dipartimento, istituito nel 1984, raccoglieva di fatto l'eredità dell'Istituto di geografia della Facoltà di Lettere e Filosofia e dell'Istituto di geografia fisica della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, tra i quali esisteva una integrazione didattica e scientifica al fine di migliorare l'organizzazione delle ricerche e dell'offerta didattica.

A partire dal 2012, con l'entrata in vigore della legge Gelmini, il raggruppamento dei geografi fisici afferisce al Dipartimento di Geoscienze. I geografi umani afferiscono invece al Dipartimento di Scienze storiche, geografiche e dell'antichità (Dissgea), nato nel 2012 dalla fusione degli allora Dipartimenti di Storia, di Scienze del mondo antico e di parte del Dipartimento di Geografia.

III. Gli sviluppi dell'ingegneria dalle botteghe artigiane a oggi

Abbiamo già avuto modo di osservare nei capitoli precedenti che tecnica e scienza sono state a lungo disgiunte e che solamente a partire dalla rivoluzione scientifica viene riconosciuta l'importanza delle loro relazioni: se da un lato infatti la nascita della scienza moderna dà il via a uno sviluppo tecnologico senza precedenti, dall'altro è quest'ultimo a stimolare gli sviluppi della scienza almeno fino alla seconda metà del XIX secolo. Da quel momento in poi, infatti, l'ideazione e la realizzazione di nuove tecnologie richiedono conoscenze scientifiche sempre più raffinate. Non è un caso che proprio nel corso dell'Ottocento nascano all'interno delle università europee i politecnici o le scuole di ingegneria con l'intento di fornire solide basi scientifiche a coloro che si occupano di sviluppo tecnologico.

Il riconoscimento dei legami tra scienza e tecnica non deve tuttavia indurre a pensare a una loro identificazione in un unico settore culturale, come spesso si tende a fare oggi quando si parla di «tecno-scienza». Certo entrambe, come tutte le espressioni della cultura, intrattengono rapporti con le strutture sociali, economiche e politiche, ma lo fanno in modi diversi l'una dall'altra. Come osserva Joel Mokyr, noto storico dell'economia e della tecnica, il fatto che la storia della tecnica sia stata tradizionalmente affidata agli storici dell'economia induce a dare per scontato il nesso tra progresso tecnologico e progresso economico. Questo però ingenera una serie di limiti interpretativi. Di questi, seguendo Mokyr, ne elenchiamo tre. Il primo riguarda la distinzione tra invenzione e innovazione, che porta gli storici della tecnica a considerare la prima di scarso interesse, perché non sempre traducibile in applicazioni economicamente rilevanti. Il secondo limite interpretativo riguarda l'attribuzione di un ruolo marginale, nell'ambito dello sviluppo tecnologico, alla crescita della conoscenza scientifica. Mokyr, che pure è economista e storico dell'economia e della tecnica, tuttavia co-

nosce bene la storia della scienza e sottolinea che la crescita di conoscenza scientifica produce sempre, anche se spesso in tempi non prevedibili, importanti sviluppi tecnologici. Il terzo limite riguarda la difficoltà di spiegare, negli studi di storia della tecnica, come mai solo poche società, in particolare quelle europee, siano state, almeno originariamente, tecnologicamente creative. Questo ha a che fare con istituzioni politiche, economiche e sociali frutto di culture che hanno avuto la capacità di andare oltre tradizioni consolidate, magico-religiose, del rapporto tra uomo e natura, in altre parole di favorire la nascita della scienza moderna e, per converso, di esserne influenzate.

In questo capitolo si ripercorrono le tappe più significative della storia della Scuola di applicazione per gli ingegneri, da cui deriverà la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova, in raccordo con gli sviluppi della tecnica, scanditi in modo particolare da quelle fasi del cambiamento identificate dalla storia economica come «rivoluzioni industriali». In relazione all'Italia, si metterà in luce come gli effetti della prima rivoluzione industriale raggiungeranno il paese, e dunque anche il territorio veneto, con un ritardo di più di un secolo rispetto alla Gran Bretagna, dove la rivoluzione industriale ha inizio, e tale ritardo si rifletterà inevitabilmente anche nell'ambiente accademico padovano.

L'analisi prenderà le mosse dal Seicento e dal Settecento, periodo in cui si assiste a una proliferazione di poli in cui si realizza il connubio tra scienza e tecnica, sebbene inizialmente privo di coordinamento unitario. Si vedrà come già nel XVIII secolo verranno inseriti all'interno dell'insegnamento della matematica e della filosofia sperimentale materie di carattere applicativo, come la matematica pratica e l'architettura navale. Questo ha un particolare significato in ambito veneto: infatti la politica della Repubblica Veneta per secoli sarà protesa verso lo «Stato da mar», e in questo contesto l'insegnamento universitario di teoria navale è sicuramente di primaria importanza.

Proseguiremo poi dando uno sguardo più approfondito al riformismo napoleonico che prevede l'introduzione per la prima volta di un percorso di studio dedicato esclusivamente a ingegneri e architetti, percorso che rimarrà pressoché immutato durante la dominazione austriaca. Con la seconda rivoluzione industriale, iniziata in Europa e negli Stati Uniti nell'ultimo quarto dell'Ottocento, emerge la necessità di fornire agli ingegneri una solida preparazione scientifica di base per stare al passo con gli straordinari progressi che la tecnica compie, specie a partire dalla seconda metà del secolo. Sono questi gli anni in cui vengono istituite le prime scuole di applicazione per gli ingegneri in

Italia e così sarà anche a Padova, annessa nel 1866 al Regno d'Italia, dove si costituisce in forma autonoma nel 1876 la Scuola di applicazione per gli ingegneri. Questa è considerata la data ufficiale della nascita della Facoltà di Ingegneria, sebbene di Facoltà si parli solamente a partire dal 1935. Si illustrerà poi la straordinaria crescita del numero delle articolazioni disciplinari e delle specializzazioni a partire dal primo decennio del Novecento, caratterizzato da una sempre più complessa realtà sociale, economica e produttiva. Proprio dal progressivo affermarsi del processo di industrializzazione in Italia nasce anche nel nostro paese l'esigenza di distinguere la figura dell'ingegnere industriale da quella dell'ingegnere civile. Vedremo infine più da vicino alcune delle successive articolazioni della figura professionale dell'ingegnere (come l'ingegnere elettronico o aeronautico) che si affiancheranno a quelle più tradizionali a partire dalla seconda metà del secolo. L'intento è far emergere come si siano sviluppati, a partire dalla tradizione degli studi di ingegneria dell'Università di Padova, gli attuali percorsi formativi delle molteplici figure di ingegnere e i nuovi filoni di ricerca. Un'innovazione nella formazione e nella ricerca universitaria che, come vedremo, non sempre ha trovato rispondenza nello sviluppo industriale del territorio e per questo è stata particolarmente faticosa non solo rispetto a quanto avvenuto in Europa e negli Stati Uniti, ma anche rispetto ad altre regioni italiane.

*1. Artigiani e tecnici nell'università,
nelle accademie e nel territorio nel Seicento e nel Settecento.*

In questo primo paragrafo focalizzeremo l'attenzione sulla preparazione culturale e sulle attività di competenza della figura dell'ingegnere nel Seicento e nel Settecento, specialmente in riferimento al territorio veneto.

Prima di entrare nel vivo dell'argomento è necessario spendere qualche parola sulla professione di ingegnere e su quella di architetto nei tempi antichi, quando gli ambiti di competenza delle due figure si sovrappongono e spesso si confondono tra loro. Tale osmosi, anche se le due professioni andranno via via definendosi in forma autonoma, rimarrà viva nei secoli per quanto riguarda il loro percorso di formazione. Ancora all'inizio dell'Ottocento, come vedremo, si avrà l'istituzione presso l'Ateneo patavino di un corso di studi dedicato indistintamente agli ingegneri e agli architetti, senza alcuna ramificazione

nel percorso formativo. Per meglio comprendere tale ambiguità vale la pena fare una breve digressione sull'etimologia dei termini *architetto* e *ingegnere* e sugli ambiti di competenza che queste due figure avranno nel tempo. La parola *architetto* deriva dal greco ἀρχι-τέκτων, letteralmente *capo costruttore*, mentre il termine *ingegnere* deriva dalla voce latina *ingenium* (nel significato di congegno o macchina, e in modo particolare *macchina bellica*). Anche se nel corso dei secoli senso e attributi di queste due professioni hanno subito mutamenti, possiamo ricordare che il titolo di *ingeniarius*, che compare alla fine del XII secolo, è riferito originariamente, come si evince dall'etimologia, a ingegneri militari incaricati di provvedere alla difesa di città con mura e palizzate, di costruire macchine militari, ma anche di dirigere lavori relativi alle costruzioni idrauliche e stradali. Sarà poi a cavallo tra Trecento e Quattrocento che il loro campo professionale inizierà ad ampliarsi, dal progetto e dalla costruzione di strade a lavori di restauro, dalla realizzazione di opere civili e militari all'erezione di ponti di legno e murari, dalla costruzione di argini e dalla regolazione di torrenti e di fiumi alla costruzione di mulini, ma soprattutto gli ingegneri cominceranno a occuparsi di perizie e stime.

La figura professionale dell'architetto, più antica di quella dell'ingegnere, raggiungerà il periodo di massima affermazione durante il Rinascimento quando racchiuderà in sé tutta la competenza artistica e tecnica studiando le opere in tutti i particolari e subordinando a sé l'intera esecuzione dei lavori. La cosiddetta «divina proporzione» e le leggi del ritmo architettonico sono ricercate nell'interpretazione e nella volgarizzazione dei testi di Vitruvio. A partire dal Cinquecento la sua figura assume connotati pressoché moderni, iniziando ad affrontare problemi legati alla costruzione di immensi edifici monumentali e a sistemazioni edilizie, impadronendosi delle tecniche idrauliche e meccaniche, competenze che andranno via via a sovrapporsi a quelle dell'ingegnere. A questa più vasta attività degli architetti corrisponde già a partire dalla metà del Seicento, con il progredire della scienza, una maggiore e migliore preparazione, tale da richiedere l'insegnamento in scuole specializzate presso le quali gli studenti ricevono nozioni di geometria, prospettiva, disegno, norme di costruzione e di meccanica (vedremo più avanti che a Padova l'istituzione di una tale scuola si avrà solo nella seconda metà del Settecento). In Italia ciò avverrà inizialmente nelle nascenti accademie, prime tra tutte quella di San Luca a Roma e la Clementina a Bologna. Va detto comunque che nonostante l'istituzione di poli dedicati al suo insegnamento, la disciplina rimarrà ancora unita e

confusa con l'ingegneria. Sarà solo a partire dalla metà del Settecento, con l'inizio della prima rivoluzione industriale, che si formalizzerà la frattura tra queste due professioni, con un ampliamento del campo di azione degli ingegneri.

Una svolta importante nella storia dell'ingegneria e del pensiero tecnico europeo è sicuramente legata alla fondazione nel 1794 dell'École Centrale des Travaux Publics di Parigi, rinominata nel 1795 École Polytechnique, destinata alla formazione degli ingegneri dando ampio spazio agli insegnamenti scientifici di base. A partire dal XIX secolo verranno infine istituite anche in Italia le prime scuole per la formazione professionale degli ingegneri e per la preparazione di tecnici specializzati. A Padova, come osservato sopra, solo nel 1876 si avrà la costituzione in forma autonoma della Scuola di applicazione per gli ingegneri. Come vedremo, più o meno negli stessi anni nasceranno in altre città italiane analoghi istituti.

Focalizzando l'attenzione sulla formazione degli ingegneri nel Veneto del Seicento e del Settecento, notiamo come il percorso di formazione dell'«ingegnere» inteso in senso moderno avviene per apprendistato, per trasmissione orale delle conoscenze nel rapporto quotidiano tra maestro e allievo, presso scuole o collegi privati, oppure presso poli privilegiati di sviluppo delle tecniche. Tra questi poli ricordiamo l'arsenale di Venezia e il Magistrato alle Acque, in seno al quale operano di concerto un pubblico matematico, tre protti e tre vice-protti, per sviluppare competenze finalizzate a controllare, proteggere e migliorare l'assetto sia della terraferma sia della laguna. I protti, termine in parte analogo a capomastri, che operano in seno al Magistrato delle acque, sono una élite professionale di tecnici, di vario grado e di funzione, addetti alla cura e alla sorveglianza della laguna, dei fiumi e dei lidi in quanto esperti di alto livello della loro storia e della loro morfologia. Questi esercitano una funzione di sorveglianza e di intervento sui luoghi che ricadono sotto la loro giurisdizione, mentre spetta al pubblico matematico il ruolo di responsabile supremo dell'attività sia di sorveglianza sia d'intervento sul territorio.

Altri poli di sviluppo della tecnica possono essere individuati nelle scuole di architettura, come quella di Domenico Cerato, di cui parleremo più avanti, e il Collegio militare di Verona, istituito nel 1759. Quest'ultimo rappresenta l'unico luogo in cui è possibile seguire nel Veneto un corso sistematico e pressoché moderno in ingegneria, il primo esempio di insegnamento basato sul connubio tra scienza e tecnica. Il curriculum di studi del Collegio dura sei anni, durante i quali vengono

impartiti gli insegnamenti di matematica pura e applicata. Al collegio darà una particolare impronta il matematico e ingegnere Antonio Maria Lorgna, fondatore dell'Accademia dei XL e allievo di Giovanni Poleni e di Giovanni Alberto Colombo, anche se non completerà gli studi presso l'Università di Padova. Lorgna percorrerà qui una rapida carriera scandita da numerosi riconoscimenti che culminerà con la sua nomina a direttore, ruolo che ricoprirà fino alla sua morte. Dal collegio usciranno personalità di spicco, che si affermeranno in campo scientifico o militare, e acquisterà fama in Italia e in Europa soprattutto per la preparazione matematica di altissimo livello, garantita anche grazie ai programmi di studio elaborati dallo stesso Lorgna. In seguito alla caduta della Serenissima, la scuola verrà trasferita a Modena a partire dal 1798, andando a costituire il primo nucleo dell'Accademia militare.

Da un'analisi del quadro entro cui si muove la professione dell'ingegnere in Veneto fino alla fine del Settecento emerge comunque la mancanza di un coordinamento unitario tra i poli di sviluppo dell'ingegneria e gli apparati tecnici dell'amministrazione locale, come gli uffici tecnici comunali e provinciali, all'interno dei quali operano individui dal sapere sempre più raffinato. È ancora assente un percorso formalizzato di accesso alla carriera e quindi manca un piano complessivo regolante la preparazione dei tecnici, che si sviluppa all'interno di istituzioni di diverso livello, come si è visto, e ancora attraverso l'apprendistato e la pratica.

Per quanto riguarda il processo di aggiornamento del sapere tecnico-scientifico che coinvolge le materie applicative insegnate all'Università di Padova tra XVII e XVIII secolo, occorre citare tra i protagonisti Geminiano Montanari e Domenico Guglielmini, i cui contributi anticiperanno l'opera successiva di Giovanni Poleni, tutte e tre personalità di spicco dello Studio patavino, come ricordato nel capitolo II. La formazione degli allievi di Poleni, quali Tommaso Temanza, proto della laguna, e Simone Stratico, di cui abbiamo parlato più volte in relazione alle sue proposte di riforma degli studi, si inserisce in questo lungo processo di rinnovamento culturale promosso da «docenti-ingegneri» altamente qualificati. Vale la pena evidenziare che già a partire dal XVIII secolo la formazione impartita agli ingegneri non poggierà più unicamente sulla feconda eredità di esperienze e pratiche secolari ma inizierà ad aprirsi anche all'influenza del sapere universitario. Gli studi di Temanza, attivo intorno alla metà del secolo, costituiscono un esempio particolarmente significativo di questo sviluppo. Ingegnere idraulico e architetto, Temanza costruirà importanti opere architettoniche

sia a Padova che a Venezia, e sarà un teorico di valore, lasciando in eredità ai posteri numerosissime pubblicazioni prevalentemente di argomento architettonico.

Anche la preparazione del pubblico matematico si baserà sempre di più nel corso del Settecento sulla formazione universitaria. Esemplificativa di questa trasformazione è la figura di Bernardino Zendrini, tra i più importanti ingegneri idraulici italiani del suo tempo, il quale ricopre la carica di pubblico matematico a partire dal 1720, dopo aver conseguito la laurea in Medicina presso l'Ateneo patavino, dove è allievo di Domenico Guglielmini. Zendrini avrà una predilezione per gli studi idraulici e acquisterà ben presto grandissima fama in questo campo tanto da essere incaricato della realizzazione di un cospicuo numero di opere idrauliche. Tra le più celebri citiamo la progettazione e la costruzione a Venezia dei murazzi, dighe costituite da blocchi di pietra d'Istria cementati con malta idraulica pozzolanica, che proteggono ancora oggi gli argini della laguna dall'erosione del mare.

Per quanto riguarda i nuovi insegnamenti di carattere prevalentemente ingegneristico, citiamo l'istituzione nel 1745 della cattedra di teoria nautica e architettura navale, come riportato da Antonio Favaro nelle *Notizie sulla Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri*, dove ne descrive le motivazioni: «essendosi resa manifesta la necessità di introdurre a Padova una scuola teorica di nautica ed architettura navale che tanto importa alla dignità del pubblico nome ed al beneficio dello Stato e dei suoi sudditi, onde renderli atti alla navigazione e periti in un'arte che conviene alla Repubblica, quanto a qualunque altra potenza marittima, coltivare e sostenere in pregio». A tale cattedra, ricoperta da Gian Rinaldo Carli, viene accorpata a partire dal 1746 la geografia, fino a quel momento insegnata presso la cattedra di astronomia e meteore. Essa tuttavia sarà soppressa nel 1751, anno in cui l'insegnamento della scienza nautica verrà affidato al professore di matematica.

Vale la pena di precisare che materie di carattere ingegneristico sono già presenti all'interno della cattedra di matematica, in cui compare l'insegnamento di idraulica già nei primissimi anni del Settecento. L'insegnamento di matematica assumerà col tempo, come si è visto nel capitolo precedente, un carattere di applicazione pratica che si accentuerà sempre di più con l'arrivo di Poleni e di Stratico. Inoltre, come si legge nel puntuale resoconto di Antonio Favaro sulla storia dello Studio patavino, nell'anno accademico 1741-42 compare l'architettura militare tra le materie impartite da Poleni presso la cattedra di filosofia sperimentale, che includerà a partire dal 1756 nella propria denominazione

anche la teoria nautica, diventando quindi cattedra di matematica, teoria nautica e filosofia sperimentale.

Alla morte di Giovanni Poleni la cattedra subisce una bipartizione: da una parte la filosofia ordinaria e la fisica sperimentale, mentre dall'altra la matematica e la teoria nautica, il cui insegnamento è affidato a Stratico, figura emblematica di scienziato-ingegnere, docente universitario e contestualmente consulente di Stato. Un'ulteriore modifica istituzionale avverrà a partire dall'anno accademico 1777-78, quando la cattedra riacquisirà il precedente assetto e Stratico si troverà a insegnare matematica, teoria nautica unitamente alla fisica sperimentale. Testimonianza del suo interesse per gli studi applicativi è la proposta dell'istituzione di un corso triennale specifico per gli ingegneri nel progetto di riforma dello Studio di Padova elaborato nel 1760. Le idee propugnate da Stratico, tuttavia, dovranno aspettare gli inizi dell'Ottocento per trovare una compiuta realizzazione con l'introduzione delle regolamentazioni napoleoniche che prevedono l'istituzione di un corso di studi dedicato a ingegneri e architetti.

Per quanto riguarda l'architettura, viene istituita nel 1771 una Scuola dedicata al suo insegnamento, indipendente dall'Università ma a essa collegata, e come responsabile didattico viene nominato Domenico Cerato. Cerato è un architetto pubblico con alle spalle già un'analoga esperienza a Vicenza dove aveva inaugurato una Scuola di architettura nel 1748. Si riporta qui un estratto dalla Scrittura dei Riformatori dello Studio di Padova del 16 maggio 1771 che ben attesta la stima e l'ammirazione di cui gode Cerato al momento dell'istituzione di una nuova cattedra dedicata all'architettura pratica civile: «Quanto all'architetto [Cerato] abbiamo il conforto di riferire alle eccellenze vostre che, essendoci da capi delle tre arti marangoni, tagliapietra, e muratori stata presentata la plausibile brama in iscritto di vedere ammaestrati sé ed educati li loro figlioli, e altri giovani popolari, che si danno a professare quelle arti, da persona idonea ne veri principi di esse, per potersi poi mettere alla pratica con più sicurezza, facilità, e correzione, fu da noi animato ad intraprendere questa fruttuosa fatica». Viene attivato dunque nel 1771 l'insegnamento di architettura civile e le lezioni sono impartite nell'abitazione dello stesso docente, ubicata nel recinto del Castello Vecchio, contiguo alla Specola. Ricordiamo anche che il professore di astronomia Giuseppe Toaldo si avvale delle doti e delle competenze di Cerato per la progettazione dell'Osservatorio astronomico. L'attività didattica si svolge nei giorni festivi e semifestivi per consentire contemporaneamente agli iscritti di lavorare, ha durata quadriennale

ed è focalizzata sulla pratica del disegno. Per questo la dotazione della Scuola comprende una serie di modelli tridimensionali dei diversi ordini architettonici, ausilio didattico ritenuto importante per meglio impadronirsi della pratica del disegno.

Come emerge dalle sue memorie, Cerato è a conoscenza dei più recenti progressi compiuti nel campo dell'ingegneria e dell'architettura, e a uso della Scuola scrive un manuale in cui sono indicati sia il metodo adottato che le materie di studio, consigliando ai suoi allievi come testo di base la traduzione del 1747 di Vitruvio ad opera di Giambattista Albrizzi. Per stimolare la motivazione e la dedizione allo studio degli aspiranti architetti, vengono banditi ogni anno dai Riformatori concorsi per il premio della medaglia d'oro per ciascuna delle tre classi in cui è inizialmente ripartita la Scuola: marangoni (falegnami), tagliapietra e muratori. Sono proprio queste le classi delle maestranze operanti nei cantieri, alle quali successivamente se ne aggiungerà un'altra, quella di «arti diverse», che comprende pittori, agrimensori e fabbri. Gli studenti che intendono partecipare a tali concorsi sono tenuti a eseguire un progetto secondo il tema proposto dal professore di architettura, e il vincitore, insignito della medaglia d'oro, viene decretato da Simone Stratico. Tra gli allievi di Cerato ricordiamo Daniele Danieletti, vincitore del premio della medaglia d'oro nel 1776 e nel 1777 nella classe dei tagliapietra, che occuperà la posizione di assistente di Cerato e in seguito, a partire dal 1806, nei primi anni di dominazione napoleonica, quella di professore di architettura. Danieletti conserverà tale incarico fino al 1822, anno della sua morte.

*2. L'ingegneria nell'Ottocento: l'affermazione
della figura dell'ingegnere in ambiente accademico
e la Scuola di applicazione per gli ingegneri.*

Come abbiamo avuto modo di osservare nel capitolo I, a cavallo tra Settecento e Ottocento la ricerca scientifica inizia a spostarsi nelle università, che in tempi relativamente brevi divengono i luoghi centrali della ricerca e della formazione delle moderne professioni in ambito scientifico e tecnologico. Tale processo si compirà anche a Padova e raggiungerà la piena maturazione con l'istituzione nel 1876 della Scuola di applicazione per gli ingegneri.

Prima di entrare nel vivo dell'argomento, è utile soffermarci brevemente sulla prima e sulla seconda rivoluzione industriale per meglio

contestualizzare l'evoluzione della figura dell'ingegnere e delle sue successive articolazioni professionali. Le conseguenze di queste rivoluzioni non saranno subito evidenti, ma innescheranno mutamenti così profondi con effetti combinati di progresso materiale e trasformazioni sociali tanto da determinare una forte rottura con il passato.

Le rivoluzioni industriali

La prima rivoluzione industriale, maturata in Gran Bretagna tra la metà del Settecento e i primi decenni dell'Ottocento, oltre a cambiare la fisionomia dell'economia e dell'intera società, contribuirà alla progressiva affermazione della figura dell'ingegnere in ambiente accademico. A sostenere queste trasformazioni è una profonda innovazione tecnologica incentrata sulla sostituzione dell'abilità manuale con una meccanizzazione sempre più estesa (che investe in maniera massiccia le aziende tessili, minerarie, siderurgiche e meccaniche) e dell'energia umana e animale con quella termica, e in parallelo sull'aumentata disponibilità di materie prime, ottenute grazie al progresso dei metodi di estrazione e di lavorazione. Il ferro è un materiale che sarà sempre più utilizzato per macchine di vario tipo, prime tra tutte quelle tessili, e il carbone verrà impiegato nell'industria, nell'agricoltura e nei trasporti.

Nella lunga lista di invenzioni realizzate in questi anni centrale è quella della macchina a vapore, il più importante fondamento tecnologico della rivoluzione industriale, sulla cui storia è bene aprire una breve parentesi. La sua invenzione costituisce infatti un esempio emblematico di sviluppo tecnologico che precede la messa a punto di una teoria scientifica: la termodinamica infatti verrà introdotta solo intorno al 1850. Un passo importantissimo che condurrà all'invenzione della macchina a vapore è rappresentato dalla conferma sperimentale della pressione atmosferica, e simmetricamente dell'esistenza del vuoto, ottenuta definitivamente da Evangelista Torricelli nel 1644. Questa scoperta suggerisce l'idea di poter impiegare la pressione atmosferica per azionare un pistone sotto il quale sia possibile creare il vuoto. Questa idea condurrà a una lunga serie di esperimenti realizzati in molti paesi, che culmineranno con l'invenzione della macchina a vapore. Tra i primi a pensare a un'applicazione del vapore alle macchine è Denis Papin intorno alla fine del Seicento. Tuttavia le prime applicazioni di successo saranno ottenute da Thomas Savery, che costruirà una pompa a vapore di pratico impiego, e da Thomas Newcomen, il primo a rendere la macchina a vapore efficace e sicura. Dopo di loro, i primi progressi importanti verranno principalmente dal lavoro di James Watt a partire dal 1760. Watt,

dotato di notevole ingegno, apporterà alcuni fondamentali perfezionamenti alle macchine a vapore che porteranno a un aumento significativo del loro rendimento. Tra questi vale la pena citare il volano, le valvole azionate automaticamente e il regolatore centrifugo, che rendono la macchina in grado di mantenere un moto costante pur in presenza di carichi variabili e senza l'intervento di un operatore umano. Il regolatore centrifugo, in particolare, è il primo esempio di sistema di controllo automatico applicato all'industria. Precisiamo che sarà James Clerk Maxwell, nella sua memoria del 1868 dal titolo *On Governors*, a introdurre una prima formalizzazione della teoria dei regolatori automatici, avendo come modello proprio il regolatore di Watt: è la nascita della moderna teoria del controllo automatico. Con il regolatore centrifugo di Watt abbiamo pertanto un ulteriore esempio di invenzione tecnologica che precede la formalizzazione della teoria che spiega il suo funzionamento. Già nei primi decenni dell'Ottocento verranno costruite le prime locomotive a vapore, i cui successivi perfezionamenti consentiranno di inaugurare in Inghilterra nel 1825 la prima linea ferroviaria.

In questi anni di straordinarie innovazioni tecnologiche cresce proporzionalmente anche la complessità dei problemi tecnici che si affacciano. Per questo motivo diviene essenziale la necessità di una crescente e specifica formazione degli ingegneri, realizzabile con un'adeguata preparazione scientifica e tecnica nelle università. Da questo momento in poi infatti l'ingegnere è tenuto a conoscere non solo i procedimenti di fabbricazione e il funzionamento delle macchine, ma anche le basi scientifiche su cui si fondano. Si è già menzionata nei capitoli precedenti l'istituzione alla fine del Settecento delle scuole francesi, le *grandes écoles*, con la finalità di formare una élite culturale professionalmente adeguata, che si inseriscono in una più ampia riforma del sistema di insegnamento funzionale alle nuove esigenze della società. A Padova sono gli anni della dominazione napoleonica e queste scuole verranno prese come modello per riformare l'assetto organizzativo e didattico dello Studio patavino. Va detto tuttavia che il terreno culturale ed economico italiano in generale, e quello Veneto in particolare, è ancora poco permeabile a questi nuovi adattamenti. Il modello di ingegnere previsto dalla legislazione napoleonica farà pertanto molta fatica a imporsi, come vedremo.

Nel corso dell'Ottocento nuovi importanti contributi in ambito scientifico e tecnologico, accompagnati da notevoli mutamenti socio-economici, determinano le condizioni per la «seconda rivoluzione industriale». Come osserva Renato Giannetti: «Se la prima onda di indu-

strializzazione è caratterizzata dalla diffusione di una “tecnologia meccanica”, la seconda rivoluzione industriale non ha una caratterizzazione esclusiva. [...] Se si vuole trovare, anche in questa fase, un tratto caratterizzante lo si può identificare nel fatto che una quota crescente dei cambiamenti tecnici registrati dipende da avanzamenti nel campo della scienza, intesa come conoscenza sistematica delle forze della natura e dell’universo fisico».

La tecnologia meccanica che caratterizza la prima fase di industrializzazione ha le sue radici nel lavoro empirico e molto spesso individuale. Le nuove fonti del cambiamento tecnico della seconda rivoluzione industriale, che si afferma inizialmente in Europa (un caso a parte è rappresentato dall’Italia) e negli Stati Uniti a partire dall’ultimo quarto del XIX secolo, trovano invece, come osservato da Giannetti, il loro fondamento in settori che dipendono in maniera determinante dall’esistenza di un *corpus* significativo di conoscenze scientifiche.

Il progresso tecnologico seguirà infatti intorno alla metà del XIX secolo una tendenza inversa, pur con eccezioni, rispetto a quanto descritto precedentemente, scegliendo come emblematico esempio il caso della macchina a vapore: infatti lo straordinario numero di invenzioni e innovazioni in ambito tecnico a cavallo tra Ottocento e Novecento può essere considerato come il risultato degli importanti sviluppi della scienza di questi anni, in nessun modo realizzabile attraverso la mera esperienza empirica. Questo nuovo rapporto tra lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e il progresso tecnologico caratterizzerà in generale l’evoluzione di tutte le realizzazioni applicative fino a oggi. Come vedremo, lo sviluppo dell’industria elettrica, che avrà luogo a partire dalla fase finale della prima rivoluzione industriale, seguirà in larga parte questa nuova strada. Come conseguenza di questa nuova tendenza, si assiste all’inevitabile tramonto della figura dell’inventore, dovuto alla crescente necessità di conoscenze scientifiche sempre più approfondite e al progressivo affermarsi del lavoro di gruppo. Questi sono solo alcuni degli elementi connotativi della seconda rivoluzione industriale, termine introdotto per distinguere questa fase dalla prima, che arriverà a maturazione tra il 1870 e il 1914.

Per capire meglio analogie e differenze tra prima e seconda rivoluzione industriale, può essere utile rifarsi ad alcune riflessioni di Joel Mokyr. Nella prima rivoluzione industriale si registra una scarsa consapevolezza di chi, dalla metà del Settecento alla metà dell’Ottocento, vive dentro a queste trasformazioni. Inoltre, solo con la seconda rivoluzione industriale i «consumatori» trarranno beneficio (in termini di salari reali

e del tenore di vita) dal progresso tecnologico. Infatti, i tre processi che caratterizzano una rivoluzione industriale, e cioè la diffusione di idee tecnologiche, l'accumulazione di capitale e le trasformazioni politiche ed economiche, sono processi spesso lenti e non sempre rivoluzionari e i loro effetti (sul reddito e sul benessere) si manifestano in lunghi lassi di tempo. Infine, l'equilibrio tra progresso della conoscenza (meno volatile di quello delle istituzioni, sempre in balia di rivolgimenti) e nuove forme di organizzazione degli Stati (si pensi alla Rivoluzione americana o a quella francese) non avviene sempre: spesso si assiste a «retroazioni negative» che rapidamente portano alla decrescita.

D'altra parte, in analogia con la prima rivoluzione industriale, anche la seconda manifesta imponenti innovazioni tecnologiche. Inoltre, in entrambe si realizzano marcate conseguenze socio-economiche: nella prima, il settore industriale «secondario» era diventato sempre più preponderante rispetto a quello dell'agricoltura e delle miniere, il settore «primario»; nella seconda, si assiste progressivamente all'inversione della tendenza alla crescita del proletariato industriale, e al prevalere dell'occupazione nel settore dei servizi, il cosiddetto settore «terziario». Vi è tuttavia un'ulteriore, per quanto tragica, differenza tra le due rivoluzioni industriali, e riguarda il ruolo svolto dai conflitti mondiali nel far convergere gruppi di scienziati su programmi di ricerca applicata, come quelli relativi al radar, al calcolo, alle telecomunicazioni e all'energia atomica: è da qui che nascerà la cosiddetta *big science*, che connota oggi una delle fondamentali modalità di crescita scientifica e tecnologica.

Pur investendo tutti i settori produttivi, citiamo di seguito i fondamentali ambiti nei quali la seconda rivoluzione industriale si dispiega. Le applicazioni dei progressi della chimica sono una componente fondamentale del nuovo sviluppo industriale, specie per quanto riguarda la produzione di sostanze sintetiche. L'industria chimica è una presenza centrale nel panorama industriale, destinata a sviluppi sempre più vasti e complessi, tanto positivi, come ad esempio la produzione di farmaci sempre più efficaci, quanto estremamente negativi, basti pensare ai gas tossici impiegati già durante il primo conflitto mondiale, e in seguito utilizzati dagli italiani in Etiopia nel 1936 e nei campi di sterminio nazisti.

Vale la pena di notare che questa ambivalenza dei progressi della tecnica in generale si trova profeticamente espressa da Francesco Bacone nel 1609, ovviamente in riferimento alle sole arti meccaniche, nel *De sapientia veterum*, nel paragrafo intitolato *Daedalus sive mechanicus*: «Il resto della favola [quella che parla di Dedalo, di Pasifae e del Minotauro, ma

anche di Icaro] fa esplicito riferimento all'uso delle arti meccaniche: ad esse molto deve la vita umana [...]. Tuttavia, da quella stessa fonte, derivano strumenti di vizio e di morte. Tralasciata l'arte dei lenoni, i più potenti tossici, le macchine belliche e pesti di tal fatta (che son dovute alle invenzioni della meccanica) ben sappiamo quanto abbiano superato per crudeltà e per pericolosità lo stesso Minotauro. Stupenda è poi l'allegoria del Labirinto nella quale è adombrata la natura in generale della meccanica. Tutte le invenzioni meccaniche che sono accurate e ingegnose possono essere considerate simili a un labirinto: e per la sottigliezza e varia complicazione e per l'ovvia somiglianza derivante dal fatto che possono essere sorrette e distinte non da un giudizio, ma solo dal filo dell'esperienza. Non meno giustamente si aggiunge che colui il quale ideò i meandri del labirinto, ha mostrato anche la necessità di un filo. Le arti meccaniche sono infatti di uso ambiguo e possono produrre al contempo il male e offrire il rimedio, la loro virtù scioglie e scopre sé medesima».

Altro importante settore in cui si sviluppa la seconda rivoluzione industriale è quello, già menzionato, dell'industria elettrica. L'elettricità sarà infatti al centro della ricerca scientifica e avrà un'eccezionale e rapida influenza sulle industrie. A partire dalla seconda metà dell'Ottocento sarà possibile immagazzinarla, trasmetterla a grandi distanze, distribuirla per l'illuminazione, il riscaldamento, la locomozione, le comunicazioni. Non a caso si parla in questo periodo di «elettricità industriale». Dagli studi sull'elettricità vedranno la luce numerosissime invenzioni, come il telefono, il telegrafo, la radio e il cinematografo, solo per citarne alcune. Nascerà quindi una nuova disciplina tecnico-scientifica, l'elettrotecnica, che si occuperà essenzialmente delle applicazioni pratiche dei fenomeni elettrici, della loro produzione e del loro utilizzo.

Interessanti sviluppi riguardano anche il settore della metallurgia dell'acciaio. La progressiva sostituzione dell'acciaio al ferro è una delle caratteristiche principali che assume la tecnologia negli ultimi decenni del XIX secolo. Le nuove tecniche di fabbricazione, introdotte a partire dagli anni cinquanta del secolo, permettono la fabbricazione di quantità sempre più ingenti di acciaio a prezzi via via più contenuti. L'acciaio comincia quindi a essere utilizzato in modo crescente nei più svariati campi, dalle ferrovie alle navi fino alla costruzione di imponenti edifici e ponti. Un impulso importante in questa direzione viene dagli edifici costruiti nelle esposizioni universali, dove si vedono tutte le potenzialità di quella che è chiamata «architettura del ferro». Simbolo di questo processo è la Torre Eiffel, costruita in realtà con ferro pudellato per l'Esposizione universale di Parigi del 1889.

Non possiamo tralasciare di menzionare poi l'invenzione del motore a combustione interna, applicato prima alle automobili e successivamente agli aeroplani. A partire dagli anni novanta del secolo vengono introdotti combustibili liquidi per il funzionamento di tali motori. Il petrolio e i suoi derivati soppianderanno lentamente in molti settori il carbone, il combustibile simbolo per eccellenza della prima rivoluzione industriale. A tale riguardo si metterà in luce nel corso della trattazione la figura di Enrico Zeno Bernardi, pioniere italiano dell'industria dell'auto.

A conclusione di questa rassegna, occorre sottolineare che il processo di industrializzazione che prende il via in Gran Bretagna raggiungerà gli altri paesi con un certo ritardo: arriverà dapprima in Francia, a partire dagli anni trenta dell'Ottocento, e successivamente in Germania e negli Stati Uniti. L'Italia inizierà a industrializzarsi nella seconda metà del secolo, pur limitatamente ad alcune aree del Nord del paese, e saranno accolte solo alcune delle innovazioni introdotte con la prima rivoluzione industriale, ovvero la macchina a vapore e le nuove tecnologie per la produzione del ferro e dell'acciaio. Il settore della produzione della seta rappresenta il caso più evidente di successo sia tecnologico che commerciale del paese, e in particolare del Veneto. È in questo settore, più che in altri, che sarà introdotto un elevato tasso di meccanizzazione dovuto in primo luogo all'introduzione del vapore.

Per quanto riguarda invece gli effetti della seconda rivoluzione industriale in Italia se ne trovano modeste tracce alla fine dell'Ottocento. Nel momento in cui la produzione di energia elettrica dà l'avvio alla seconda onda industriale, l'economia italiana si basa infatti ancora essenzialmente sull'agricoltura, e le innovazioni tecnologiche introdotte vengono ancora quasi esclusivamente impiegate per migliorare la coltivazione della terra. Il Veneto, in particolare, è una regione primariamente agricola, in cui il limitato tessuto industriale è ancora abbastanza arretrato e comunque costituito principalmente dalla piccola impresa. Tra le poche industrie distribuite a macchia di leopardo nel territorio regionale menzioniamo quelle del tabacco, quelle che riguardano il settore laniero e la già citata produzione di filati in seta, che vanta in Veneto una lunga tradizione. Gli sforzi tecnologici sono concentrati dunque a potenziare l'utilizzo del vapore per implementare la catena di produzione di tali settori. Vedremo nel prossimo paragrafo che solo dopo la seconda guerra mondiale si assisterà in Italia a un massiccio processo di industrializzazione, durante gli anni del «miracolo economico» emblematicamente racchiusi tra il 1953 e il 1963.

Vedremo quindi come i primi effetti delle due rivoluzioni industriali inizieranno a manifestarsi nell'impostazione didattica universitaria solo a cavallo tra Ottocento e Novecento. In seguito all'Unità d'Italia infatti vengono istituite le prime cattedre di carattere industriale, come quella di meccanica industriale, chimica tecnologica ed elettrotecnica, anche se sarà solo a partire dal 1913, con l'approvazione di un regolamento generale universitario per tutte le scuole di applicazione, che sarà possibile conferire la laurea in Ingegneria industriale.

L'ingegneria all'Università di Padova

Durante il periodo di dominazione napoleonica le scuole francesi, come visto, verranno prese come modello per riformare l'assetto organizzativo e didattico dello Studio patavino. È questo che determina, a inizio Ottocento, il passaggio dalla figura di proto, formatosi unicamente tramite apprendistato, a quella di ingegnere, dotato di preparazione universitaria, a cui è dedicato uno specifico percorso di studi. Come si è visto in precedenza infatti, nel Veneto, fino alla caduta della Serenissima, non vi è ancora alcuna organizzazione professionale dei tecnici e pertanto alcun piano complessivo che regoli l'avvio alla professione dell'ingegnere. Gli ordinamenti francesi prima e austriaci poi regoleranno la figura professionale dell'ingegnere definendone gli studi, ora agganciati all'università.

Tale spartiacque tra l'esercizio antico e quello moderno dell'ingegneria è segnato dall'introduzione con l'editto di Saint-Cloud del 1806 (cfr. il capitolo 1) di regolamenti che stabiliscono per la prima volta criteri generali e funzioni del tecnico. Campo privilegiato del riformismo napoleonico è infatti l'istruzione scientifica e tecnica, in linea con la tradizione francese. Nel giro di un decennio vengono realizzati profondi cambiamenti dell'assetto organizzativo e didattico dello Studio con la creazione delle facoltà e degli studi e, di fondamentale interesse per la nostra analisi, con l'introduzione in seno alla Facoltà fisico-matematica di un corso specifico dedicato alla formazione degli ingegneri architetti e di periti agrimensori. Questa svolta si attua con l'emanazione della legge del 4 settembre 1802, n. 75, che sancisce il principio secondo il quale la preparazione teorica dell'ingegnere deve avvenire dentro gli atenei, e del «Regolamento per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Architetti civili, Periti Agrimensori ed Ingegneri civili» del 3 novembre 1805.

Va detto che in questi anni il quadro delle competenze dell'ingegnere, come si evince da un'analisi dei Prospetti degli studi, dimostra il

ruolo privilegiato attribuito alla sua figura rispetto a quella dell'architetto o del perito agrimensore, come sottolineerà anni più tardi anche Antonio Favaro: «Intendevansi per Architetti civili quelli che potevano essere incaricati di dirigere le costruzioni delle fabbriche secondo i principi dell'Architettura Civile e di stimare tanto gli edifizii quanto i materiali in qualunque modo appartenenti ai medesimi. Periti agrimensori erano detti quelli che esercitavano tutte le operazioni appartenenti alla geodesia, alle misure superficiali e cubiche, alle consegne e riconsegne ed ai bilanci ad esse relativi ed alla stima dei terreni. Finalmente gli Ingegneri civili potevano abbracciare negli oggetti delle loro operazioni quanto apparteneva agli Architetti civili e ai Periti Agrimensori ed inoltre tutti quelli che riguardavano la scienza delle acque». Agli aspiranti ingegneri pertanto viene riservato un percorso di formazione più completo, che ingloba alcune mansioni proprie dell'architetto, come quelle di progettista e costruttore di edifici, e del perito agrimensore, come quelle di esperto nelle rilevazioni topografiche e catastali.

Il percorso formativo dell'ingegnere prevede, oltre agli studi teorici di base e a un corso applicativo, un periodo di tirocinio di quattro anni alle dipendenze di un ingegnere «patentato», secondo le disposizioni del 1805. Come si legge infatti nell'articolo 6 del «Regolamento» del 1805: «Nissuno può chiedere d'essere abilitato all'esercizio della professione d'Ingegneria civile, se non ha fatta pratica per quattro anni sotto un Ingegnere civile approvato». La presenza di un tirocinio applicativo terminati gli studi presso l'Università offre un mezzo per completare la preparazione esclusivamente teorica e al tempo stesso costituisce, specialmente nel territorio veneto, un tributo alla lunga tradizione dell'apprendistato.

I tentativi di riforma troveranno un'applicazione concreta, come si evince dall'analisi del piano istituzionale. Tuttavia è importante osservare che i corsi verranno sovente indicati nei Prospetti degli studi come «provvisori»: è un chiaro segnale della difficoltà con cui l'Università si adegua al livello e all'articolazione delle discipline che prefigurano il nuovo ordinamento. Significativo a questo proposito è il fatto che ancora nel Prospetto degli studi dell'Università di Padova del 1818 si trova, sotto la voce «corso degli studi pegli ingegneri architetti e periti agrimensori», la seguente precisazione: «Questo studio non è ancora definitivamente ordinato, e perciò il metodo d'istruzione qui sotto indicato non è che provvisorio». Il modello di ingegnere previsto dalla legislazione napoleonica fa quindi fatica a imporsi nel Veneto, dove il terreno culturale è ancora poco pronto a recepire queste

novità: ciò è dovuto innanzitutto alla difficoltà di reperire sia ingegneri «patentati» presso cui svolgere il tirocinio, sia i commissari per gli esami di abilitazione, che secondo il regolamento dovrebbero possedere da almeno cinque anni la cosiddetta «patente», che ha validità sull'intero territorio del Regno.

Tra i più eminenti ingegneri-architetti che operano durante il periodo napoleonico citiamo Giannantonio Selva e il suo allievo Giuseppe Jappelli. La formazione di entrambi segue ancora canali del tutto tradizionali secondo i criteri dell'apprendistato e dell'esame di grandi opere architettoniche. Sarà invece Pietro Paleocapa, personaggio di spicco nel panorama politico e valente scienziato e ingegnere, ad anticipare la figura dell'ingegnere di formazione universitaria. Paleocapa infatti inizia la sua formazione all'Università di Padova per poi proseguire gli studi al Collegio militare di Modena, che prevede un percorso formativo in linea con i criteri sanciti dalla legge del 1802, ricalcando il percorso degli studi della parigina École Polytechnique. Dunque la sua formazione, seppur orientata in un primo momento verso l'ingegneria militare, avviene secondo l'impostazione moderna e gli permetterà in seguito di specializzarsi nei settori tipici dell'ingegneria civile.

Il nuovo modello di ingegnere, nonostante una resistenza iniziale per i motivi sopramenzionati, si diffonderà e verrà mantenuto pressoché immutato anche durante il lungo periodo di dominazione austriaca, inaugurato nel 1813, durante il quale si consolidano lentamente i regolamenti stabiliti a inizio secolo. Questo processo porterà, soprattutto a partire dagli anni quaranta, a una svolta nel mondo dell'ingegneria padovana, con un cambio di passo degli interventi di riforma che da ora in poi avanzeranno più speditamente.

Non sarà possibile in questa sede offrire una completa disamina sui vari regolamenti emanati durante il periodo di dominazione napoleonica e poi austriaca, parte dei quali sono riportati nel primo capitolo. Basti ricordare che il percorso degli studi per ingegneri architetti e per periti agrimensori si compie inizialmente all'interno della Facoltà filosofico-matematica, per poi essere regolato unicamente dalla Facoltà matematica. Questo percorso di studi sarà quello che subirà i maggiori aggiustamenti e modifiche durante la dominazione austriaca, costantemente rimodulato a seconda delle richieste per l'esercizio della professione. Tra i più significativi mutamenti, ricordiamo la bipartizione dello studio filosofico della Facoltà filosofico-matematica in «studio filosofico» e «studio matematico» (avvenuta nel 1842), che anticipa la separazione definitiva della stessa Facoltà in Facoltà filosofica e Facoltà

matematica (nel 1846). Proprio nella Facoltà matematica troveranno collocazione il corso per periti agrimensori e quello per ingegneri architetti. La progressiva valorizzazione degli studi matematici per ingegneri architetti e per periti agrimensori può essere interpretata come il riflesso dell'incipiente modernizzazione economica e tecnico-scientifica dell'Italia, e dunque anche del Veneto, che ricomincia a stare al passo con le organizzazioni degli studi a livello europeo, anche se tale processo sarà tortuoso e decisamente più lento rispetto a quello degli altri paesi, che stanno già da tempo cavalcando l'onda dell'industrializzazione. Per quanto concerne l'introduzione di nuovi corsi e le trasformazioni apportate agli insegnamenti, vale la pena citare la bipartizione nel 1842 del corso di architettura in disegno architettonico da una parte, e in architettura civile, idraulica e stradale dall'altra. Tra il 1842 e il 1843 sono istituiti altri corsi, quali quello di geometria descrittiva, disegno di geometria e disegno di macchine. Anche il 1856 segna un punto di svolta nella formazione degli ingegneri con l'istituzione dei corsi di tecnologia meccanica, tecnologia chimica, scienza delle costruzioni meccaniche e disegno tecnico industriale, a testimonianza di un adeguamento degli studi universitari ai più recenti sviluppi della tecnica. In Veneto tuttavia, e più in generale nell'intero territorio italiano, le notevoli trasformazioni avvenute all'interno del piano di studio non corrispondono, come si è detto, a uno sviluppo economico e industriale di pari portata. Questo adeguamento non deve neppure indurre a sopravvalutare il livello reale dell'istruzione durante il periodo austriaco, sebbene offra ottimi presupposti per la costituzione della Scuola di applicazione per gli ingegneri nel primo decennio dell'Unità.

Per menzionare alcuni personaggi emblematici di questo processo di trasformazione della figura dell'ingegnere, cominciamo osservando che a partire dagli anni trenta dell'Ottocento si laureano e diventano docenti all'Università di Padova alcuni giovani dalla più solida preparazione scientifica. Tra questi ricordiamo Domenico Turazza e Gustavo Bucchia, di cui si parlerà in maniera più approfondita nel prossimo paragrafo, la cui presenza sarà determinante per una riqualificazione degli studi e la formazione di un gruppo di allievi di indiscusso valore, che entreranno a loro volta a far parte del corpo accademico. Si laureano infatti negli anni cinquanta dell'Ottocento personaggi come Enrico Nestore Legnazzi, Giovanni Zambler e Andrea Hesse, che ricoprirà la cattedra di disegno geometrico e di macchine. E negli anni sessanta conseguiranno la laurea Enrico Bernardi, Ernesto Bellavitis, figlio di Giusto, Antonio Favaro e Jacopo Benetti, docente di meccanica industriale.

Degno di menzione è un altro eminente personaggio, Stefano Breda, laureato negli anni quaranta, che anticipa, pur rimanendo uno dei rari casi, la nuova tipologia dell'ingegnere industriale, figura che si affermerà a pieno titolo in Italia solo nel Novecento inoltrato. Dopo la laurea, infatti, egli farà subito il suo ingresso nel mondo imprenditoriale lavorando presso la ditta di costruzioni ferroviarie Talachini. Avendo maturato poi solide esperienze nel campo sia industriale che finanziario, Breda fonderà a Padova nel 1872 la Società veneta per imprese e costruzioni pubbliche. L'attività svolta da Breda offre una chiara testimonianza della presenza nel territorio di alcune figure che precorrono i tempi, personaggi che, pur non trovando un ambiente favorevole allo sviluppo delle loro iniziative e intuizioni in ambito regionale, lasceranno un profondo segno nella storia dell'ingegneria padovana. Enrico Bernardi, come vedremo, rientrerà a pieno titolo nel novero di tali eccezionali personalità, grazie a un raffinato intelletto, straordinarie competenze tecnico-scientifici e a una notevole lungimiranza.

*Istituzione della Scuola di applicazione
per gli ingegneri*

L'annessione del Veneto al Regno d'Italia porta a un mutamento sostanziale nel sistema di formazione della figura dell'ingegnere, che condivide le vicissitudini dell'istruzione tecnica superiore su scala nazionale, pur mantenendo alcune caratteristiche proprie. L'Unità stimola infatti profonde trasformazioni dell'ingegneria, sia come disciplina sia come attività professionale.

Il conseguimento del diploma di ingegnere a Padova è regolato dal decreto 13 ottobre 1867, n. 3990, che prevede l'adeguamento dell'istruzione tecnica superiore ai principi stabiliti dalla legge Casati (cfr. il primo capitolo), e dunque l'abolizione del tirocinio postuniversitario. A partire da questo momento dunque, per la prima volta in Veneto, la formazione degli ingegneri è esclusivamente affidata all'università. In seno alla Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali viene istituita nel 1873 la Scuola di applicazione per gli ingegneri, il cui ordinamento degli studi è previsto dal decreto Matteucci del 1862 (applicato a Roma e a Padova in un secondo momento con decreto 12 maggio 1872, n. 821). L'ammissione alla Scuola è riservata agli studenti che hanno conseguito la licenza nelle scienze matematiche e fisiche e che hanno ottenuto il certificato di profitto in disegno di ornato e in architettura. Sarà solo con l'emanazione del regio decreto 8 ottobre 1876, n. 3434, che la Scuola di applicazione per ingegneri si costituirà in forma autonoma,

seppure ancora associata all'Università. Nei rapporti con l'Università, la Scuola da quel momento infatti è considerata al pari di una Facoltà e quindi il suo direttore si trova a esercitare le medesime funzioni dei presidi, corrispondendo direttamente con il rettore.

Si è già delineata per sommi capi l'importante figura di Domenico Turazza (cfr. il capitolo II), primo direttore della Scuola. Qui ci limitiamo quindi a illustrare il suo impegno didattico e gli incarichi ricoperti nel campo più propriamente ingegneristico. La sua eclettica personalità ben si armonizza con le caratteristiche della nuova figura dell'ingegnere ottocentesco. Presso la Scuola di applicazione per gli ingegneri Turazza sarà titolare della cattedra di meccanica razionale. Considerato uno dei più influenti idraulici italiani del suo tempo, tra i pionieri dell'idraulica sperimentale, gli verrà in aggiunta assegnato il corso di idraulica pratica. Non sorprende pertanto che il suo *Trattato di idraulica pratica*, pubblicato nel 1845, costituisca il punto di riferimento per gli studi in tale disciplina per tutta la seconda metà del secolo. Parallelamente ai notevoli contributi in ambito tecnico e scientifico, ricordiamo anche alcuni dei numerosi incarichi ricoperti da Turazza: sarà consulente del governo per l'assetto idrologico del territorio; farà parte della commissione preposta per monitorare gli effetti di straripamento del Po nel territorio veneto; sarà designato dal governo italiano quale unico rappresentante alla cerimonia di apertura del Canale di Suez.

Tornando all'organizzazione degli studi, la Scuola di applicazione per ingegneri rilascia inizialmente un solo tipo di diploma, e questo vale per tutte le scuole italiane, ovvero quello di ingegneria civile, che abilita a «dirigere costruzioni civili, rurali, stradali, idrauliche e meccaniche, ed a sostenere l'ufficio di perito giudiziale nelle questioni relative».

Questi sono gli anni in cui acquista rilievo sempre maggiore la figura dell'ingegnere costruttore, anche se va detto che mentre all'estero si stanno già facendo numerosi progressi nel campo della scienza delle costruzioni in seguito allo sviluppo delle industrie metallurgiche, in Italia e quindi anche nel Veneto, a causa della mancanza di queste e delle costruzioni ferroviarie, tale ramo di studi farà inizialmente fatica a imporsi. Citiamo al riguardo le parole di Pio Chicchi, professore della Scuola di applicazione per gli ingegneri, di cui parleremo tra breve, che bene inquadrano lo stato di arretratezza dell'Italia: «il grandioso sviluppo preso dalle industrie metallurgiche, il conseguente rapido diffondersi dell'uso del ferro in ogni fatta di Costruzioni, le esigenze nuove, i sempre più ardui problemi presentati dalle strade ferrate, che, pel potente benefico influsso esercitato fino dai primordi sulla civiltà mo-

derna, andavano moltiplicandosi dovunque con meravigliosa prontezza, si imposero sì fattamente, che in Francia, in Svizzera, in Germania, vuoi negli Istituti tecnici superiori, vuoi nei laboratori, si affaticarono con febbrile impegno ad indagare con rigorose e razionali teorie, basate sui risultamenti di accurate esperienze, le relazioni, che esistono fra le forze esterne agenti sui vari sistemi costruttivi e le molecolari reazioni cimentate nelle singole parti, affine di porgere una guida nelle ricerche statiche delle grandi costruzioni, specie di metallica struttura. Mentre all'estero si facevano quotidiani progressi in questo nuovo ramo di studi, da noi, per la completa mancanza delle industrie metallurgiche e delle grandi costruzioni ferroviarie, essi erano affatto trascurati».

Saranno Domenico Turazza e Gustavo Bucchia a introdurre tra i primi nel territorio nazionale materie di studio relative alla scienza delle costruzioni. Anche la carriera di Bucchia, come quella di Turazza, è emblematica del passaggio dai vecchi tecnici con una preparazione empirica ai moderni ingegneri dalla cultura universitaria, approfondita e sviluppata sul terreno della pratica professionale e attestata mediante uno specifico esame di Stato. Laureatosi a Padova come ingegnere architetto nel 1831 ed entrato nel 1833 nel corpo del genio civile, Bucchia vince nel 1844 il corso per la cattedra di architettura civile e idraulica nella Scuola per ingegneri architetti di Padova e viene nominato professore ordinario nel 1845. Durante la prima guerra di indipendenza è colonnello comandante della legione dei cacciatori padovani e, pochi giorni prima del 14 giugno 1848, giorno in cui Padova viene nuovamente occupata dagli austriaci, si rifugia a Venezia dove suo zio, Pietro Paleocapa, fa parte del governo provvisorio. Qui, in qualità di capitano del genio, Bucchia, insieme ai fratelli Tommaso e Achille, partecipa alle azioni di difesa della città. Il governo austriaco, una volta ristabilitosi, rimuove Bucchia dall'insegnamento: la sua reintegrazione avverrà solo nel 1851, grazie alla perorazione della Facoltà e in particolare di Giovanni Santini, il celebre astronomo di cui abbiamo parlato nel capitolo precedente.

Bucchia sarà il primo professore a insegnare, presso la Scuola di applicazione per gli ingegneri, scienza delle costruzioni civili e stradali (dal 1873 al 1875), cattedra che cambierà denominazione a partire dal 1875 in scienza delle costruzioni. La carriera di Gustavo Bucchia ben rappresenta il salto di qualità che si sta lentamente compiendo nel suo campo di competenza sia sul piano accademico sia dal punto di vista della professione. Il suo allievo Pio Chicchi, titolare del corso di strade ferrate ordinarie e gallerie dal 1875 al 1898, riporta nella commemorazione del

suo maestro gli argomenti trattati a lezione: «egli discuteva nel suo corso le più insigni opere meccaniche, ferroviarie, civili, idrauliche dell'ingegneria moderna». D'altra parte, sin dagli anni trenta, Bucchia aveva dimostrato le sue doti nel campo dell'ingegneria sia idraulica che stradale. Nel 1844 raggiunge il grado di ingegnere di delegazione alle Pubbliche costruzioni e, in un secondo momento, assume un ruolo da protagonista nello sviluppo della rete ferroviaria italiana.

A questo proposito vale la pena fare un breve cenno alla situazione ferroviaria dell'Italia all'indomani dell'Unità. Inizialmente la realizzazione della rete ferroviaria farà esclusivamente riferimento ai paesi stranieri, sia per quanto riguarda il fabbisogno finanziario sia per quanto riguarda l'importazione di forniture e materiali per la costruzione. Non riesce difficile comprendere dunque che la costruzione e la gestione delle ferrovie siano particolarmente onerosi. Proprio per questo motivo la loro gestione verrà affidata, almeno in un primo momento, a compagnie private per non gravare sul bilancio statale. Presso la Scuola di applicazione per ingegneri esistono inizialmente ben due insegnamenti dedicati alle costruzioni di terra, quello di strade ferrate ordinarie, e quello già citato di scienza delle costruzioni civili e rurali. Acquisirà poi forma autonoma la cattedra relativa alla costruzione di ponti: l'insegnamento di ponti in muratura, legno e ferro, precedentemente assegnato a Bucchia, verrà affidato a Chicchi in qualità di professore straordinario a partire dal 1878-79, e come professore ordinario a partire dal 1885-86. Tali discipline manterranno un ruolo privilegiato nella formazione dei futuri ingegneri anche negli anni successivi. Un problema al quale è necessario ovviare tuttavia è la mancanza di gabinetti con adeguati spazi e strumentazioni. Proprio perché strutture di questo tipo sono assenti nel territorio italiano, gli studenti vengono invitati a compiere viaggi all'estero presso industrie costruttrici, esperienza fondamentale per garantire una maggiore concretezza ai loro studi.

Accanto al corso di costruzioni civili e rurali, un altro importante nucleo degli studi è rappresentato dall'insegnamento di architettura tecnica. In questo ambito una rilevante figura della Scuola di applicazione per ingegneri di Padova è Giovanni Zambler, che sarà appunto titolare del corso di architettura tecnica, precedentemente denominato «composizione architettonica» (dal 1873 al 1875). Zambler svolge opere architettoniche di pregio che caratterizzeranno fortemente il settore delle costruzioni civili e dell'architettura a Padova a partire dagli anni settanta. A lui l'Università di Padova si affiderà più volte per l'esecuzione di numerosi lavori di ristrutturazione, assegnandogli an-

che l'incarico di presidente della commissione tecnica per la sistemazione degli edifici universitari. Sarà lui a progettare per esempio nel 1873 la nuova serra presso l'Orto botanico atta a ospitare la rinomata palma di Goethe.

Prima di proseguire, è opportuno soffermarsi su un aspetto dell'organizzazione degli studi ingegneristici che tradisce il ritardo con cui il nostro paese affronta l'emergere delle nuove figure professionali nel contesto europeo. Già dagli anni settanta del secolo si coglie la necessità di modificare materie e programmi degli studi al fine di garantire una formazione più specialistica, anche nella prospettiva di una conversione in senso industriale dell'assetto produttivo del paese. Segno di questa esigenza è il fatto che in questi anni entrano a far parte a pieno titolo nel piano degli studi alcuni corsi di carattere industriale quali quello di meccanica industriale e disegno di macchine (nel quale confluiscono i corsi in precedenza liberi di scienza della costruzione di macchine e tecnologia meccanica) e di chimica tecnologica. Tuttavia, gli argomenti trattati in questi insegnamenti non raggiungeranno, almeno in un primo momento, la complessità e l'articolazione tipici degli ambiti più tradizionali. Infatti fino alla fine del XIX secolo rimarranno tre le aree tematiche attorno alle quali si sviluppano gli studi ingegneristici: l'idraulica, la meccanica e la scienza delle costruzioni. Per un resoconto completo degli insegnamenti rimandiamo ai Prospetti degli studi per gli anni accademici 1873-74 e 1880-81 riportati al termine di questa sezione.

Caso emblematico in questo contesto è costituito dagli insegnamenti di macchine agricole, idrauliche e tecniche e di meccanica applicata, che verranno tenuti da Enrico Bernardi. Bernardi, figura di spicco della Scuola di applicazione per gli ingegneri, non trova però all'epoca nell'Università di Padova il credito che meriterebbe. Entrambe le cattedre a lui affidate hanno difficoltà ad affrontare la materia della meccanica industriale, al contrario di ciò che sta avvenendo seppur lentamente negli stessi anni in altre aree d'Italia, in particolare nell'Italia nord-occidentale. L'insegnamento della meccanica viene infatti considerato come un insegnamento finalizzato a impartire conoscenze complementari piuttosto che a fornire solide basi ai futuri tecnici addetti al settore industriale. In un solo corso vengono trattati il tema delle macchine a vapore e quello più specialistico delle macchine idrovore e agricole. I programmi di studio prevedono in ogni caso anche l'insegnamento di motori a combustione interna a gas e benzina, oggetto di ricerca privilegiato di Bernardi. Proprio i motori a combustione interna saranno i precursori di un argomento che assumerà un ruolo centrale

nella formazione degli ingegneri durante il Novecento. La materia, relegata a un ruolo marginale nel contesto in cui si trova inserita, non riesce in questo momento a imprimere una precisa caratterizzazione alla formazione degli ingegneri. Manca inoltre un adeguato laboratorio. È presente a Padova solamente un Gabinetto di macchine, istituito nel 1867, che pur possedendo alcuni prototipi di motori a vapore e a gas risulta insufficiente a garantire una adeguata preparazione degli ingegneri in questo ambito.

Veniamo dunque alla figura di Enrico Bernardi, che dedicherà tutta la sua vita allo studio, alla ricerca e all'applicazione delle sue invenzioni. Tratteremo solamente alcune essenziali caratteristiche della sua straordinaria personalità scientifica. Bernardi si laurea in Matematica a Padova nel 1863 e nei quattro anni successivi avrà incarichi di assistente agli insegnamenti di geodesia, idrometria, meccanica razionale e fisica sperimentale. Come spesso succede all'epoca, in cui l'insegnamento e la ricerca vedevano continui scambi tra università e scuola, Bernardi nel 1867 vince il concorso per la cattedra di fisica e meccanica del Reale Istituto Professionale Industriale di Vicenza, dove diventa preside nel 1876. Infine, a partire dall'anno accademico 1878-79, Bernardi torna all'Università, chiamato a insegnare macchine idrauliche, agricole e termiche (l'evoluzione dell'originario corso di meccanica industriale e disegno di macchine) e meccanica applicata, e dove dirige il Gabinetto, poi Istituto, di macchine dal 1879 al 1915. Nel 1880 Bernardi fonda il Gabinetto di meccanica applicata annesso alla cattedra di macchine. Da questo momento diventerà quindi direttore sia del Gabinetto di macchine che di quello di meccanica applicata. Questa sua direzione andrà avanti fino al 1910, anno in cui i due gabinetti saranno affidati a due distinti professori: la direzione del Gabinetto di macchine resterà infatti a Bernardi, mentre Carlo Parvopassu assumerà come vedremo il ruolo di direttore del Gabinetto di meccanica applicata.

Negli anni trascorsi a Vicenza e ancor più nei quasi quarant'anni trascorsi nella Scuola di applicazione per gli ingegneri, Bernardi realizza i più importanti lavori scientifici della sua carriera creando geniali prototipi nel campo della locomozione con motori a combustione interna. Già negli anni in cui insegna al Reale Istituto Professionale Industriale di Vicenza, Bernardi inizia a occuparsi dei problemi connessi con la realizzazione di motori, in un periodo in cui era particolarmente sentita in ambiente industriale l'esigenza di macchine motrici di piccola potenza che costituissero una valida alternativa alle ingombranti e costose motrici a vapore. Tra il 1874 e il 1878 costruisce due motori a gas

illuminante, ma la vera svolta la raggiungerà nel 1882 quando otterrà un attestato di privativa industriale per tre anni per un «motore a scoppio, a gas, per le piccole industrie». Questo motore, chiamato motore Pia dal nome di sua figlia, viene da lui applicato a una macchina da cucire, e gli vale la medaglia d'argento all'Esposizione nazionale di Torino del 1884. Nel 1889 realizza il prototipo di un motore a benzina, chiamato motore Lauro dal nome di suo figlio, che applicherà a un triciclo a tre ruote in linea, prototipo del moderno motoscooter, e a una vettura a tre ruote, la prima vettura italiana su strada.

Durante la sua lunga carriera all'interno della Scuola di applicazione per gli ingegneri, va menzionata la sua esperienza imprenditoriale, che ha inizio nel 1894 con la costituzione a Padova di una società per la fabbricazione di motori e vetture. I capitali per l'avvio della società saranno messi a disposizione da due suoi allievi, i conti Francesco Giusti del Giardino e Giacomo Miari de' Cumani. La ditta prenderà per questo il nome di Società Miari e Giusti ed entrerà nella storia come prima impresa italiana che si prefigge lo scopo di una produzione industriale di motori e di automobili. Nel 1896 la società cambierà poi la ragione sociale in Motori Bernardi, Miari & C. specializzata nella costruzione di vetture a tre e quattro ruote. La società però andrà incontro al fallimento nel giro di poco tempo e sarà rilevata nel 1899 da Bernardi, diventando la Società italiana Bernardi. Anche la Società italiana Bernardi non avrà successo e sarà posta in liquidazione nel 1901. Ci siamo soffermati sulla figura di Bernardi perché ben esemplifica le difficoltà incontrate all'epoca da un ingegnere di grande talento a entrare in prima persona nel mondo industriale. Il trasferimento di invenzioni e brevetti al mondo industriale è ancora prematuro stante la situazione dello sviluppo industriale di gran parte dell'Italia, e in particolare del Veneto. Proprio per questo, Bernardi inizierà nei primi anni del Novecento una collaborazione tecnica con la torinese Fiat (Fabbrica italiana automobili Torino), collaborazione che si rivelerà particolarmente fruttuosa tanto che nel volgere di pochi anni deciderà di trasferirsi definitivamente a Torino. L'ingegno, la genialità e le innate doti tecnico-scientifiche di Bernardi trovano testimonianza nelle macchine da lui costruite e nei numerosi scritti autografi conservati presso il Museo di macchine «Enrico Bernardi» dell'Università di Padova, inaugurato nel centenario della sua nascita nel 1941 e in un nuovo allestimento nel settembre del 2014.

Una volta tratteggiate a grandi linee le principali aree tematiche della formazione dell'ingegnere, è opportuno ricordare per completezza un altro insegnamento che, a partire dal 1876, non troverà più spazio

in seno alla Facoltà di Scienze e sarà impartito unicamente nella Scuola di applicazione per gli ingegneri, ovvero quello di agraria. Come si è accennato nel capitolo precedente, la legislazione del Regno d'Italia non comprende l'agraria tra le materie d'insegnamento nelle università italiane. Nel 1870 pertanto la cattedra viene formalmente soppressa. Il suo insegnamento continuerà a sopravvivere in seno alla Scuola di applicazione per ingegneri grazie all'istituzione della cattedra di economia rurale ed estimo, affidata ad Antonio Keller: l'Orto agrario diventerà quindi uno dei laboratori scientifici a supporto della neonata Scuola. Il legame instaurato con la Scuola di applicazione per ingegneri perdurerà per tutto il resto della vita dell'Orto, ovvero fino alla costituzione della Facoltà di Agraria nel 1946. Keller si dedicherà al nuovo insegnamento con dedizione encomiabile, propugnandone il potenziamento con l'ambizioso proposito di risollevare le condizioni di arretratezza dell'agricoltura padovana e più in generale veneta, situazione che rimarrà immutata fino alla fine del secolo. Una effettiva svolta nell'insegnamento della materia si avrà solamente nel Novecento con l'ingresso nella Scuola di Leopoldo di Muro (cfr. il capitolo II), che riuscirà a mantenere alto l'interesse degli allievi ingegneri verso l'agronomia, e a riformare profondamente il programma di economia rurale ed estimo, dando al corso un'impronta più spiccatamente economica e indirizzando l'attività didattica verso temi strettamente attinenti alla professione dell'ingegnere. Si anticipa qui che saranno proprio le esigenze legate all'attività agricola del Veneto a motivare a partire dagli anni trenta le ricerche su una nuova tecnologia, quella del freddo, che muoverà i suoi primi passi a Padova, città che diventerà ben presto un punto di riferimento a livello nazionale in questo settore grazie all'opera di Balbino del Nunzio.

La nuova sede alle Porte Contarine

Al momento dell'istituzione della Scuola di applicazione per gli ingegneri, tutti gli insegnamenti vengono impartiti, anche se mal distribuiti, nel complesso edilizio di Palazzo Bo. Ben presto tuttavia si manifesta la necessità di avere a disposizione più ampi locali, e di riunire in un'unica sede le aule di lezione e di lavoro e i gabinetti scientifici. Come scrive il rettore in carica Carlo Francesco Ferraris, una tale operazione comporterebbe vantaggi sia per la Scuola di applicazione per ingegneri sia per l'intero Ateneo: «Il vantaggio, che ne deriverà, sarà molteplice e notevolissimo. Nel palazzo dell'Università resteranno libere parecchie aule e gabinetti che potranno servire alle altre Facoltà.

[...] Il trasporto della R. Scuola di Applicazione, essa pure afflitta dal difetto di spazio, profitterà così non soltanto alla medesima ma all'Università tutta e contribuirà al buon ordinamento dei vari ordini di studi. La R. Scuola nel nuovo palazzo avrà locali per ampiezza e per buona disposizione molto adatti come aule di lezione e come sede di gabinetti e di uffici, e gli allievi ingegneri vi troveranno quel conforto di luce e quella comodità di posto, che pur sono indispensabili affinché possano con solerzia e profitto attendere ai loro laboriosi studi».

Il compito di progettare la nuova sede viene affidato a Pio Chicchi. Il progetto viene presentato da Chicchi già nel 1890 mentre *Il promemoria e progetto di restauro* è dato alle stampe nel 1892. A partire dal 1895 la Regia Scuola di ingegneria avrà finalmente a disposizione una sede indipendente alle Porte Contarine che comprende il cinquecentesco Palazzo Cavalli.

Dal progetto si evince che nel palazzo trovano collocazione la Biblioteca e la Direzione della Scuola, oltre ai Gabinetti di architettura, di fisica tecnica e di statica grafica. Nella rinnovata ala prospiciente la strada, ora corso del Popolo, si trovano il Gabinetto di macchine e il Gabinetto di costruzioni, ai quali sono dedicati gli spazi maggiori. Nei corpi interni a sud verso le Porte Contarine vengono collocati il Gabinetto di geodesia, con una sala per modelli e una galleria per esercizi, e il Gabinetto di idraulica che dispone di un solo locale. L'intervento più cospicuo riguarda la costruzione ex novo di sei grandi aule, tre al piano terreno e tre al piano sopraelevato in un nuovo edificio interno sul lato occidentale del cortile: due aule ad anfiteatro sono adibite a lezioni cattedratiche, tre sono attrezzate con tavoli (Scuole per disegno, per i tre anni di corso), mentre il sesto ambiente è la sede del Teatro per la Scuola di chimica e sala per gli esercizi. Ci preme sottolineare, per evitare fraintendimenti, che si intende qui la chimica docimastica, ovvero quel ramo della chimica applicata che studia la natura e la composizione dei materiali, separatasi dalla chimica generale, il cui insegnamento viene ancora impartito presso i locali del Palazzo del Bo. Sarà poi affidato all'architetto Giovanni Zambler il progetto di sistemazione del piazzale esterno lungo il prospetto principale del palazzo.

*Prospetti degli studi per gli anni accademici
1873-74 e 1880-81*

Per meglio inquadrare l'attività dei professori della Scuola di applicazione per gli ingegneri, si è scelto di riportare qualche estratto dagli annuari della R. Università degli Studi di Padova per l'anno accademico

co 1873-74, anno in cui la Scuola viene ufficialmente istituita e annessa alla Facoltà di Scienze, e per l'anno accademico 1880-81, significativo poiché qui è riportato l'ordinamento degli studi della Scuola, da pochi anni costituita in forma autonoma.

Per quanto riguarda il calendario degli studi per l'anno 1873-74 sono riportati i seguenti insegnamenti, con l'indicazione tra parentesi del professore a cui è affidato il relativo incarico: al primo anno, algebra complementare, geometria analitica (Bellavitis), mineralogia e geologia (Omboni), fisica sperimentale (Rossetti) e disegno (Hesse); al secondo anno, ancora gli insegnamenti di disegno e di fisica sperimentale in aggiunta a quelli di geometria descrittiva (Legnazzi) e di calcolo differenziale integrale (Favaro); al terzo anno statica grafica (Favaro), applicazioni di geometria descrittiva (Bellavitis), fisica tecnologica (Naccari), meccanica razionale (Turazza), resistenza dei materiali e disegno di macchine (Benetti), geodesia pratica (Legnazzi); al quarto anno esercizi di statica grafica (Favaro), scienza delle costruzioni (Bucchia), composizione architettonica (Zambler), chimica tecnologica ed esercizi pratici di chimica (Filippuzzi), meccanica industriale e disegno di macchine (Benetti); al quinto anno infine scienze delle costruzioni idrauliche (Bucchia), composizione architettonica e sviluppo progetti (Zambler), trattati legali (Silvestri), idraulica pratica (Turazza) e agraria e stima dei poderi (Keller). Degno di nota è qui il trasferimento dell'insegnamento di agraria in seno alla Scuola di applicazione per gli ingegneri che da questo momento in poi non verrà più impartito nei corsi di laurea in Scienze, come si è detto. Per quanto riguarda le altre materie, vediamo una certa sovrapposizione di insegnamenti e di docenti, molti dei quali infatti continueranno a insegnare sia presso la Facoltà di Scienze sia presso la Scuola di applicazione per gli ingegneri, una volta costituitasi in forma autonoma. Per quanto riguarda gli stabilimenti e i gabinetti tecnico-scientifici appartenenti alla Facoltà di Scienze e dunque alla Scuola di applicazione per ingegneri, si riportano per l'anno accademico 1873-74 il Gabinetto di disegno, di geometria descrittiva, di meccanica industriale, di architettura, di idraulica pratica, Orto agrario, Gabinetto di modelli e strumenti e il Gabinetto di geodesia.

Si è scelto poi di soffermarsi sul Prospetto per l'anno accademico 1880-81 per delineare i tratti principali dell'assetto didattico della Scuola dopo la sua costituzione in forma autonoma, ordinamento che non subirà significative modifiche fino ai primi anni del Novecento. Prima di elencare gli insegnamenti nei tre anni di corso, vale la pena riportare la prima delle norme contenute nel *Manifesto* (il regolamento della Scuo-

la), relativa ai criteri di ammissione: «per essere ammesso alla Scuola si richiede che il giovane, fatti almeno due anni di studio presso una Facoltà Universitaria di Scienze matematiche, fisiche e naturali, abbia superati gli esami di Algebra, Geometria analitica, di Geometria proiettiva e descrittiva e relativi lavori grafici, d'Analisi infinitesimale, di Fisica sperimentale, di Chimica generale, di Mineralogia e di Disegno». È questa una chiara indicazione dell'importanza attribuita alla formazione scientifica di base dell'ingegnere.

Il biennio di formazione di base è seguito da un triennio da svolgere presso la Scuola (dunque la durata del percorso di formazione rimane invariata a cinque anni), in cui le materie sono ripartite nel seguente modo: al primo anno fisica tecnica (Bellati), meccanica razionale (Turazza D.), geodesia teorica (Miari-Fulcis), statica grafica (Favaro), applicazioni di geometria descrittiva (Bellavitis), chimica docimastica (Ciotto); al secondo anno, costruzioni civili e rurali (Zambler), architettura tecnica (Zambler), mineralogia e geologia applicate (Omboni), strade ordinarie, gallerie e ponti in muratura (Chicchi), meccanica applicata (Bernardi), geometria pratica (Legnazzi), economia rurale ed estimo (Keller), materie giuridiche (Silvestri); al terzo anno, architettura tecnica (Zambler), costruzioni idrauliche e lavori marittimi (Bucchia), ponti in legno e ferro (Chicchi), strade ferrate (Chicchi), idraulica pratica (Turazza D.), macchine agricole, idrauliche e tecniche (Bernardi), alimentazione e condotta delle acque (Turazza G.). Sono inoltre riportati gli stabilimenti e i gabinetti tecnico-scientifici, a cui sarà dedicato più spazio nell'ultimo paragrafo del presente capitolo.

3. *Dall'ingegneria elettrotecnica all'ingegneria aerospaziale.*

Di tutti gli sviluppi tecnologici del ventesimo secolo, il calcolatore numerico (o calcolatore digitale) è quello che ha avuto le conseguenze più universali ed estese.

Come si è detto nel paragrafo precedente, il cambiamento tecnico della seconda rivoluzione industriale ha il suo fondamento eminentemente in due nuovi settori, il chimico e l'elettrico, che devono la nascita e lo sviluppo all'applicazione di un nucleo consolidato di nuovi principi scientifici. Si è inoltre osservato che le basi tecnologiche per i grandi sviluppi del Novecento sono già presenti, anche se in forma rudimentale, nel 1914, all'inizio della Grande guerra. I cinquant'anni che seguono

no sono drammatici, caratterizzati da sconvolgimenti politici ed economici senza precedenti. Eppure, nonostante sia scandito dai due conflitti mondiali, il XX secolo è un periodo di straordinaria crescita che non ha eguali nella storia, e gran parte di questa crescita è di origine tecnologica. Base essenziale per lo sviluppo di quasi tutte le applicazioni tecnologiche del Novecento sarà l'elettronica.

L'ingegneria elettronica nasce propriamente nel Novecento, anche se deriva la maggior parte dei suoi elementi dal secolo precedente, e si configura come naturale evoluzione dell'ingegneria elettrotecnica. Il termine «elettronica» è coniato solo intorno agli anni quaranta del secolo, per designare la branca della scienza e della tecnica che si occupa dello studio e delle applicazioni dei fenomeni associati originariamente al moto di fasci di elettroni nel vuoto e nei gas. Alla base dell'ingegneria elettronica vi è infatti la valvola termoionica, uno sviluppo dei tubi a raggi catodici utilizzati nel corso dell'Ottocento, la cui invenzione avrà poi un impatto straordinario sulle comunicazioni elettriche quali telegrafia, telefono, radio e sullo sviluppo dei calcolatori. Per questo, per estensione il termine «elettronica» designa dagli anni quaranta anche i vari dispositivi sviluppati sulla base dell'applicazione della valvola termoionica. Proprio negli anni quaranta le valvole termoioniche cominciano a essere affiancate da dispositivi a stato solido, i transistor, interamente basati sui semiconduttori. Grazie anche allo sviluppo dei transistor, che dimostrano maggiore affidabilità, durata e potenzialità di miniaturizzazione, incomparabili rispetto a quelle delle valvole, a partire dagli anni cinquanta il panorama dei fenomeni e delle applicazioni di competenza dell'elettronica aumenterà così rapidamente da richiedere un notevole ampliamento della sua definizione. Inizialmente le intensità delle correnti elettriche e i livelli di potenza utilizzati in questo campo sono nettamente inferiori a quelli impiegati nell'elettrotecnica tradizionale, tanto che si ricorre alla locuzione «tecnica delle correnti deboli» come sinonimo di elettronica in contrapposizione a «tecnica delle correnti forti» come sinonimo di elettrotecnica. Tale dicotomia risulterà ben presto obsoleta, specie a partire dalla seconda metà del secolo, poiché alcune ramificazioni della disciplina stessa, quali l'elettronica industriale, inizieranno a occuparsi di un'ampia classe di dispositivi in cui entrano in gioco anche medie e alte potenze.

È impossibile a questo punto non soffermarsi sul dispositivo che avrà nella storia della tecnologia le più estese e universali conseguenze, il calcolatore digitale, universalmente noto oggi come computer. Saranno proprio le tecnologie elettroniche applicate ai calcolatori, come scri-

ve Tom A. Margerison, a entrare nel novero delle maggiori invenzioni del secolo. Vale la pena elencarne alcune di seguito. Per quanto riguarda il campo dell'hardware (ovvero l'insieme delle componenti fisiche, non modificabili, di un calcolatore) si passerà in breve tempo, come si è già osservato, dalle valvole termoioniche ai transistor. Basti pensare che uno dei primi computer elettronici digitali della storia, l'Electronic Numerical Integrator and Computer (Eniac), realizzato nel 1946, utilizzava ancora valvole, come il primo computer commerciale mai costruito, l'Universal Automatic Computer (Univac), terminato nel 1951 e prodotto in ben sette esemplari. La sostituzione delle valvole con i transistor, costituenti fondamentali dei circuiti integrati, porterà agli attuali computer, la cui storia inizia negli anni sessanta. Il primo prototipo funzionante di transistor viene realizzato nel 1947 da Walter Brattain e John Bardeen del gruppo di ricerca guidato da William Shockley. Il primo circuito integrato, che permette la simultanea realizzazione di transistor mediante un processo fisico-chimico, viene invece ideato da Jack St. Clair Kilby, che nel 1958 ne costruisce il primo esemplare. Per lo sviluppo dei computer odierni determinante sarà l'invenzione del microprocessore, un dispositivo elettronico costituito da uno o più circuiti integrati, la cui versatilità e il cui basso costo renderanno possibile la realizzazione in breve tempo di vari calcolatori, specialmente nella classe dei personal computer. Il primo microprocessore della storia viene costruito negli anni settanta e a capo del progetto che ne concepirà e ne realizzerà la struttura vi sarà Federico Faggin, laureato in fisica all'Università di Padova, che apporterà contributi fortemente innovativi sia a livello circuitale sia riguardanti la tecnologia degli integrati.

Per quanto riguarda invece il campo del software, termine che designa in contrapposizione al termine hardware tutti i componenti modificabili di un sistema, questo è essenzialmente costituito dall'insieme di tutti i programmi che possono essere impiegati su un sistema di elaborazione. In questo ambito, dalla programmazione legata alle caratteristiche fisiche della macchina si arriverà alla programmazione automatica nel 1958. Il primo di questi linguaggi è l'Algol, *algorithmic language*, che rappresenta il primo tentativo di realizzare un linguaggio per calcolatori che sia universale e internazionale. Da questo momento in poi i linguaggi originali saranno perfezionati e modificati in vari modi e ne verrà sviluppato un cospicuo numero di nuovi, in stretto collegamento con gli sviluppi della logica matematica: in questo caso si parla di teoria dei linguaggi con applicazione alle macchine, o anche di informatica teorica.

L'Italia, come si è osservato nel paragrafo precedente, aggancia la prima rivoluzione industriale con più di un secolo di ritardo. Infatti solo a partire dalla seconda metà dell'Ottocento inizierà lentamente a industrializzarsi, seguendo il percorso segnato dal primo paese a percorrere la via dell'industrializzazione nella seconda metà del Settecento, la Gran Bretagna. Non stupisce pertanto che anche le innovazioni tecnologiche basate sulla scienza, introdotte con la seconda rivoluzione industriale, faranno il loro ingresso con un certo ritardo nel territorio italiano, al contrario di quanto avviene in altri paesi «ritardatari», che saranno invece in grado di superare sorprendentemente il divario industriale ed economico accumulato negli anni. Va detto che le invenzioni avviate con la seconda rivoluzione industriale permettono all'Italia di svincolarsi da un ostacolo secolare al suo sviluppo, ovvero la scarsità di materie prime. La possibilità infatti di sviluppare succedanei di molte materie, come la gomma o il carbone, per realizzare prodotti fondamentali infonde grandi speranze nei paesi come l'Italia giunti in ritardo allo sviluppo industriale. Attraverso l'utilizzo dell'energia elettrica è possibile ottenere sostanziali miglioramenti in alcuni dei principali settori che caratterizzano lo sviluppo industriale nazionale. A parte l'impiego, con lo sviluppo dell'elettromeccanica, dell'elettricità per l'illuminazione e per l'alimentazione dei motori, nel campo siderurgico, per esempio, diviene possibile la produzione di ferro e di acciaio di elevata purezza. L'energia elettrica permetterà poi di ottenere l'alluminio dalla bauxite, e nel settore delle fibre artificiali di produrre il rayon, noto anche con il nome di «seta artificiale», del quale l'Italia diventerà il secondo produttore mondiale dopo gli Stati Uniti. Anche la chimica italiana punta fino alla seconda metà del Novecento sull'utilizzazione dei processi energetici alternativi a quelli basati sul carbone. Nel primo dopoguerra, inoltre, sull'onda dell'entusiasmo per i processi elettrolitici, il ramo principale dei prodotti chimici è rappresentato dalla fabbricazione di coloranti. In linea generale tuttavia la chimica continua a essere considerata principalmente un settore ausiliario dell'agricoltura, settore su cui si è sempre basata l'economia italiana prima del «boom» economico seguito al secondo dopoguerra: grazie a processi chimici è possibile produrre fertilizzanti, in grado di risparmiare le scarse risorse della terra accrescendone la produttività.

L'agricoltura, sia detto per inciso, subirà in generale nel Novecento innumerevoli progressi. Oltre all'impiego dei già menzionati fertilizzanti, la tecnologia delle produzioni agricole viene straordinariamente trasformata in particolar modo dalla meccanizzazione, e dai progressi

nel campo della selezione delle piante, grazie alla riscoperta, agli inizi del secolo, dei lavori di Mendel.

Sarà solo a partire dagli anni cinquanta che l'Italia andrà incontro a un processo di rapida industrializzazione e di eccezionale sviluppo economico. Diversi modelli sono stati sviluppati per individuare la causa trainante di uno sviluppo di così ampia portata. Si attribuisce alle esportazioni e all'apertura al mercato estero la fonte principale di tale rapida crescita. Altro fattore non trascurabile per il risanamento dell'economia sono gli aiuti derivati dal Piano Marshall, attivo dal 1942 al 1952, che verranno impiegati per completare la ricostruzione e rilanciare i trasporti, l'agricoltura, i lavori pubblici e l'industria. D'altra parte, come contraltare al Piano Marshall, si consoliderà una dipendenza dalle grandi imprese estere, in particolare statunitensi, che costituirà un *vulnus* allo sviluppo italiano di una strategia autonoma di ricerca e innovazione. Paradigmatico di questa situazione, che di fatto rende l'Italia una sorta di colonia di potenze straniere, è il cosiddetto «caso Mattei». Enrico Mattei, fondatore e primo presidente di Eni (Ente nazionale idrocarburi), si impegnerà in prima persona nella lotta allo sfruttamento oligopolistico delle risorse energetiche. A partire dagli anni quaranta infatti la produzione petrolifera mondiale è dominata dalle compagnie petrolifere anglo-americane, che Mattei battezza con il termine di «sette sorelle». Il presidente di Eni, in aperto contrasto con la struttura del mercato energetico mondiale, propugna l'autonomia energetica dell'Italia, indispensabile per garantire uno sviluppo economico e dunque politico del paese.

In ogni caso, sarà proprio a partire dal secondo dopoguerra che la ricerca scientifica insieme alla formazione professionale degli ingegneri diventano elementi essenziali del progresso tecnologico, quando i settori tecnologicamente all'avanguardia sono quelli dell'elettronica, dunque dei semiconduttori, e dei computer. A partire da questo momento infatti diviene indispensabile per le imprese disporre di abili ingegneri e tecnici dalla formazione prevalentemente universitaria e di una più qualificata manodopera per la produzione dei beni a elevato contenuto di tecnologia. Tuttavia va detto che i legami tra l'industria e le Facoltà di Ingegneria nel nostro paese sono ancora nella seconda metà del secolo relativamente modesti e così rimarranno fino al giorno d'oggi, come anche la formazione pratica presso i laboratori, molto lontana da quella impartita nelle università tedesche, francesi, britanniche e americane.

In generale dunque in Italia il raccordo che le università riescono a stabilire con le industrie locali e nazionali è ancora relativamente raro (solo

l'industria farmaceutica finanziaria in modo consistente l'università). Ciò è dovuto principalmente alla specificità delle competenze scientifiche richieste dalle industrie private e alla struttura e ai regolamenti dell'università italiana. Solo le università di Milano e di Torino, dove si svilupperanno politecnici di indiscusso livello internazionale, riusciranno a stabilire una maggiore collaborazione con le industrie: proprio grazie a queste collaborazioni potranno allestire laboratori di ricerca di buon livello. Di converso, è proprio la struttura industriale di Torino e Milano a favorire la nascita dei politecnici: non a caso nel Veneto questo non avverrà.

Questo non vuol dire che nel corso del Novecento non siano state prese in considerazione azioni che potessero ovviare a questa situazione. Tra queste vale la pena citare l'importante attività svolta dal Cnr, istituito nel 1923 con il compito, *inter alia*, «di svolgere, promuovere, diffondere, trasferire e valorizzare attività di ricerca nei principali settori di sviluppo delle conoscenze e delle loro applicazioni per lo sviluppo scientifico, tecnologico, economico e sociale del paese, perseguendo l'integrazione di discipline e tecnologie diffuse ed innovative anche attraverso accordi di collaborazione e programmi integrati». Attraverso la creazione e il consolidamento di una rete di legami necessari ad accrescere le capacità competitive del paese e a promuoverne quindi l'innovazione, il Consiglio nazionale delle ricerche si prefigge come obiettivo quello di incoraggiare la sinergia tra il sistema pubblico della ricerca, lo Stato e le imprese, a livello sia nazionale che internazionale. Non è un caso che sarà proprio con il Cnr, insieme al Politecnico di Milano e all'Università di Pisa, che l'Italia muoverà i primi passi nel calcolo elettronico e nell'informatica. La storia dell'informatica italiana, seppur iniziata in ritardo rispetto agli altri paesi, rappresenta uno dei primi esempi riusciti di collaborazione tra università e industria. Vediamo di ripercorrerne brevemente gli inizi. La realizzazione della Calcolatrice elettronica pisana (Cep), il terzo calcolatore sul suolo italiano, ha inizio nel 1954 e sarà portata a termine nel 1961. Si tratta di un momento fondamentale per la storia dell'informatica italiana, da cui il paese deriverà un rilevante bagaglio di esperienze industriali e scientifiche. Il progetto per la realizzazione della Cep viene fortemente incoraggiato da Enrico Fermi, che in una lettera indirizzata al rettore dell'Università di Pisa definisce la macchina «un mezzo di ricerca di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca». Viene dunque istituito presso l'Università di Pisa nel 1955 il Centro studi calcolatrici elettroniche (Csce), dal quale nasceranno l'Istituto per l'elaborazione dell'informazione del Cnr (Iei) e il Centro nazionale uni-

versitario di calcolo elettronico (Cnuce). Dal Cnuce deriverà poi l'Istituto di linguistica computazionale (Ilc), mentre da Iei e Cnuce prenderanno vita l'Istituto di scienza e tecnologie dell'informazione (Isti) e l'Istituto di informatica e telematica (Iit) del Cnr.

La calcolatrice pisana avrà importanti ricadute industriali quando Adriano Olivetti, il figlio del fondatore della Olivetti, la prima fabbrica italiana per macchine da scrivere, riconoscerà nel progetto una preziosa opportunità per specializzare i suoi tecnici e ingegneri nel settore del calcolo elettronico. Olivetti dunque offrirà all'Ateneo pisano non solo contributi economici ma anche la possibilità di assumere personale per la propria azienda. La sinergia in questo caso rivelerà vincente tra ricerca e industria porterà allo sviluppo della linea di calcolatori Elea, che purtroppo verrà poi ceduta alla statunitense General Electric dopo la morte di Adriano Olivetti.

Un esempio in qualche modo speculare, anche se più specifico, all'iniziativa pubblica del Cnr è la nascita a Milano del Centro informazioni studi esperienze (Cise). Il Cise sorge nel 1946 per iniziativa di Giuseppe Bolla, professore di fisica superiore a Milano, e di tre ricercatori, Mario Silvestri, Carlo Salvetti e Giorgio Salvini, allo scopo di studiare tutti i temi connessi allo sviluppo di nuove tecnologie energetiche per il comparto industriale, con particolare riferimento alle applicazioni dell'energia nucleare a scopi civili. Al Cise aderirono la Edison, la Fiat, la Cogne, la Società adriatica di elettricità (Sade), la Pirelli, la Falck e la Montecatini: insomma industrie pubbliche e private danno vita a una società di ricerca che entrerà nell'Enel dopo la nazionalizzazione del 1962.

L'intento del seguente paragrafo è quello di fornire una panoramica sull'insegnamento e la ricerca universitaria nell'ambito dell'ingegneria, regolamentati da un cospicuo numero di decreti e statuti che continuamente portano a un aggiornamento delle materie di studio, in linea con i sempre più rapidi progressi della scienza e della tecnica. Complessivamente si metterà in luce come le materie oggetto della professione e dunque dell'insegnamento e della ricerca, inizialmente confinate all'edilizia, alle infrastrutture civili, all'idraulica e, a partire dall'inizio del secolo, all'embrione dell'ingegneria industriale, oggi si estendano a tutti i settori dall'ingegneria dell'informazione fino all'ingegneria aerospaziale.

L'ingegneria a Padova nella prima metà del Novecento

All'inizio del secolo alcuni docenti della Scuola di applicazione per gli ingegneri possiedono già un'idea ben precisa del ruolo che la Scuola stessa

dovrebbe assumere nel processo di crescita della società e dell'economia venete e, più in generale, italiane. Ciò è testimoniato dall'impegno costante per aggiornare i programmi e proporre l'introduzione di nuovi corsi. A tale proposito, si fa sempre più viva la necessità di istituire anche a Padova una sezione industriale sul modello di Milano e Torino. D'altra parte ci si rende conto che nel territorio veneto mancano ancora quegli elementi in grado di assicurarne la riuscita. Verranno comunque introdotte negli anni alcune interessanti novità sul piano istituzionale che prepareranno la strada per gli straordinari sviluppi della seconda metà del secolo. Di queste novità riportiamo di seguito le più importanti, sottolineando l'opera di alcuni dei protagonisti della Scuola di applicazione per ingegneri, poi Istituto superiore di ingegneria e infine Facoltà di Ingegneria.

Ancora nei primi anni del Novecento uno dei settori di punta è l'idraulica. In questo campo l'eredità lasciata da Gustavo Bucchia e da Domenico Turazza sarà raccolta da Giacinto Turazza, figlio di Domenico. Giacinto Turazza è uno dei primi laureati della Scuola di applicazione per gli ingegneri nel 1876 e intraprende qui la sua intera carriera accademica, che percorre nel solco dell'antica tradizione idraulica veneta. In un primo momento assistente di Bucchia alla cattedra di costruzioni idrauliche, a partire dal 1888 verrà incaricato del suo insegnamento. Oltre a quello generale di idraulica, Turazza ricopre numerosi insegnamenti specialistici sempre in questo settore. Dal 1909 al 1919 sarà incaricato di un corso di idraulica agricola e bonificazioni, insegnamento al tempo ancora strettamente legato a un settore di ricerca fondamentale per lo sviluppo economico del territorio veneto. In linea con le proprie competenze specialistiche presta la sua consulenza a varie istituzioni e amministrazioni locali nell'ambito della modernizzazione dei servizi urbani e della regolazione del sistema fluviale. Vale la pena di notare che a Giacinto Turazza si rivolgerà anche il matematico Tullio Levi-Civita, che a lui chiederà una verifica sperimentale della sua teoria sul fenomeno della contrazione delle vene liquide, cioè la contrazione che si verifica quando un liquido esce da un'apertura circolare praticata nella parte inferiore di un contenitore riempito di liquido.

Il ruolo privilegiato dell'idraulica nel percorso degli studi è testimoniato dall'approvazione, con regio decreto 21 giugno 1908, n. 580, di un nuovo programma di studi, che prevede sempre il conseguimento del diploma in ingegneria civile, all'interno del quale vengono però introdotti due indirizzi, il generale e l'idraulico.

Un'altra notevole svolta che risale sempre ai primi anni del Novecento è rappresentata dall'ingresso delle discipline elettriche nella for-

mazione dell'ingegnere. Tra le materie di insegnamento del gruppo generale troviamo infatti l'insegnamento di elettrotecnica e misure elettriche, oltre a quello di architettura tecnica. Anche se in ritardo rispetto a ciò che sta accadendo nelle altre università dell'Italia nord-occidentale, viene infatti attivata a Padova nel 1903 la cattedra di elettrotecnica e a ricoprirla è chiamato Ferdinando Lori. Avendo maturato una robusta esperienza nel settore industriale a Roma, Lori riuscirà a organizzare il nuovo corso in maniera particolarmente efficace. I suoi insegnamenti sono impartiti in due anni di corso: il primo anno è dedicato ai fondamenti scientifici della materia, mentre il secondo alle applicazioni dell'elettricità, in particolare ai sistemi di distribuzione elettrica e alla telegrafia. Gli studenti possono inoltre completare la formazione in un apposito laboratorio provvisto dei principali strumenti necessari per l'apprendimento delle discipline, quali dinamo e accumulatori, che diventerà l'Istituto di elettrotecnica, di cui Lori sarà il primo direttore. Questi sarà inoltre cofondatore della rivista «L'Elettronica», che nascerà nel 1904. In quello stesso anno sorge per sua iniziativa la sezione veneta dell'Associazione elettrotecnica italiana.

In breve tempo gli insegnamenti inerenti alla fisica tecnica e all'elettrotecnica aumenteranno sempre di più, tanto che nel 1924 verrà fondato l'Istituto di fisica applicata ed elettrotecnica, che congloberà il Gabinetto di fisica tecnica e l'Istituto di elettrotecnica. Quest'ultimo, nato nel 1903, avrà una struttura più simile a quella di un gabinetto, come vedremo. L'Istituto di fisica applicata ed elettrotecnica si scinderà poi negli anni trenta in due istituti: l'Istituto di termotecnica e l'Istituto di elettrotecnica.

Tra il 1935 e il 1936 l'Istituto di termotecnica si specializzerà nello studio delle tecniche del freddo, a sostegno dell'attività agricola del Veneto per la conservazione dei prodotti dell'agricoltura, e le sue ricerche verranno congiuntamente supportate anche grazie ai mezzi forniti da enti locali. La punta di diamante in tale settore sarà l'opera svolta negli anni cinquanta da Balbino del Nunzio, professore di fisica tecnica, il quale promuoverà l'istituzione nel 1947 del Centro studi per le applicazioni del freddo presso l'Istituto di fisica tecnica di Padova, che a partire da questo momento diventerà un punto di riferimento nazionale dell'industria del freddo. Non stupisce pertanto il fatto che tale settore industriale andrà incontro a un notevole sviluppo proprio nelle zone limitrofe alla città di Padova. Già nel 1936 Balbino del Nunzio viene nominato presidente della commissione per l'applicazione del freddo nella conservazione delle derrate deperibili e nell'industria chi-

mica dell'Istituto internazionale del freddo e ricoprirà sempre in questo settore svariate cariche.

Per ciò che concerne l'Istituto di elettrotecnica, giova ricordare un'altra figura di spicco della storia dell'ingegneria padovana, Giovanni Someda, che sarà direttore dell'Istituto alla fine degli anni trenta. Studioso e tecnico di grande valore, Someda verrà più volte chiamato a ricoprire un ruolo di elevata responsabilità alla guida di enti culturali, società e industrie, pubbliche e private, a livello nazionale, a dimostrazione della stima e dell'autorevolezza di cui gode non solo per le sue capacità tecniche ma anche per la sua competenza e il suo intuito. Egli inizia giovanissimo l'attività di libero professionista nella nascente ingegneria elettrotecnica. Nel 1926 verrà poi chiamato a lavorare alle dipendenze della S. A. Industrie Chimiche del Veneto in qualità di responsabile dei servizi elettrici, esperienza che gli sarà in seguito di fondamentale utilità nello svolgimento dei corsi universitari. Nel 1939, dopo aver ricoperto la cattedra di elettrotecnica all'Università di Bologna, è chiamato a Padova sulla medesima cattedra dirigendo l'Istituto di elettrotecnica, incarico che terrà fino al suo collocamento a riposo nel 1976. Sarà proprio Someda a inaugurare nell'ambito dell'Istituto da lui diretto gli studi in elettronica, automatica e informatica, campi su cui svolgerà un'intensa attività di ricerca. Le parole dello stesso Someda ben inquadrano il collegamento dell'attività dell'istituto con l'ambiente industriale: «La costituzione della sezione di Ingegneria elettrotecnica aveva subito portato a più stretti rapporti con l'ambiente industriale; rapporti che hanno vari aspetti. Intendo alludere innanzi tutto alla partecipazione all'insegnamento di materie applicative di uomini del mondo tecnico». Una consuetudine dalla quale non solo trae beneficio l'insegnamento in senso stretto ma sorgono anche altri vantaggi. I frequenti incontri dei tecnici con i docenti e con gli assistenti daranno luogo a un costante scambio di idee dal quale deriveranno utili reciproci scambi di informazioni, oltre che stimoli a nuovi studi e a più rapide soluzioni dei problemi. Tra gli innumerevoli contributi di Someda, si ricorda che egli costruisce nel 1937 per Bruno Rossi (cfr. il capitolo II) un potente e raffinato elettromagnete con il quale originariamente si intendeva studiare le particelle cariche provenienti direttamente dai raggi cosmici oppure dall'acceleratore da un milione di Volt progettato sempre da Rossi. Tuttavia, la forzata partenza di Rossi a causa delle leggi fasciste sulla razza farà sì che l'elettromagnete, all'epoca della sua costruzione al passo con i migliori elettromagneti disponibili in Europa, verrà utilizzato solo nel secondo dopoguerra al Laboratorio del Fedaia

per lo studio dei raggi cosmici e successivamente nell'ambito degli esperimenti di fisica delle basse temperature. È possibile ammirare oggi l'elettromagnete nel cortile accanto all'ingresso principale del Dipartimento di Fisica e Astronomia di via Marzolo. Giovanni Smeda sarà maestro e relatore di tesi di un altro eminente personaggio della Facoltà di Ingegneria, Antonio Lepschy, di cui si parlerà tra breve, uno dei protagonisti dello sviluppo dell'automazione in Italia.

Un'altra area tematica che riceve sempre più attenzione nei primi anni del Novecento è la chimica industriale. Nel 1921 viene infatti costituito l'Istituto sperimentale autonomo di chimica industriale, nel quale confluiscono i Gabinetti di chimica docimastica (istituito nel 1883) e di chimica metallurgica e metallografica (avviato nel 1920). Sarà chiamato a dirigere il nuovo istituto nel 1922 Gualtiero Poma che, avendo lavorato presso prestigiosi laboratori europei e avendo già maturato esperienze di docenza in chimica fisica, possiede ottime competenze in materia. Purtroppo a causa della sua prematura morte ricoprirà l'incarico solo due anni, come riporta Giuseppe Bruni, amico e collega, nella sua commemorazione: «Chiamato a dirigere il nuovo Istituto di chimica industriale presso la Scuola degli ingegneri di Padova vi aveva iniziato da due anni l'insegnamento e divideva la sua febbrile attività tra la Scuola e la fabbrica». Poma ricopre infatti, congiuntamente all'incarico universitario, un importante ruolo nella direzione tecnica delle Fabbriche italiane materie coloranti Bonelli, di cui diviene uno dei consiglieri delegati. L'Istituto di chimica industriale passerà nel 1923 alle dipendenze della Scuola di applicazione per gli ingegneri e nello stesso anno un'intera ala viene dedicata alla Sezione sperimentale zuccheri, creata con il concorso del Gruppo saccarifero veneto allo scopo di svolgere gli studi riguardanti la fabbricazione dello zucchero e l'utilizzo dei suoi sottoprodotti.

Nel solco tracciato da Enrico Bernardi nel campo della meccanica applicata proseguirà il suo successore, Carlo Parvopassu, che ricoprirà la cattedra autonoma di meccanica applicata alle costruzioni ed alle macchine, istituita nel 1910; per questo in quell'anno il Gabinetto di macchine, con annessa officina corredata di macchine utensili per la costruzione, la riparazione e la manutenzione di strumenti della Scuola, si distacca dal Gabinetto di meccanica applicata. Va detto tuttavia che, a differenza di Bernardi, Parvopassu è più specializzato nella meccanica applicata alle costruzioni che non alle macchine. Prima di giungere a Padova, Parvopassu ha già conseguito numerosi successi sul piano professionale. Formatosi presso la Scuola di applicazione di Roma, è

consulente di importanti costruzioni, e si dedica contemporaneamente alla pubblicazione di notevoli memorie su svariati argomenti riguardanti elasticità e resistenza dei materiali e tecnica delle costruzioni. Parvopassu compie poi una serie di viaggi all'estero per visitare i principali istituti scientifici di quasi tutte le università e i politecnici d'Europa. Tra i suoi innumerevoli incarichi e riconoscimenti menzioniamo l'incarico, da parte del presidente della Società degli ingegneri ed architetti italiani, di intervenire in rappresentanza della Società presso la Institution of Civil Engineers di Londra. Argomento dell'intervento sono le grandi opere in cemento armato che si stanno realizzando in Italia in quegli anni. Membro dell'Associazione internazionale per lo studio dei materiali e del Cnr, Parvopassu eserciterà un ruolo sempre più influente all'interno della Scuola di applicazione per gli ingegneri, dove insegnerà per quarant'anni e della quale sarà direttore dal 1925 al 1929. In questo periodo vari gabinetti e laboratori verranno aggregati in istituti scientifici. In particolare, nel 1924, la fusione del Gabinetto di statica grafica e del Gabinetto di meccanica applicata darà vita all'Istituto di meccanica applicata e annesso Regio Laboratorio per le prove dei materiali da costruzione, di cui Parvopassu fornirà un dettagliato resoconto nella memoria pubblicata nel 1933, dal titolo *L'Istituto di meccanica applicata ed annesso r. laboratorio sperimentale per la prova dei materiali da costruzione nella r. scuola di ingegneria di Padova: notizie e cenni descrittivi*. Inoltre coordinerà e dirigerà un gruppo di insegnamenti di discipline aeronautiche. A questo proposito vale la pena di menzionare che presso l'Istituto di macchine sono conservati, oltre ai modelli delle macchine di Bernardi, i disegni dell'aeronave di Pasquale Cordenons, e del motore a scoppio per la propulsione dell'aeronave medesima. Come scriverà in seguito nella sua commemorazione Dante Bonvicini, titolare della medesima cattedra dal 1952 (poi denominata scienza delle costruzioni), Parvopassu si dedicherà fino al 1935 a «dare un nuovo assetto alla nuova sede dell'Istituto di Meccanica applicata, e sopra tutto a rinnovare l'attrezzatura del già ricordato Laboratorio sperimentale per la prova dei materiali da costruzione, riconosciuto come laboratorio ufficiale dello Stato; il quale divenne così per Suo merito uno dei primi in Italia, in grado di soddisfare ad ogni richiesta di esperienze non solo sui materiali, ma anche su parti di costruzioni ed organi di macchine, o su modelli. Dalle assidue cure per tale laboratorio Egli non cessò finché non dovette abbandonarne la direzione per superati limiti d'età, nell'intento di mantenerlo sempre adeguato al rapido progresso della tecnica delle costruzioni e di quella della speri-

mentazione. Macchine ed apparecchi furono da Lui per particolari scopi ideati, e commessi espressamente alle ditte produttrici».

Concludiamo questa prima sezione con alcune riflessioni su altre discipline – insegnamenti agronomici, costruzioni civili e rurali e architettura tecnica –, insegnamenti di più lunga tradizione e a cui sarà comunque riservata particolare cura nel corso del XX secolo. Sebbene siano altri gli insegnamenti che caratterizzano sempre più nettamente la formazione dell'ingegnere, la preparazione degli studenti nelle discipline agronomiche e nelle tecniche di misurazione e stima dei poteri non viene trascurata. La modernizzazione delle tecniche di produzione nelle campagne, divenuta improrogabile, porta a una domanda di ampliamento delle conoscenze dell'ingegnere agronomo. Una richiesta in tal senso verrà fatta da Leopoldo di Muro che in una nota inviata al direttore della Scuola di applicazione per gli ingegneri nel 1914 scrive: «Si richiedono estese cognizioni di agrologia, di meteorologia agraria, di meccanica agraria descrittiva; altre sui concimi, sulle concimazioni, sulle rotazioni e sulle consociazioni agrarie; altre ancora sulla moltiplicazione, riproduzione, potazione, produttività delle piante ed infine bisogna conoscere i molteplici lavori agricoli richiesti dalle singole coltivazioni dominanti per mettere in grado il perito di conteggiare i costi di produzione». La richiesta di di Muro verrà effettivamente accolta nel 1915 dal Consiglio direttivo della Scuola. Sempre a supporto delle discipline agrarie verranno via via introdotti nuovi insegnamenti anche nel settore idraulico, tra cui quello di idraulica agricola e bonificazioni.

A fianco della figura di esperto in grandi costruzioni pubbliche, la Scuola di applicazione per ingegneri continua a preparare l'ingegnere addetto all'edilizia civile. Fin dal momento della sua costituzione i corsi fondamentali per il percorso degli studi in ingegneria civile sono costruzioni civili e rurali e architettura tecnica. Il primo riguarda principalmente i materiali da costruzione, la cui struttura è descritta ora negli insegnamenti di chimica docimastica, mineralogia e geologia applicata, che forniscono inoltre nozioni sulle tecniche di costruzione. Per quanto riguarda il secondo corso, gli studenti vengono formati a realizzare progetti di abitazioni civili. Successore di Giovanni Zambler sulla cattedra di architettura tecnica è Daniele Donghi, che manterrà l'incarico dall'anno accademico 1908-09 all'anno accademico 1923-24.

Anche Donghi sarà una figura di spicco nell'Ateneo patavino. Laureato nel 1883 alla Scuola di applicazione per ingegneri di Torino, Donghi aveva lavorato nell'Ufficio lavori pubblici del Municipio della medesima città. Le sue attività riguardavano fin dagli esordi la progetta-

zione per il Comune e per i privati, la pubblicistica tecnica e la stesura di manuali per l'architettura, con un interesse particolare per l'utilizzo del cemento armato. Dal 1896 al 1900 Donghi lavora nell'Ufficio lavori pubblici di Padova, e dal 1904 al 1913 è capo dell'Ufficio tecnico di Venezia. A Venezia si distingue per la realizzazione di vari progetti di rilievo, anche se probabilmente l'intervento che gli darà particolare fama sarà la sua partecipazione alla ricostruzione del campanile di San Marco, crollato nel 1902. Nel 1907 ottiene la libera docenza in architettura tecnica al Politecnico di Milano. Incaricato, come si è detto, dell'insegnamento di architettura tecnica nel 1908 presso la Scuola di applicazione per gli ingegneri di Padova, vince nel 1910 a Padova il concorso per l'ordinariato nella stessa disciplina. Fondatore e direttore di due periodici, «Memorie di un architetto» (1890-95) e «L'Architettura pratica» (1899-1906), Donghi è curatore del *Manuale dell'architetto*, una fondamentale opera editoriale a cui aveva dedicato decenni di lavoro: le dispense che la costituiscono, pubblicate via via, vengono raccolte in 10 volumi e pubblicate tra il 1925 e il 1935. Quest'opera è la prima di questa rilevanza nel panorama editoriale italiano.

Oltre alle sue importanti attività di progettista svolte in varie città venete, tra la fine dell'Ottocento e i primi decenni del Novecento, Donghi diventerà uno dei principali protagonisti del rinnovamento urbanistico nel centro universitario patavino, come vedremo.

*Il complesso di via Loredan progettato
da Daniele Donghi*

La pur recente nuova sede della Scuola di applicazione per gli ingegneri alle Porte Contarine diviene ben presto insufficiente, data la necessità di sempre più ampi spazi per la sistemazione dei laboratori e degli istituti e di più ampie aule dove svolgere le lezioni. Il processo di espansione a cui andrà incontro l'Università di Padova a partire dai primi anni del Novecento coinvolgerà inevitabilmente anche la Scuola di applicazione per ingegneri. Sarà uno sviluppo di notevole peso, «non breve né facile né è stata la gestazione, come non breve né facile né è stato poi il compimento». Il progetto della nuova sede del complesso di Ingegneria viene affidato a Daniele Donghi, che darà definitiva forma all'attuale complesso edilizio. Un primo progetto per un padiglione che avrebbe dovuto ospitare gli Istituti di elettrotecnica e di fisica tecnica risale al 1910, «al quale avrebbero dovuto aggiungersi padiglioni consimili per gli altri insegnamenti», e viene fatto eseguire da Ferdinando Lori, al tempo direttore della Scuola. Il primo fabbricato a essere

costruito è quello che ospita gli Istituti di idraulica e di elettrotecnica, ultimato nel 1915. Tuttavia questo fabbricato verrà immediatamente occupato dall'autorità militare durante il primo conflitto mondiale, destino comune a tutti i complessi edilizi di via Loredan. Sarà dunque solo nell'anno accademico 1919-20 che gli istituti potranno essere trasferiti nel primo nuovo complesso. Da quel momento in poi i lavori di costruzione del fabbricato gemello, sempre progettato da Donghi, si fondono in un unico ampio cantiere. I lavori vengono definitivamente ultimati nel 1929 e in quell'anno tutta la Scuola può trasferirsi dalla precedente sede alle Porte Contarine, anche se solo nel 1931, terminata la costruzione degli ultimi edifici destinati all'amministrazione e alla direzione, si avrà l'effettiva conclusione dell'opera. L'elemento distintivo dell'intero progetto, oltre alla monumentalità dell'opera stessa, è l'isolamento della Scuola rispetto al tessuto urbano, che sarà comune ad altri insediamenti universitari.

Il nucleo centrale della sede è così costituito, ma il processo di ampliamento e di trasformazione edilizia investirà tutto il Novecento fino a raggiungere la fisionomia attuale. Nella relazione di Donghi è contenuta una puntuale disamina degli istituti scientifici, della loro storia e delle loro finalità, a cui sarà dedicato ampio spazio nell'ultimo paragrafo relativo ai gabinetti e agli istituti tecnico-scientifici.

Importanti cambiamenti istituzionali

Prima di vedere più da vicino l'evoluzione degli insegnamenti e la ristrutturazione dei vari piani di studio conseguente al crescente sviluppo tecnologico della seconda metà del secolo, ci soffermiamo su alcuni cambiamenti istituzionali, fondamentali per comprendere l'origine dell'attuale articolazione dei vari percorsi disciplinari. Ci si focalizzerà solamente su alcuni dei più importanti provvedimenti legislativi di questo periodo, proprio perché essi sono lo specchio delle diverse modifiche avvenute nella storia istituzionale, civile e politica dell'Università.

Si è già citato il nuovo programma approvato con decreto del 21 giugno 1908, n. 580, che prevede il conseguimento del diploma in ingegneria civile, all'interno del quale vengono introdotti due indirizzi, il generale e l'idraulico. Tra le materie di insegnamento del gruppo generale si sono già menzionate l'elettrotecnica, le misure elettriche e l'architettura tecnica. Per quanto concerne invece il gruppo idraulico, vengono impartiti gli insegnamenti di idraulica fluviale e marittima, idraulica agricola e forestale e bonificazioni, e macchinari idraulici. L'insegnamento di idraulica industriale ed impianti idroelettrici è invece comune ai due percorsi. Il

completamento del percorso di studi porta al conferimento del diploma. Va detto infatti che il termine *laurea* figurerà per la prima volta per il titolo ottenuto nelle scuole di applicazione solo in seguito all'emanazione del regio decreto 6 settembre 1913, n. 1242, evidente segnale della crescente importanza riconosciuta alla figura dell'ingegnere dalla formazione universitaria. Tale decreto prevede per tutte le scuole di applicazione la possibilità di laureare sia in ingegneria civile sia in ingegneria industriale, anche se a Padova la distinzione tra ingegneria civile e ingegneria industriale verrà introdotta solamente nel 1926 con l'entrata in vigore del regio decreto emanato il 14 ottobre 1926, n. 2270, di cui riportiamo un estratto dell'art. 1: «La Regia Scuola di Ingegneria di Padova ha per fine di impartire l'istruzione scientifica e tecnica necessaria per conseguire le lauree in ingegneria civile e ingegneria industriale, di provvedere al perfezionamento degli ingegneri e di altri laureati in taluni rami delle discipline tecniche, di promuovere lo sviluppo nel campo dell'ingegneria, e di studiare, dal punto di vista scientifico-tecnico, i problemi relativi alla conoscenza ed utilizzazione delle risorse italiane con speciale riguardo a quelle della regione veneta». Il modo in cui Padova si uniformerà alle nuove disposizioni è una chiara testimonianza di una saldatura sempre più forte tra l'evoluzione della formazione universitaria dell'ingegnere e il crescente sviluppo economico.

Un'altra importante novità istituzionale si ha nell'anno accademico 1923-24 in virtù del regio decreto 30 settembre 1923, n. 2102 (riforma Gentile): la Scuola viene costituita in Istituto autonomo d'istruzione superiore (che cambierà poi denominazione in Regio istituto superiore di ingegneria nel 1933-34).

Nuove ramificazioni per i percorsi di laurea compaiono alla fine degli anni venti: l'ingegneria civile si divide nei tre settori dell'edilizia, dei ponti e strade e dell'idraulica; l'ingegneria industriale si divide nei tre settori della chimica, dell'elettrotecnica e della meccanica. Dunque dagli anni trenta si assiste a una proliferazione di percorsi di studi dovuta a una progressiva specializzazione delle discipline tecnico-scientifiche che raggiungerà l'apice durante la seconda metà del secolo. L'autonomia dell'Istituto di ingegneria verrà infine a cessare con l'emanazione del regio decreto 27 ottobre 1935, n. 2123, che prevede l'istituzione della Facoltà di Ingegneria aggregata all'Università di Padova. In esso si legge: «A decorrere dal 29 ottobre 1935 il Regio istituto superiore d'ingegneria di Padova è aggregato alla Regia Università della stessa sede, costituendo la Facoltà d'ingegneria». Rimane nell'organizzazione un biennio di studi teorici da svolgersi presso la Facoltà di Scienze ma-

tematiche, fisiche e naturali, mentre per quanto riguarda il triennio di studi di applicazione troviamo al suo interno tre sezioni distinte: alle preesistenti sezioni di ingegneria civile e ingegneria industriale si aggiunge la sezione di ingegneria chimica. All'insegnamento di ingegneria chimica pertanto, un tempo subordinato a quello di ingegneria industriale, viene dedicato ora un percorso di laurea autonomo.

L'ingegneria a Padova dalla seconda metà del Novecento a oggi

A partire dalla seconda metà del XX secolo il numero degli insegnamenti tenuti nella Facoltà di Ingegneria subisce un forte incremento. Motivato innanzitutto dagli sviluppi tecnologici, che richiedono un ampliamento della preparazione scientifica di base e di quella specialistica. In secondo luogo, la crescita del numero di insegnamenti è legata alla liberalizzazione dell'accesso all'università, di cui si è parlato nel capitolo I (legge Codignola del 1969), che porta a un improvviso aumento della popolazione studentesca. È possibile ripercorrere le principali tappe di questo processo menzionando i più importanti provvedimenti istituzionali, che ben inquadrano la sempre più complessa articolazione disciplinare.

Il 31 gennaio 1960 entra in vigore il decreto del presidente della Repubblica, n. 53, relativo alle lauree in Ingegneria, attuato nella Facoltà di Padova nel 1962, che prevede cinque percorsi diversi di laurea e precisamente in Ingegneria civile, Ingegneria meccanica, Ingegneria chimica, Ingegneria elettrotecnica e Ingegneria elettronica. Da notare che per la prima volta vengono conferite le lauree anche in questi ultimi due settori. Inoltre, sempre a partire dal 1962, il biennio propedeutico entra a far parte a tutti gli effetti della Facoltà di Ingegneria. L'ordinamento rimarrà pressoché immutato fino agli anni ottanta.

Nel 1989 con la riforma Ruberti vengono introdotti numerosi nuovi corsi di laurea, di cui parleremo tra breve, tra i quali Ingegneria per l'ambiente e il territorio, Ingegneria edile, Ingegneria gestionale, Ingegneria informatica, Ingegneria dei materiali, Ingegneria delle telecomunicazioni e Ingegneria aerospaziale. Dopo una serie di modifiche e aggiustamenti conseguenti all'approvazione di ulteriori decreti che si susseguono a ritmo incalzante negli anni, con l'entrata in vigore della legge del 30 dicembre 2010, n. 240 (riforma Gelmini), la struttura organizzativa acquisterà l'attuale fisionomia. A partire dal 2013 la Facoltà di Ingegneria viene sostituita dalla Scuola di Ingegneria. È bene specificare che oggi le finalità della Scuola risultano profondamente modificate ri-

spetto alla struttura originaria della Facoltà, come avviene per tutte le scuole attivate con la riforma Gelmini, nondimeno si riconoscono i segni della sua lunga tradizione. Per mettere in luce il vincente connubio tra tradizione e innovazione che caratterizza oggi la formazione degli aspiranti ingegneri, ripercorriamo la storia degli attuali dipartimenti che afferiscono alla Scuola di Ingegneria, seguendo il progressivo ingresso di nuove materie nel piano degli studi, in parallelo con gli eccezionali sviluppi che la scienza e la tecnica stanno compiendo.

La Scuola comprende oggi i Dipartimenti di Ingegneria civile, edile ed ambientale (Dicea), di Ingegneria industriale (Dii), di Tecnica e gestione dei sistemi industriali (Dtg) e di Ingegneria dell'informazione (Dei), ai quali si affiancano il Dipartimento di Matematica (Dm) e il Dipartimento di Fisica e Astronomia «Galileo Galilei» (Dfa), per le materie di base.

In primo luogo prendiamo in considerazione il Dipartimento di Ingegneria civile, edile ed ambientale. Per completare il breve quadro storico tracciato finora, ricordiamo che nel 1962 l'Istituto di meccanica applicata verrà suddiviso nell'Istituto di scienza delle costruzioni, con annesso laboratorio sperimentale per le prove sui materiali da costruzione, e nell'Istituto di meccanica applicata alle macchine. La direzione del primo verrà assunta in quell'anno dal professor Bruno Dall'Aglio, docente appunto di scienza delle costruzioni. Dall'Aglio ricoprirà anche la carica di preside della Facoltà di Ingegneria dal 1978 al 1980.

Il Dicea raccoglie oggi l'eredità di tutti coloro che fanno ricerca e didattica nel campo dei trasporti, dell'idraulica e dell'architettura civile, a cui si aggiunge il recente ingresso delle discipline ambientali. Il Dipartimento custodisce inoltre il patrimonio storico, scientifico e tecnologico prodotto nell'Ateneo patavino negli ambiti di didattica e ricerca a esso afferenti. Sottolineiamo che a fianco delle tematiche di ricerca più tradizionali, ampio spazio è riservato anche agli aspetti interdisciplinari. Esemplificativo è lo sviluppo del settore dei metodi computazionali e della modellazione numerica, che permettono di ottenere accurate simulazioni di processi che regolano gli ambiti delle costruzioni civili e industriali ma che possono essere applicati anche ad altri settori di ricerca.

Passiamo ora all'attuale Dipartimento di Ingegneria industriale, che nasce dall'unione, nel 2012, di sei differenti dipartimenti (il Dipartimento di Ingegneria meccanica, di Processi chimici dell'ingegneria, di Fisica tecnica, di Ingegneria elettrica, di Principi e Impianti di ingegneria chimica «I. Sorgato» e Dipartimento di Innovazione meccanica e

gestionale) e rappresenta un polo per la formazione e la ricerca in numerose branche dell'ingegneria, quali l'ingegneria chimica, elettrica, dell'energia, meccanica, dei materiali e aerospaziale. Per quanto riguarda quest'ultimo settore, una delle figure di spicco è Giuseppe (detto Bepi) Colombo, matematico, fisico, astronomo e ingegnere, pioniere italiano dell'esplorazione spaziale e professore dell'Università di Padova. Grazie ai suoi straordinari lavori nell'ambito della meccanica celeste, Colombo contribuirà a dare lustro all'Ateneo patavino, lasciando un'indelebile impronta nella storia dell'ingegneria aerospaziale. Compiuti i primi studi nella città di Padova, che gli dà i natali, Colombo si laurea in Matematica presso l'Università di Pisa nel 1943, e farà successivamente ritorno a Padova prima in qualità di assistente e poi di professore incaricato di meccanica razionale. Nel 1955 diviene professore ordinario di meccanica applicata presso la Facoltà di Ingegneria di Padova; sarà poi chiamato nel 1961 sempre dalla Facoltà di Ingegneria a ricoprire la cattedra di meccanica delle vibrazioni, prima cattedra italiana nel suo genere, e nello stesso anno gli viene affidato l'insegnamento di meccanica celeste nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali. Dal 1962 Colombo sarà direttore dell'Istituto di meccanica applicata e dal 1982 occuperà la cattedra di vettori e veicoli spaziali nella Facoltà di Ingegneria. Svolgerà attività di ricerca nel settore aerospaziale al Mit, al California Institute of Technology (Caltech), allo Smithsonian Astrophysical Observatory del Massachusetts, all'Harvard College Observatory, al Jet Propulsion Laboratory di Pasadena, diventando ben presto consulente dei maggiori centri spaziali degli Stati Uniti (tra i quali la Nasa), oltre che membro di comitati scientifici del Cnr e di varie commissioni consultive di accademie nazionali e internazionali. Per quanto riguarda i suoi maggiori contributi, ricordiamo gli studi sull'accoppiamento spin-orbita di Mercurio, che hanno permesso alla sonda americana *Mariner 10* di compiere passaggi ravvicinati attorno al pianeta tra il 1974 e il 1975. Colombo svolgerà poi un importante ruolo nella promozione di applicazioni dell'idea di un nuovo tipo di radiometro gravitazionale orbitante, e nell'interpretazione della variazione di luminosità azimutale dell'anello A di Saturno visto come una struttura a spirale. Il suo nome è anche legato al progetto fortemente innovativo del «satellite al guinzaglio» (il cosiddetto «Tethered Satellite System»), ovvero di un satellite collegato tramite un filo al veicolo spaziale principale. Dopo svariati studi e un'attenta analisi sulla sua realizzazione, nel 1992 viene lanciato in orbita il primo satellite al guinzaglio (*TSS-1*) durante la missione STS-46 sullo *Space Shuttle*

Atlantis. La fisica dei sistemi al guinzaglio è anche alla base delle ricerche sullo sviluppo dei cosiddetti «ascensori spaziali», ovvero strutture in grado di fornire un collegamento diretto tra la superficie terrestre e lo spazio senza far uso della propulsione a razzo. La loro realizzazione è ancora oggi oggetto di complessi studi di fattibilità. Insignito di numerose onorificenze e riconoscimenti nazionali e internazionali, il suo nome è stato utilizzato nel 2015 dall'Agenzia spaziale europea per denominare la missione verso Mercurio.

La Scuola spaziale a Padova, di tradizione trentennale, trae origine senza dubbio dall'opera di Giuseppe Colombo. Ma sicuramente accanto a Colombo c'è anche Leonida Rosino, di cui abbiamo parlato nel capitolo II, e i suoi allievi. Si deve a Rosino l'istituzione del primo corso di laurea in Astronomia in Italia, con decreto del presidente della Repubblica del 25 maggio 1968, n. 780. Colombo, Rosino e i loro allievi e collaboratori costituiscono il primo nucleo del folto gruppo di docenti dell'Università di Padova che opera da anni nel campo dell'ingegneria aerospaziale e che è coinvolto in numerosi programmi internazionali. A Padova è attivo dal 1993, primo in Italia, un dottorato di ricerca in scienze, tecnologie e misure spaziali. E sempre a Padova prende vita nel 1991 il Centro di Ateneo di studi e attività spaziali intitolato a «Giuseppe Colombo» (Cisas), con lo scopo di promuovere, coordinare e svolgere ricerche e attività spaziali per favorire il collegamento tra la ricerca applicata e l'attività industriale con il contributo di vari settori disciplinari (dall'ingegneria meccanica ed elettronica, alla fisica e astronomia fino alla geologia). L'iniziativa per l'istituzione del centro prende forma concreta già qualche anno prima, nel 1988. In quell'anno si incontrano alcuni professori dell'Ateneo animati dal comune intento di dare vita a una struttura interdisciplinare in grado di raccogliere competenze delle diverse facoltà e fornire conoscenze specifiche sia all'Agenzia spaziale italiana (creata nello stesso anno), sia al mondo dell'industria, sempre più impegnato nella ricerca nel campo aerospaziale secondo l'eredità di Colombo. Attraverso le ricerche spaziali e grazie all'istituzione del dottorato in scienze tecnologie e misure spaziali, il Centro mira a contribuire alla formazione di laureati e ricercatori con una preparazione fortemente multidisciplinare, costituendo un importante esempio nel panorama della ricerca aerospaziale nazionale e internazionale.

Sempre per quanto riguarda il Dipartimento di Ingegneria industriale, citiamo tra i corsi di laurea triennale, quello di Ingegneria dell'energia, attivato nel 2008 e nato dall'accorpamento di due corsi preesistenti, Ingegneria energetica e Ingegneria elettrotecnica. A tale ambi-

to disciplinare sono inoltre dedicati due corsi di laurea magistrale, denominati Ingegneria energetica e Ingegneria elettrica (fonti relative all'anno accademico 2013-14). Nel Dipartimento si svolgono inoltre attività di ricerca nell'ambito dei processi industriali e dei materiali. A queste tematiche è dedicato un corso di laurea triennale in Ingegneria chimica e dei materiali, propedeutico ai due possibili percorsi di laurea magistrale, in Ingegneria chimica e dei processi industriali e in Ingegneria dei materiali. Questi settori sono nati con l'intento di impiegare nel mondo dell'industria le acquisizioni teoriche nell'ambito dei processi chimici. Oggi essi si sono consolidati in una disciplina autonoma, che coinvolge processi industriali un tempo non riconosciuti affini alla chimica (come l'industria farmaceutica, i processi di trattamento degli inquinanti e la sicurezza industriale).

L'attività di ricerca nell'ambito dell'ingegneria industriale si dispiega dunque in variegati settori riconducibili alla meccanica, alla chimica, alla gestione industriale e all'elettrotecnica. Con gli anni questi ambiti si sono ulteriormente differenziati andando a individuare settori di competenza più avanzati e moderni. Storicamente le ricerche nell'area industriale erano associate al mondo dell'industria: emblematico è il caso dell'insegnamento di macchine ma anche di elettrotecnica, che hanno da subito portato a rapporti stretti con le industrie, assecondando le esigenze del sistema produttivo. Pur avendo mantenuto questa originale connotazione, il campo delle applicazioni si è via via esteso ad aree più differenziate, quali società di servizi, enti pubblici o privati e centri di ricerca.

Veniamo al Dipartimento di Tecnica e gestione dei sistemi industriali, istituito nel 1998 a Vicenza (sede distaccata dell'Università di Padova) sulle orme dell'Istituto di ingegneria gestionale. Lo stesso Istituto è di fondazione relativamente recente (1990), e legato all'attivazione del corso di laurea in Ingegneria gestionale, primo in Italia. Le attività del Dipartimento di Tecnica e gestione dei sistemi industriali coprono le aree dell'ingegneria industriale e di quella economico-gestionale con lo scopo di combinarne le competenze per permettere ai futuri ingegneri di affrontare problemi complessi di natura interdisciplinare, sviluppando nuovi prodotti, materiali e processi produttivi e organizzativi. Senza penalizzare eccessivamente l'acquisizione di competenze di base, il percorso di formazione offre una specializzazione nelle materie economiche e gestionali, che diviene un caratteristico elemento di differenziazione di questa figura da quella degli altri ingegneri. Accanto al percorso di formazione in Ingegneria gestionale, ci sono altri due percorsi: quello in Ingegneria dell'innovazione del prodotto, finalizza-

to allo studio, alla progettazione e alla realizzazione di nuovi prodotti e dei relativi processi industriali; quello di Ingegneria meccatronica, finalizzato alla progettazione, alla produzione e alla manutenzione di prodotti che hanno sia componenti meccanici che elettronici.

Un più ampio approfondimento merita il Dipartimento di Ingegneria dell'informazione, istituito nel 2002, che ci darà l'occasione di parlare di alcuni insegnamenti di più recente istituzione. Il Dipartimento affonda le sue radici, oltre che nel Dipartimento di Ingegneria elettrica, nell'Istituto di elettrotecnica e di elettronica (che a sua volta trae le sue origini dalla cattedra di elettrotecnica istituita nel 1903). Come conseguenza dell'applicazione della legge del 1980 (d.p.r. 11 luglio 1980, n. 382), l'Istituto di elettrotecnica e di elettronica viene infatti scisso nel Dipartimento di Ingegneria elettrica e nel Dipartimento di Ingegneria elettronica e informatica (Dei). Sarà proprio da quest'ultimo, inaugurato nel 1987, che deriverà il Dipartimento di Ingegneria dell'informazione, il cui acronimo resta comunque quello originario, Dei.

Per tutti gli anni cinquanta la ricerca e l'attività didattica vertono principalmente sui settori dell'ingegneria elettrica. Tuttavia, a partire dagli anni sessanta, acquistano un peso crescente anche temi legati all'elettronica e alle telecomunicazioni, insieme alle nuove discipline di controlli automatici e informatica, e più di recente l'ingegneria biomedica, la fisica elettronica, l'ottica e l'elettronica quantistica. Manca ancora, anche a causa della sua vita relativamente breve, una storia della nascita e degli sviluppi del Dei a Padova. Ne forniamo di seguito alcuni primi elementi, sottolineando il ruolo svolto da alcune figure.

In una prima fase, con riferimento ai settori dell'elettrotecnica e dell'elettronica, sarà decisiva l'azione di Giovanni Someda che, consapevole degli enormi sviluppi che si stanno compiendo nell'ambito dell'elettronica, si prodigherà a istituire nel 1960 il corso di laurea in Ingegneria elettronica. Someda sarà inoltre il mentore di un altro personaggio di rilievo nella storia dell'ingegneria padovana, Lorenzo Maranesi. Maranesi, dopo aver conseguito nel 1947 la laurea in Ingegneria industriale elettrotecnica, sarà da subito collaboratore di Someda presso l'Istituto di elettrotecnica. Nel campo delle sue ricerche rivestirà ruoli di prestigio a livello nazionale, lavorando tra l'altro presso i laboratori di Frascati del Comitato nazionale per le ricerche nucleari e presso l'Istituto elettrotecnico nazionale Ferraris di Torino. Tornato a Padova nel 1969 gli verrà assegnata la cattedra di elettrotecnica. Maranesi sarà poi direttore dell'Istituto di elettrotecnica ed elettronica dal 1974 al 1981 e preside della Facoltà di Ingegneria dal 1981 al 1984.

In parallelo, per quanto riguarda in particolare l'introduzione dell'automazione, una delle figure di riferimento sarà quella di Antonio Lepschy, che inizierà a occuparsi, tra i primi in Italia, di teoria dei sistemi e di controllo automatico insieme alle loro applicazioni. Su questi temi verterà la maggior parte della sua attività di ricerca. Il suo nome rientra sicuramente nel novero dei protagonisti italiani della storia dell'automatica, uno dei settori che, pur affondando le sue radici in un lontano passato, diventa un settore di eccellenza culturale e scientifica solo a partire dalla metà del Novecento.

Lepschy si impegna a far sì che questo settore di ricerca venga conosciuto e recepito dalla comunità scientifica e tecnica italiana e darà un resoconto dettagliato della sua storia in varie pubblicazioni. Utilizzando le parole dello stesso Lepschy, possiamo dare una concisa definizione del termine «automazione», coniato verso la fine degli anni quaranta a partire dal termine inglese *automation*: «[l'automazione è la] area disciplinare che si occupa di teoria dei sistemi dinamici e del loro controllo e delle applicazioni ingegneristiche in campo industriale e civile». La parola «automazione» è stata via via sostituita, almeno in alcuni ambiti, dal termine più adeguato di «automatica», con il significato di «impiego di macchine per controllare altre macchine».

Riportiamo un breve estratto dal suo scritto *L'Automatica in Italia dal 1945 al 1975*, che contiene in apertura alcune significative note di nomenclatura relative sia al settore di ricerca che agli insegnamenti: «La parola "automatica" nacque in Francia e venne utilizzata per la prima volta in un'occasione ufficiale nel *Congrès International de l'Automatique*, che si tenne a Parigi nel giugno del 1956 [...]. La diffusione dell'espressione "*Controlli automatici*" cominciò a non essere più sufficientemente rappresentativa quando, anche nelle Università Italiane, cominciarono a tenersi insegnamenti di "*Teoria dei Sistemi*". Sul modello di "*Automatica*" si conio la parola "*Sistemistica*" che veniva sentita come indicativa di impostazioni matematicamente più rigorose e di concezioni non ristrette al solo campo tecnologico. [...] il nostro gruppo informale di ricercatori inizialmente adottò la denominazione di Gruppo dei Ricercatori di Automatica, con la sigla GRA, poi trasformata in GRAS quando si volle concedere il "nome in ditta", come si dice nel gergo teatrale, alla Sistemistica; dopo la fusione con gli informatici la sigla, per non divenire né troppo lunga né squilibrata, divenne GRIS». Da queste parole traspare, tra l'altro, l'interesse di Lepschy, la cui vasta cultura è ampiamente riconosciuta, anche per le questioni concernenti gli aspetti storici ed epistemologici della scienza e della tecnica. Non a

caso negli ultimi anni della sua vita Lepschy promuove la nascita dell'insegnamento di storia della tecnologia dell'informazione, primo nel suo genere all'Università di Padova, di cui sarà titolare.

Come professore, prima straordinario e poi ordinario, tiene l'insegnamento di controlli automatici in varie università italiane, e a Padova a partire dal 1970-71. Ben presto infatti l'interesse per l'automatica supera i confini più immediatamente applicativi per approdare nell'ambito accademico e assumere lo statuto di disciplina scientifica a sé stante. Tale insegnamento compare a Padova a partire dal 1961-62 all'interno del percorso di studi in Ingegneria elettrica ed elettrotecnica. Tuttavia, come ricorda ancora Lepschy nella sua memoria del 1997, già qualche anno prima viene inserito un corso che tratta alcuni aspetti dei controlli automatici: «Per quanto io possa ricordare [...] il primo corso per studenti di Ingegneria (allora Elettrotecnica) che abbia portato un titolo specifico relativo al campo del controllo automatico fu quello di Sovrameccanismi, tenuto per incarico a Padova da Giuseppe Francini, allora straordinario di Elettronica Applicata, nell'anno accademico 1959/1960». A chiosa di quanto scrive Lepschy, menzioniamo il fatto che è Someda che riesce a ottenere nel 1956 dalla Facoltà il permesso di bandire un concorso per la cattedra di elettronica applicata.

Accanto al nome di Lepschy ricordiamo quello di Luigi Mariani. Mariani si laurea nel 1960 in Ingegneria elettrotecnica con una tesi su un argomento fortemente legato all'automatica, sotto la supervisione, tra gli altri, di Lepschy. Emerge fin da subito quindi la sua predilezione per le tematiche inerenti al controllo automatico, tanto che arriverà a ricoprire il ruolo di professore incaricato di controlli automatici a partire dal 1961 e di libero docente dal 1966. Le sue pubblicazioni scientifiche e tecniche spaziano dal settore dei controlli automatici alle biotecnologie e alle tecnologie biomediche. Mariani ricoprirà inoltre incarichi politici nell'ambito del Comune di Padova, di cui tra l'altro sarà vicesindaco e assessore all'Urbanistica e all'Edilizia privata, oltre alla carica di preside della Facoltà di Ingegneria dal 1985 al 1993.

Dopo Mariani sarà preside della Facoltà per il successivo triennio Giovanni Marchesini, ordinario di teoria dei sistemi. L'approccio matematico dato da Marchesini ad alcuni aspetti dell'ingegneria dell'informazione contraddistingue i suoi contributi scientifici e l'impronta data alla sua scuola e ai suoi allievi. Durante il suo mandato prenderanno avvio nel 1994 il diploma in Ingegneria biomedica e il corso di laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio, e nel 1995 il corso di laurea in Ingegneria dei materiali. Per quanto riguarda il corso in Ingegneria per

l'ambiente e il territorio, va detto che questo verrà istituito a Padova con un notevole ritardo rispetto a quasi tutte le altre sedi italiane di Ingegneria. Probabilmente una delle cause di questo ritardo risiede nel carattere fortemente interdisciplinare del corso, le cui materie di insegnamento si sovrappongono con quelle di Ingegneria chimica e di Ingegneria civile, e quindi nel faticoso cammino di mediazione tra vari settori disciplinari. Anche il corso di laurea in Ingegneria dei materiali presenta un carattere fortemente interdisciplinare, a cavallo tra Ingegneria chimica e Ingegneria meccanica. Nel 1996 verrà inoltre attivato il diploma in Ingegneria chimica. Nello stesso anno Marchesini sarà eletto rettore dell'Università di Padova, carica che ricoprirà fino al 2002.

Per quanto riguarda l'informatica, che occupa un posto privilegiato all'interno dei corsi di studio afferenti al Dei, ricordiamo che la disciplina farà il suo ingresso con un certo ritardo in ambito universitario italiano. Nel nostro paese – è chiaro da quanto si è detto nell'introduzione alla presente sezione – sarà presso l'Università di Pisa che l'informatica entrerà per la prima volta nel panorama della ricerca e dell'insegnamento universitario, con l'istituzione nel 1969 del primo corso di laurea in Scienze dell'informazione in seno alla Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali. A Padova l'introduzione del corso di Ingegneria informatica presso la Facoltà di Ingegneria avverrà solo negli anni ottanta. Questo nuovo corso si articola nei due indirizzi: quello di automatica e sistemi di automazione industriale e quello di sistemi ed applicazioni informatici. Il secondo deriva in parte dall'ingegneria elettronica e in parte dall'ingegneria dell'automazione, dando maggiori possibilità di scelta agli studenti rispetto all'unico corso di Ingegneria elettronica, affollatissimo a causa del crescente interesse negli sviluppi della materia. Vale poi la pena ricordare che l'attuale corso di laurea, sia triennale che magistrale, in informatica pura viene istituito solamente nel 2008-09 in seno al Dipartimento di Matematica (ex d.m. 270/2004). È opportuno specificare comunque che prima di questa data, e precisamente con l'anno accademico 1996-97, prende avvio presso l'Università di Padova il diploma triennale in Informatica nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali. Come si legge nel bollettino dell'anno accademico 1996-97, «gli studenti del diploma avranno la possibilità di studiare metodologie più moderne per la realizzazione di software corretti e di applicarle a problemi realistici [...]. Una tale conoscenza delle metodologie formali di sviluppo del software necessariamente si fonda su di una solida cultura matematica e logica. Per questa ragione il Diploma di Informatica di Padova nasce all'interno della

Facoltà di Scienze e, in particolare, è in stretta simbiosi con il Corso di Laurea in Matematica che garantisce la qualità dell'insegnamento delle necessarie basi culturali». Successivamente, nel 2001-02, il titolo di diploma viene equiparato a quello di laurea triennale (ex d.m. 509/99). A partire dall'anno accademico 2004-05 verrà infine attivata la laurea specialistica (sempre ex d.m. 509/99). Questo corso possiede alcune similitudini con il corso di laurea in Ingegneria informatica, sebbene presenti una connotazione eminentemente logico-matematica, studiando i fondamenti scientifici dell'informatica e le loro applicazioni. L'ingegneria informatica invece applica i principi dell'ingegneria elettronica, dell'ingegneria dell'automazione e dell'informatica teorica alla progettazione, alla realizzazione e alla gestione di sistemi e soluzioni per l'elaborazione dei dati.

Abbiamo fornito fin qui alcuni elementi utili per cogliere le profonde innovazioni che investono il campo della ricerca e della didattica dei principali settori che andranno a costituire il nucleo fondante di quel macro-settore denominato «ingegneria dell'informazione». Facciamo ora una panoramica delle attuali linee di ricerca su cui opera il Dipartimento.

Storicamente nell'Ateneo di Padova sono nate nel volgere di pochi decenni, nell'ordine, l'ingegneria elettronica, l'ingegneria informatica, l'ingegneria delle telecomunicazioni, l'ingegneria biomedica, l'ingegneria dell'automazione, l'ingegneria meccatronica e infine l'ingegneria clinica. Tutte queste discipline rientrano in un unico filone, quello appunto dell'ingegneria dell'informazione, hanno strette interrelazioni tra loro e richiedono una comune preparazione di base nei campi della matematica e della fisica. Queste rispecchiano quindi le principali tematiche di ricerca, su cui verte, di riflesso, l'offerta didattica del Dipartimento.

Per garantire una preparazione di base sono attivi diversi corsi di laurea di durata triennale. Accanto a un corso propedeutico agli studi specialistici, che costituisce il canale naturale per accedere alle varie lauree magistrali nei settori dell'informazione, sono stati istituiti corsi di laurea di carattere professionalizzante, orientati quindi a un immediato inserimento nel mondo del lavoro. Tra questi possiamo menzionare il corso in Ingegneria biomedica. Questo settore dell'ingegneria sta vivendo attualmente un periodo di forte crescita: utilizza metodologie e tecnologie dell'ingegneria elettronica, informatica, meccanica e chimica per trattare argomenti e per affrontare problemi relativi alle scienze della vita, con lo scopo di aiutare la comprensione

di fenomeni biologici e di produrre tecnologie per la salute. Va detto che Padova è da annoverare tra le prime città italiane a riconoscere l'importanza dell'ingegneria biomedica. Già nel 1968 si istituisce il corso di Elettronica biomedica, primo insegnamento nel settore della bioingegneria nelle università italiane, e dal 1992 la laurea in Ingegneria elettronica prevede l'indirizzo biomedico. Per concludere questa breve parentesi sull'ingegneria biomedica, ricordiamo che oggi nell'Ateneo è attivo anche un percorso di laurea magistrale in Bioingegneria, che intende fornire una preparazione più solida rispetto a quella più specificatamente professionalizzante.

Un discorso a parte merita infine il corso di laurea in Ingegneria meccanica e mecatronica, erogato nella sede distaccata di Vicenza dell'Università di Padova. Si tratta di una laurea interclasse, nel senso che rientra non solo nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione ma anche in quello dell'ingegneria industriale, in particolare per i suoi aspetti applicativi rivolti all'ingegneria elettrica e meccanica.

Da questa breve rassegna della struttura curricolare del Dipartimento emergono quindi le principali tematiche di ricerca all'interno del Dei. Alcune di queste hanno già una tradizione ben consolidata, altre riguardano invece le nuove frontiere dell'ingegneria dell'informazione, come ad esempio le aree della bioingegneria, dell'informazione quantistica, dell'ottica applicata, fino all'analisi e alla sintesi della musica e del parlato. Ci soffermiamo su quest'ultimo settore oggi rappresentato dal Centro di sonologia computazionale (Csc) dell'Università di Padova, in cui si realizza il vincente connubio tra musica e informatica, grazie al coinvolgimento di ricercatori e musicisti nella progettazione di raffinati sistemi informatico-musicali. Il Csc è uno dei principali centri di ricerca al mondo nel campo della *computer music*, la «musica informatica». Negli anni sessanta i computer sono ancora poco diffusi in Italia, essendo prevalentemente utilizzati in pochi centri di ricerca per applicazioni alla scienza di base oppure in ambito economico e amministrativo. Uno studio sistematico dell'impiego dei calcolatori in ambito musicale si avrà solo nel 1969 per iniziativa di Pietro Grossi, un compositore che lavora presso il Centro nazionale universitario di calcolo elettronico (Cnuce) del Cnr con sede a Pisa. Proprio al Cnuce vengono elaborati numerosi sistemi interattivi per la composizione automatica. Nel frattempo, tra gli anni cinquanta e sessanta, a Padova si stavano compiendo i primi passi nelle ricerche sulla musica elettronica, grazie a quelli che «possono essere considerati i padri spirituali del CSC»: Teresa Rampazzi, «una delle pochissime compositrici donne di

musica elettronica», e Giovanni Battista Debiassi, professore di elettronica applicata all'Università di Padova. La Rampazzi insieme a Ennio Chiggio fonderà a Padova nel 1965 il gruppo Nuove Proposte Sonore (Nps), mentre insieme a Debiassi promuoverà la fondazione del Csc (di cui Debiassi sarà il primo direttore). Tra gli allievi di Debiassi ricordiamo Giovanni De Poli e Alvisè Vidolin. Quest'ultimo, titolare della cattedra di musica elettronica presso il Conservatorio «Benedetto Marcello» di Venezia dal 1975 al 2009, è tutt'oggi una delle figure di spicco a livello internazionale del settore, nell'ambito sia della ricerca che dell'attività musicale. Il Csc, istituito nel 1979, è il frutto di una collaborazione congiunta tra l'Istituto di ingegneria elettrica della Facoltà di Ingegneria e il Centro di calcolo di ateneo (Cca). Nel 2003 il Csc trasferisce i suoi laboratori dal Centro di calcolo di ateneo al Dipartimento di Ingegneria dell'informazione, di cui inizierà a far parte ufficialmente a partire dal 2009. Il principale obiettivo che si prefigge il Centro è quello di creare uno spazio interdisciplinare in cui le competenze scientifiche e musicali possano costantemente dialogare per permettere un'applicazione delle conoscenze sviluppate dalla ricerca teorica alla produzione musicale e, viceversa, per stimolare gli scienziati a indagare e formalizzare questioni che sorgono dalla sperimentazione musicale e dalla creatività dei compositori. In questi anni, la ricerca del Csc si è rivolta a numerosi ambiti. Tra i principali temi di ricerca citiamo gli studi sulla sintesi della voce, sul timbro e la modellazione del suono e sull'apprendimento inclusivo per persone con disabilità. Infine accenniamo a un ulteriore settore di attività del Csc. Gli ultimi quattro decenni hanno visto la realizzazione di un cospicuo numero di opere musicali, di conseguenza è sorto il problema di preservare tali opere per i posteri. Negli anni novanta, nel campo internazionale dell'ingegneria informatica per il patrimonio culturale musicale, il restauro digitale di documenti audio attirerà sempre di più l'attenzione e verranno proposte svariate soluzioni per l'applicazione delle tecniche di elaborazione digitale: anche in questo settore il Csc sarà presente e protagonista.

4. I gabinetti tecnico-scientifici e la loro evoluzione.

Si è già parlato nei capitoli precedenti dei primi gabinetti dedicati alle discipline scientifiche, istituiti a partire dal Settecento. Queste strutture nel corso del XIX secolo svolgeranno attività di supporto anche alla formazione degli aspiranti ingegneri, specie durante il biennio di

studi teorici. Alcune di queste avranno pertanto fondazione antecedente alla formalizzazione della Scuola di applicazione per gli ingegneri, altre nasceranno con l'introduzione di nuove discipline o per il loro rafforzamento. Ci pare opportuno dunque offrire un breve resoconto su tali strutture, che di fatto possono essere considerate gli antesignani dei moderni dipartimenti. Si prenderanno in considerazione i gabinetti, trasformati poi in istituti, afferenti alla Scuola, poi Facoltà di Ingegneria, la cui presenza sarà essenziale per il completamento della formazione teorica degli studenti.

È necessario tuttavia precisare che la funzione di queste strutture inizialmente è relativamente modesta. Anche nella Scuola di applicazione per ingegneri di Padova, come del resto in tutte le scuole italiane, compresi i politecnici, lo sviluppo di gabinetti e di laboratori e il loro ruolo sono purtroppo limitati dalla scarsità dei finanziamenti disponibili. Come già osservato, in un primo momento, per sopperire a questa mancanza, vengono organizzati dai docenti viaggi d'istruzione all'estero per permettere agli studenti di completare la propria formazione presso analoghi istituti, che dispongono di una strumentazione adeguata.

Nonostante i gabinetti tecnico-scientifici, annessi alle rispettive cattedre nell'ambito della Scuola di applicazione per ingegneri, esistessero già da molti anni, solo per l'anno accademico 1922-23 l'annuario dell'Università di Padova ne rende nota l'esistenza, indicandone per inciso l'anno di fondazione. Ne riportiamo di seguito l'elenco, ordinato cronologicamente per data di istituzione: Orto agrario (1766); Gabinetto di architettura tecnica (1792); Gabinetto di idraulica generale (1867); Gabinetto di macchine (1867); Gabinetto di topografia e geodesia (1873); Gabinetto di costruzioni (1874); Gabinetto di fisica tecnica (1875); Gabinetto di geologia applicata (1880); Gabinetto di meccanica applicata e statica grafica e Laboratorio per le prove dei materiali di costruzione (1880); Gabinetto di chimica metallurgica (1883); Gabinetto di costruzioni idrauliche (1893); Gabinetto di strade ordinarie e ferrate (1898), già parte del Gabinetto di costruzioni (1874); Gabinetto di ponti in legno ed in ferro (1898), già parte del Gabinetto di costruzioni (1874); Istituto di elettrotecnica (1902); Gabinetto di idrografia (1909); Gabinetto di costruzioni marittime e navigazione interna (1910); Gabinetto di idraulica fluviale (1915); Gabinetto di chimica industriale (1922).

Da questo elenco si nota chiaramente che a partire dalla seconda metà dell'Ottocento, ancora prima dell'effettiva istituzione della Scuola di applicazione per gli ingegneri, iniziano a costituirsi gabinetti dedicati a materie di stampo più spiccatamente ingegneristico. Questi, in-

sieme ai gabinetti di successiva istituzione, rappresentano a tutti gli effetti i prodromi della attuale Scuola di Ingegneria.

I gabinetti tecnico-scientifici via via vengono sostituiti dagli istituti, processo che avrà inizio con la costituzione della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali nel 1873. L'unica eccezione è rappresentata dall'Istituto di elettrotecnica, che nasce già nel 1903 con la denominazione di Istituto, ma che di fatto avrà tutti i connotati di gabinetto tecnico-scientifico fino alla costituzione negli anni trenta del moderno Istituto di elettrotecnica. Come abbiamo visto nel caso dei gabinetti della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, la nascita degli istituti si configura prevalentemente come semplice evoluzione dei preesistenti gabinetti, e quindi mono-cattedra, anche se alcuni nascono dall'aggregazione di più gabinetti divenendo pertanto istituti poli-cattedra. Nello statuto interno del 14 ottobre 1926, pubblicato nel regio decreto del 14 ottobre 1926, n. 2270, sono per la prima volta nominati i nuovi «Istituti scientifici» del «Regio Istituto Superiore di Ingegneria», che ricordiamo sarà autonomo a partire dal 1923 fino alla costituzione nel 1935 della Facoltà di Ingegneria. Di questi istituti offre un'accurata descrizione Daniele Donghi nel suo resoconto del 1933. Per completezza ne possiamo riassumere i contenuti di maggiore rilievo.

L'Istituto di architettura provvede agli insegnamenti di architettura tecnica, edilizia e urbanistica, di costruzioni rurali e industrie agricole. L'Istituto di chimica industriale, fondato nel 1921 come Istituto sperimentale autonomo annesso alla Scuola di applicazione per gli ingegneri, con la legge Gentile è passato alle strette dipendenze della Scuola, conglobando il Gabinetto di chimica applicata (istituito nel 1883 con il titolo di Gabinetto di chimica docimastica) e il Gabinetto di chimica metallurgica e metallografica (istituito nel 1920). Nel 1932 un'ala dell'Istituto di chimica industriale è stata sistemata per accogliere una Sezione sperimentale zuccheri creata con concorso del Gruppo saccarifero veneto: qui si svolgono ricerche pratiche e teoriche sulla fabbricazione dello zucchero e l'utilizzazione dei suoi sottoprodotti. La collezione scientifica conservata al Dipartimento di Ingegneria industriale (Dii) offre una preziosa testimonianza di tali attività: presso il Dii infatti si possono ancora osservare alcune boccette in vetro recanti in etichetta la dicitura «sezione sperimentale zuccheri». L'Istituto di costruzioni di ponti e strade consta di modelli metallici e in legno, disegni e fotografie degli stessi e numerosi strumenti di misura, tutto materiale che oggi si trova conservato al Dicea. A questo istituto si è aggiunta nel novembre del 1931 una sezione destinata a studi sperimentali stradali

per le prove sui materiali da costruzione, alla quale contribuiscono inizialmente le province di Padova e Venezia. La Sezione sperimentale stradale, oggi parte del Dicea, viene fondata per iniziativa di Francesco Marzolo, preside della Provincia di Padova e direttore della Scuola d'ingegneria, e di Antonio Garioni, preside della Provincia di Venezia. Nel 1939 aderiranno alla Sezione anche le province di Belluno, Verona, Trento e, successivamente, quelle di Rovigo, Treviso e Vicenza.

Donghi cita poi l'Istituto di elettrotecnica, che si occupa di elettrologia, tecnologie elettriche, misure elettriche, costruzioni elettromeccaniche, impianti elettrici, e quello di termotecnica, che contiene apparecchi necessari alle misure nel campo dell'ottica tecnica e della tecnica del calore. L'Istituto di idraulica, che trae origine dall'omonimo gabinetto annesso all'Università nel 1867, ha una dotazione tale da poter competere con i suoi omologhi in Europa. Qui si conservano vasche (si rimanda ai contributi di Giuseppe Avanzini), canali di adescamento e di circolazione, e pompe di vario tipo. L'Istituto di macchine, un tempo parte del Gabinetto di meccanica da cui si separa nel 1910, contiene strumenti di ricerca sulle macchine, un impianto di prova di motrici a vapore e di macchine idrauliche, strumenti di lavorazione, fucina e forno elettrico per trattamenti termici, le prime carrozze automobili e autociclette di Bernardi, motori Bernardi a quattro tempi a gas e a benzina e gli strumenti e la collezione di Pasquale Cordenons. L'Istituto di meccanica applicata, distribuito su due piani, contiene gabinetti di studio, sale per le collezioni di materiale didattico e scientifico, oltre a modelli, sale per macchinari, dispositivi e strumenti di misura. L'istituto è in grado di provvedere allo studio di tutte le questioni tecniche e scientifiche attinenti alle proprietà chimico-fisiche dei materiali da costruzione e al loro comportamento nelle strutture. L'Istituto di topografia e geodesia, fondato nel 1870 da Domenico Turazza, dispone di una strumentazione per insegnanti e assistenti. Tra gli strumenti ancora oggi conservati al Dicea si trovano, tra gli altri, teodoliti, tacheometri, goniometri a riflessione, tavolette pretoriane, squadri agrimensori e a prismi, cannocchiali, modelli di noni, e microscopi micrometrici. Infine nel novero degli istituti, descritti nel resoconto di Donghi, troviamo l'Orto agrario, situato in via Ognissanti, che contiene un frutteto dimostrativo e un fabbricato che consta di varie raccolte tra cui quella di modelli e strumenti agrari e una in cui si rinvengono i principali organi della pianta, oltre che una collezione di legni e frutti per l'insegnamento.

Questi istituti cominciano a prefigurare gli istituti scientifici introdotti dal regio decreto del 31 agosto 1933, n. 1952, da cui nasceranno

dopo il 1980 gli attuali dipartimenti. Nel corso degli anni la configurazione dei vari istituti descritta da Donghi andrà incontro ad alcune modifiche, in linea con la sempre più complessa articolazione disciplinare.

Concludiamo con una riflessione sulla condizione finanziaria che accomuna tutti gli istituti sopramenzionati. Nel primo decennio del Novecento, i direttori dei vari gabinetti e istituti, primo tra tutti Carlo Parvopassu, direttore dell'Istituto di meccanica applicata, lamentano la mancanza di aiuti finanziari. Le principali entrate provengono infatti ancora quasi esclusivamente dalle somme messe a disposizione annualmente dal Consorzio universitario, Consorzio tra Università, governo, Comune e Provincia di Padova che, come osservato nel capitolo II, sarà fatto approvare nel 1903 grazie all'opera di Raffaello Nasini. D'altra parte, queste somme non sono più sufficienti e nessun esito avranno le numerose domande per ottenere fondi adeguati alle necessità che si renderanno via via sempre maggiori. La situazione comincerà a migliorare a partire dal 1933 con la fusione dei vari gabinetti in istituti, processo che nell'ambito dell'Ingegneria ovviamente avverrà solo a partire dal 1935 con la nascita della Facoltà di Ingegneria. Tutti gli istituti infatti riceveranno sostanziosi incrementi di finanziamento con cui ampliare il proprio patrimonio tecnico-scientifico. Per quanto riguarda specialmente l'Istituto di elettrotecnica, solamente dopo il secondo dopoguerra l'apporto dato dall'industria sarà di importanza decisiva per lo svolgimento delle attività di ricerca: la Società Adriatica per prima provvederà ai bisogni del riordino del laboratorio. Dopo il secondo conflitto mondiale, inoltre, non saranno trascurabili i fondi stanziati nell'ambito del Piano Marshall per acquistare attrezzature scientifiche, che andranno a incrementare anche a Padova la dotazione di alcuni istituti. L'identificazione di tali strumenti è ancora oggi possibile grazie all'etichetta che porta la dicitura «Piano Marshall». Come si è già sottolineato nel primo capitolo, gli istituti arriveranno ad abbracciare nel breve volgere degli anni un numero sempre maggiore di cattedre, dunque di docenti, lettori e assistenti. Sta prendendo sempre più forma una struttura organizzativa che precorrerà quella dei moderni dipartimenti, istituiti come abbiamo visto a partire dal 1980.

Ringraziamenti

La stesura di questo volume è il risultato di ricerche non sempre facili, sia per l'oggettiva difficoltà di reperire la documentazione originaria, sia per i problemi creati dall'emergenza pandemica. In ogni caso molte delle fonti primarie sono state recuperate e interpretate grazie al fondamentale aiuto di molte persone dell'Ateneo: in particolare si ringraziano Francesco Piovan e Remigio Pegoraro del Centro per la storia dell'Università di Padova, Donka Todorova dell'Archivio generale di Ateneo, e il personale della Scuola di Scienze, in particolare Tatiana Turato, e della Scuola di Ingegneria, in particolare Elena Berto.

Desideriamo inoltre ringraziare per l'attenta lettura dell'intero volume, per le informazioni e le puntuali osservazioni: Franco Cardin, Ettore Fornasini, Carlo Fumian, Giovanni Marchesini e Giorgio Moro.

Ringraziamo infine, per l'aiuto e la disponibilità nella realizzazione dell'insero fotografico, Alberto Barausse, Cristina Breggion, Raffaele Cavalli, Giovanni Marangoni, Carlotta Mazzoldi, Alessandro Michelotto, Remigio Pegoraro, Francesco Piovan, Donka Todorova e il personale delle Biblioteche della Scuola di Scienze e della Scuola di Ingegneria.

Bibliografia ragionata

Le principali fonti a cui si è attinto per la stesura dei capitoli sono organizzate in base alla successione dei vari capitoli e paragrafi. Sono stati inseriti inoltre alcuni riferimenti utili per approfondimenti e chiarificazioni su particolari temi affrontati nel testo.

Introduzione. Scienza e tecnica dalla rivoluzione scientifica alla rivoluzione digitale

Per i brani di Galileo citati nel testo il riferimento è *Le opere di Galileo Galilei*, a cura di Antonio Favaro, Edizione nazionale, Barbèra Editore, Firenze 1968 (ristampa), 20 voll.; in particolare, la citazione dai *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno à due nuove scienze* è tratta dal vol. VIII, p. 49; quella dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* dal vol. VII, p. 139, quella da *Il Saggiatore* dal vol. VI, p. 232, come anche il passo della lettera scritta da Galileo a Francesco Ingoli, a p. 538.

L'articolo di Robert Merton, *A note on science and democracy*, in cui sono riassunte le norme fondamentali dell'*ethos* della scienza moderna, è edito in «Journal of Legal and Political Sociology», 1, 1942, pp. 115-26. L'osservazione di Rossi sul contesto in cui nasce la «scienza nuova» è tratta da Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 1997, p. XII. L'intervento di Gerald Holton alla conferenza *Anti-Science and Anti-Technology Movement in the Us and Ussr* del 2-3 maggio 1991 è pubblicato col titolo *How to think about the «anti-science» phenomenon*, in «Public Understanding of Science», 1, 1992, pp. 103-28. Il *Manifesto agli europei* di Georg Friedrich Nicolai e di Albert Einstein (*Aufruf an die Europäer*) citato da Merton nel suo articolo del 1942 viene fatto circolare dai due scienziati nell'ottobre del 1914.

La lettera aperta alle Nazioni Unite di Niels Bohr del 9 giugno 1950, *For an open world*, è pubblicata in «Bulletin of the Atomic Scientists», 1950, 6, pp. 213-7. I brani che provengono da testi in inglese sono stati tradotti da noi.

Le istituzioni

1. *Cenni sull'organizzazione degli studi dal 1222 al 1405*

Per la stesura del paragrafo si è attinto in larga parte da *L'Università di Padova nei secoli. Documenti di storia dell'Ateneo*, a cura di Piero Del Negro e Francesco Piovan, Edizioni Antilia, Treviso 2017. L'opera, redatta in tre volumi, tratteggia un quadro complessivo dell'evoluzione dell'Ateneo dalla sua fondazione fino agli anni duemila. In particolare, per approfondimenti relativi al periodo storico considerato in questa sezione il riferimento è al vol. 1, pp. 1222-600.

Di seguito si riportano altre fonti che si sono rivelate di fondamentale importanza per la nostra analisi e che dunque possono essere utili per ulteriori approfondimenti.

dimenti: Antonio Favaro - Roberto Cessi, *L'Università di Padova. Notizie raccolte da Antonio Favaro e Roberto Cessi*, Zanocco Stampatore, Padova 1946; Francesco Maria Colle, *Storia scientifico-letteraria dello Studio di Padova*, Tipografia della Minerva, Padova 1824; Antonio Favaro, *Saggio di bibliografia dello Studio di Padova (1500-1920). Contributo della R. deputazione veneta di storia patria alla celebrazione del 7. centenario della Università*, Officine grafiche C. Ferrari, Venezia 1922; Luciana Sitran Rea - Giuliano Piccoli, *La facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali dell'Università di Padova. Origini e sviluppo*, Cleup, Padova 1991.

2. Lo Studio patavino durante la dominazione della Serenissima (1405-1797)

Per chiarimenti sulle vicende istituzionali dello Studio di Padova si fa sempre riferimento al contributo *L'Università di Padova nei secoli*, a cura di Del Negro e Piovan; in particolare si veda il volume II, pp. 1601-805.

Si suggeriscono inoltre i seguenti testi: Antonio Favaro, *Galileo Galilei e lo studio di Padova*, Le Monnier, Firenze 1883; Maria Cecilia Ghetti, *Struttura e organizzazione dell'Università di Padova dalla metà del '700 al 1797*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», XVI, 1983, p. 71 sgg.

Per meglio comprendere il contesto istituzionale dell'Ateneo alla luce dei progressi compiuti dalla scienza e dalla tecnica nel periodo considerato si segnalano i riferimenti: Alfred Rupert Hall, *Da Galileo a Newton. 1630-1720*, Feltrinelli, Milano 1973 (ed. or. *From Galileo to Newton: 1630-1720*, Collins, London 1963); Id., *Rivoluzione nella scienza. 1500-1750*, Feltrinelli, Milano 1986 (ed. or. *The Revolution in Science: 1500-1750*, Routledge, London 1983); Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 1997.

La citazione di Paolo Rossi sul ruolo della Accademie del Cinquecento e del primo Seicento è tratta dal volume da lui curato, *Storia della scienza*, Gruppo editoriale L'Espresso, Roma 2006, I, p. 8.

Il *Ricordo per la riforma dello Studio (1715)* di Scipione Maffei a cui si fa riferimento nel testo è edito in Biagio Brugi, *Un parere di Scipione Maffei intorno allo Studio di Padova sui principi del Settecento*, in «Atti dell'Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti», s. VIII, 1909-10, 69, parte II, pp. 577-91. La versione manoscritta è conservata presso la Biblioteca del Civico Museo Correr di Venezia, ms. Morosini-Grimani.

Il contributo di Giovan Francesco Pivati, *Riflessioni sopra lo stato presente dell'Ateneo (1738)* si trova presso l'Archivio di Stato di Venezia, *Riformatori*, filza 430.

Le parole dell'astronomo Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande riportate nel testo sono contenute nel volume, a cura di Del Negro e Piovan, *L'Università di Padova nei secoli cit.*, II, pp. 239-40 (ed. or. Jérôme Lalande, *Voyage en Italie, contenant l'Histoire et les Anecdotes les plus singulières de l'Italie, & sa Description les Usages, le Gouvernement, le Commerce, la Littérature, Les Arts, l'Histoire Naturelle, & les Antiquités avec des jugemens sur les Ouvr.*, Chez la Veuve Desaint, Paris 1769).

3. Riforme e organizzazione universitaria durante la dominazione napoleonica (1805-13): l'introduzione delle facoltà

Le notizie esposte sono state attinte in gran parte dal testo di Maria Cecilia Ghetti, *Struttura e organizzazione dell'Università di Padova dal 1798 al 1817*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», XVII, 1984, pp. 133 sgg.

Per quanto riguarda l'aspetto legislativo, segnaliamo di seguito i più importanti decreti emanati nel periodo di dominazione napoleonica: legge 4 settembre 1802, n. 75, relativa alla pubblica istruzione, in «Bollettino delle leggi del Regno d'Italia, 1802»; decreto 15 novembre 1808, n. 338, *riguardante il piano d'istruzione generale*, in «Bollettino delle leggi del Regno d'Italia, 1808»; decreto 15 novembre 1811, n. 262, *che stabilisce un sistema d'insegnamento uniforme ai ginnasi e licei del regno*, in «Bollettino delle leggi del Regno d'Italia, 1811».

Per approfondimenti sull'evoluzione delle istituzioni francesi preposte alla formazione si rimanda ai volumi: Frederick Binkerd Artz, *The Development of Technical Education in France, 1500-1850*, Mit Press, Cambridge 1966; Sergio Moravia, *Il tramonto dell'Illuminismo. Filosofia e politica nella società francese (1770-1810)*, Laterza, Bari 1968; Antoine Prost, *Histoire de l'enseignement en France: 1800-1967*, A. Colin, Parigi 1968.

4. Assetto istituzionale dell'Università di Padova sotto gli austriaci (1813-66)

Sull'evoluzione istituzionale di tutti gli insegnamenti delle discipline scientifiche regolata dalle normative vigenti durante il periodo di dominazione austriaca si è fatto riferimento principalmente ai contributi: Filiberto Agostini (a cura di), *L'Ateneo di Padova nell'Ottocento*, Centro per la Storia dell'Università, Franco Angeli, Milano 2019; Giampietro Berti, *Note sulla Facoltà filosofico-matematica dell'Università di Padova tra il 1805 e il 1849*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», XLI, 2008, pp. 207 sgg.; Id., *L'Università di Padova dal 1814 al 1850*, Antilia, Padova 2011; Carlo Tivaroni, *L'Italia durante il dominio austriaco (1815-1849)*, L. Roux e C., Torino-Roma 1892; *Collezione di leggi e regolamenti pubblicati dall'Imperial Regio Governo delle Province Venete II*, 2, Venezia 1815, pp. 66 sgg.; *Collezione di leggi e regolamenti pubblicati dall'Imperial Regio Governo delle Province Venete IV*, 1, Venezia 1817, pp. 81 sgg.; *Regolamento generale per l'Imp. Reg. Università di Padova*, Tipografia del Seminario, Padova 1830; Wilhelm Unger, *Systematische Darstellung der Gesetze über die höheren Studien in den gesamt deutsch-italienischen Provinzen der österreichischen Monarchie*, II, Specielle Anordnungen, Wien 1840.

Sui congressi degli scienziati italiani come luogo di formazione di una comunità scientifica il rimando è a Carlo Fumian, *Il senno delle nazioni. I congressi degli scienziati italiani dell'Ottocento: una prospettiva comparata*, in «Meridiana. Rivista di Storia e Scienze Sociali», 1995, 24, pp. 95-124.

In particolare, per un esame più dettagliato sul congresso tenutosi a Padova, si vedano: *Atti della quarta riunione degli scienziati italiani tenuta in Padova nel settembre 1842*, Tipografia del Seminario, Padova 1843; Ignazio Cantù, *Sulla quarta riunione degli scienziati italiani in Padova*, Coi tipi di Luigi di Giacomo Pirola, Milano 1842; Maria Pia Casalena, *I lumi d'Italia e d'Europa a Padova e a Venezia*, in «Venetica», 2020, 58, pp. 53-74.

Per un'indagine più approfondita sui moti insurrezionali del 1848 a Padova si consultino i contributi:

Piero Del Negro, *La partecipazione degli studenti dell'Università di Padova alla rivoluzione e alla guerra del 1848-1849*, in *Universitari italiani nel Risorgimento*, a cura di Luigi Pepe, Cleub, Bologna 2002; Giulia Simone - Adriano Mansi, *Alla prova*

della contemporaneità. *Intellettuali e politica dall'Ottocento a oggi*, a cura di Carlo Fumian, Donzelli-Padova University Press, Roma-Padova 2021; Angelo Ventura, *L'8 febbraio 1848 nella storia dell'Università di Padova*, in *Studenti, Università, città nella storia padovana. Atti del Convegno, Padova 6-8 febbraio 1998*, a cura di Francesco Piovan e Luciana Sitran Rea, Lint, Trieste 2001, pp. 707-20.

L'estratto del discorso di Andrea Cittadella Vigodarzere, presidente generale della quarta riunione degli scienziati italiani svoltasi a Padova, si trova in *Atti della quarta riunione degli scienziati italiani* cit., p. xxx.

La citazione di Francesco Bacone riportata nel testo è tratta da Id., *Scritti filosofici*, a cura di Paolo Rossi, Utet, Torino 2016, p. 370.

Per quanto riguarda l'aspetto legislativo, nel testo sono citati i seguenti decreti: decreto 12 settembre 1815, n. 98, riguardante il *ripristino dell'Università di Padova e fissazione del corso de' suoi studi*, in *Collezione di leggi e regolamenti pubblicati dall'Imperial Regio Governo delle provincie venete*, Venezia, per Francesco Andreola, volume secondo, parte II, dal di 10 luglio a dicembre 1815, pp. 66-82; decreto governativo 9 marzo 1846, n. 7641/861, *diretto alla Direzione dello Studio matematico presso l'I.R. Università di Padova*, in «Atti del Rettorato 1845-1846», b. 93, Archivio storico dell'Università di Padova.

5. Istituzioni e riforme dopo l'Unità d'Italia

Per un quadro completo sui principali mutamenti indotti dallo sviluppo della scienza e della tecnica nel periodo considerato si rimanda a: Rossi (a cura di), *Storia della Scienza* cit. (in particolare VI, pp. 3-30); Antonio Ruberti - Claudio Gori Giorgi, *Ricerca scientifica e tecnologica*, Treccani, Enciclopedia del Novecento, II Supplemento, Roma 1998.

In particolare per seguire più da vicino l'evoluzione istituzionale presso l'Ateneo patavino il riferimento è a Piero Del Negro, *L'Università di Padova. Otto secoli di storia*, Signum Padova Editrice, Padova 2001; Sitran Rea - Piccoli, *La facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali* cit.

Di seguito si trovano elencati i riferimenti selezionati per ulteriori approfondimenti sul contenuto delle normative legislative e sull'inquadramento politico e sociale in cui esse si inseriscono: Gilberto

Capano - Marino Regini, *Come cambia la governance. Università italiane e europee a confronto*, Fondazione Crui, Roma 2015; Alba Lazzaretto - Giulia Simone, *Dall'Università d'élite all'Università di massa. L'Ateneo di Padova dal secondo dopoguerra alla contestazione studentesca*, Padova University Press, Padova 2017; Tina Tomasi e Luciana Bellatalla, *L'Università italiana nell'età liberale*, Liguori, Napoli 1988; Massimiliano Vaira, *La costruzione della riforma universitaria e dell'autonomia didattica. Idee, norme, pratiche, attori*, Led Edizioni Universitarie, Milano 2011.

Nel testo sono citati i seguenti decreti: regio decreto 13 novembre 1859, n. 3725, sul Riordinamento dell'Istruzione pubblica (legge Casati); regio decreto 14 settembre 1862, n. 842, sul Regolamento dell'Università (Regolamento Matteucci); regio decreto 12 maggio 1872, n. 821, con il quale le Università di Padova e di Roma sono pareggiate alle altre del Regno; regio decreto 11 ottobre 1875, n. 2742, che approva il Regolamento per la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali; regio decreto 8 ottobre 1876, n. 3434, serie 2, che approva il Regolamento generale

universitario e i Regolamenti speciali delle Facoltà e delle Scuole di applicazione per gli ingegneri; regio decreto 30 settembre 1923, n. 2102, sull'Ordinamento dell'Istruzione superiore (riforma Gentile); decreto del presidente Repubblica 11 luglio 1980, n. 382, sul riordinamento della docenza universitaria, relativa fascia di formazione nonché sperimentazione organizzativa e didattica; legge del 30 dicembre 2010, n. 240, che contiene le norme in materia di organizzazione delle università, di personale accademico e reclutamento, nonché delega al governo per incentivare la qualità e l'efficienza del sistema universitario (riforma Gelmini).

Per una rassegna completa degli istituti e dei laboratori scientifici con qualche accenno alla storia della loro costituzione si vedano: Consiglio nazionale delle ricerche, *Istituti e laboratori scientifici italiani*, Roma 1931-32 (continuazione di *Istituti e laboratori scientifici italiani. Notizie illustrative*, Consiglio nazionale delle ricerche, Roma 1928); Antonio Favaro, *L'Università di Padova*, Officine Grafiche C. Ferrari, Venezia 1922, pp. 109-75.

Gli sviluppi della scienza dalla rivoluzione scientifica al Novecento

Riportiamo di seguito i testi che hanno accompagnato l'intera stesura del capitolo e che indichiamo come valido riferimento anche per ulteriori approfondimenti.

Per quanto riguarda l'articolazione curriculare delle discipline scientifiche, il punto di partenza della nostra analisi sono stati gli annuari accademici, gli statuti e i regolamenti conservati presso il Centro di Ateneo per la storia dell'Università di Padova, che consentono di ricostruire l'evoluzione della storia accademica nei suoi diversi momenti, dalla dominazione della Serenissima a quella francese e austriaca fino all'unificazione italiana. Sono stati di grande utilità anche i bollettini-notiziari della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali contenenti l'ordinamento degli studi e i programmi dei corsi. Per completare il quadro istituzionale entro cui operano i professori di materie scientifiche si consultino Antonio Favaro - Roberto Cessi, *L'Università di Padova. Notizie raccolte da Antonio Favaro e Roberto Cessi*, Zanocco Stampatore, Padova 1946, e *L'Università di Padova nei secoli. Documenti di storia dell'Ateneo*, a cura di Piero Del Negro e Francesco Piovan, Edizioni Antilia, Treviso 2017.

Come prontuari biografici del personale docente si consigliano Piero Del Negro (a cura di), *Clariores. Dizionario biografico dei docenti e degli studenti dell'Università di Padova*, Padova University Press, Padova 2015; Attilio Maggiolo, *I soci dell'Accademia patavina. Dalla sua fondazione, 1599*, Accademia Patavina di Scienze Lettere ed Arti, Padova 1983.

Fanno da sfondo a questo lavoro nozioni di storia della scienza indispensabili per comprendere l'evoluzione delle varie discipline scientifiche e il loro inquadramento istituzionale. Il testo di riferimento per i contenuti riportati nelle sezioni introduttive ai paragrafi è: Paolo Rossi (a cura di), *Storia della scienza*, Gruppo editoriale L'Espresso, Roma 2006.

1. *L'ingresso della scienza moderna in ambiente accademico tra Seicento e Settecento*

Enrico Bellone, *Caos e armonia. Storia della fisica moderna e contemporanea*, Utet, Torino 1990; Marco Beretta, *Storia materiale della scienza. Dal libro ai labora-*

tori, Bruno Mondadori, Milano 2002; Umberto Bottazzini, *Il flauto di Hilbert. Storia della matematica moderna e contemporanea*, Utet, Milano 1990; Stillman Drake, *Galileo's new science of motion*, in *Reason, Experiment and Mysticism in the Scientific Revolution*, a cura di Maria Luisa Righini Bonelli e William René Shea, Science History Publications, New York 1975, pp. 131-56; Alfred Rupert Hall, *Da Galileo a Newton. 1630-1720*, Feltrinelli, Milano 1973 (ed. or. *From Galileo to Newton: 1630-1720*, Collins, London 1963); *Rivoluzione nella scienza. 1500-1750*, Feltrinelli, Milano 1986 (ed. or. *The Revolution in Science: 1500-1750*, Routledge, London 1983); Morris Kline, *Mathematical thought from ancient to modern times*, Oxford University Press, New York 1972; Thomas Kuhn, *La rivoluzione copernicana*, Einaudi, Torino 2000 (ed. or. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in Development of Western Thought*, Harvard University Press, Cambridge 1957); Id., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 2009 (ed. or. *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago 1962); Anna Maria Lombardi, *Keplero. Una biografia scientifica*, Codice edizioni, Torino 2020; Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 1997; Eugene Wigner, *The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences*, in *Mathematics and Science*, Ronald E. Mickens, World Scientific Publishing Co., Inc., Teaneck 1990, pp. 291-306.

La citazione riportata all'inizio del paragrafo è contenuta nel testo di Favaro e Cessi, *L'Università di Padova* cit., pp. 128-9.

Astronomia. Giampiero Bozzolato, *Giuseppe Toaldo. Uno scienziato europeo nel Settecento veneto*, Edizioni 1+1, Brugine 1984; Giuseppe Lorenzoni, *L'insegnamento di astronomia e meteore del prof. Ludovico Riva e i documenti relativi alla fondazione dell'Osservatorio di Padova*, in «Atti e Memorie della R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova», I, 1884-85, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1885, pp. 121-62; Luisa Pigatto, *La Specola di Padova, da torre medievale a Museo*, a cura di Valeria Zanini, Signum Padova Editrice, Padova 2007; Valeria Zanini - Antonello Satta (a cura di), *L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze, e ragioni fisico-astronomiche, o' sia La caccia del frugnuolo di Geminiano Montanari, Ristampa anastatica*, Cleup, Padova 2017.

Sulla rivoluzione copernicana si sono riportate le considerazioni di Paolo Rossi tratte dal volume *La nascita della scienza moderna* cit., p. 83, e le osservazioni di Kuhn in *La rivoluzione copernicana* cit., p. 272. La citazione di Giuseppe Lorenzoni sull'insegnamento di Lodovico Riva è tratta da Lorenzoni, *L'insegnamento di astronomia e meteore del prof. Ludovico Riva* cit., p. 131. Sempre nello stesso volume, a p. 140, si trova l'estratto della lettera di Giovanni Alberto Colombo a Francesco Morosini.

Le parole di J. W. Goethe riportate nel testo sono contenute in Johann Wolfgang von Goethe, *Viaggio in Italia «1786-1788»*, trad. it. Eugenio Zaniboni, Rizzoli, Milano 1993 (ed. or. *Italienische Reise*, Frommann, Jena 1816).

Matematica. Il punto di riferimento è stato il volume di Carlo Minnaja, Enrico Giusti e Francesco Baldassarri, *I matematici nell'Università di Padova dal suo nascere al XX secolo*, Esedra editrice, Padova 2008.

Per un'indagine più approfondita si rimanda inoltre ai seguenti testi: Adriano Carugo, *L'insegnamento della matematica all'Università di Padova prima e dopo*

Galilei, in *Storia della cultura veneta*, IV, t. 2, Neri Pozza, Vicenza 1984, pp. 151-99; Antonio Favaro, *I successori di Galileo nello Studio di Padova. Fino alla caduta della Repubblica*, a spese della R. Deputazione, Venezia 1917.

L'estratto della lettera di Galileo al granduca Cosimo II de' Medici riportata nel paragrafo è contenuta in *Le opere di Galileo Galilei*, a cura di Antonio Favaro, Edizione nazionale, Barbèra Editore, Firenze 1968 (ristampa), 20 voll., x, n. 307, p. 353.

Fisica. La figura di Giovanni Poleni è tratteggiata in maniera esaustiva nei seguenti testi: Sofia Talas, *Il gabinetto di filosofia sperimentale di Poleni*, in *Giovanni Poleni tra Venezia e Padova*, a cura di Piero Del Negro, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, Venezia 2013; Gian Antonio Salandin - Maria Pancino, *Il «teatro» di filosofia sperimentale di Giovanni Poleni*, Lint, Trieste 1987; Gian Antonio Salandin - Sofia Talas, *Giovanni Poleni, matematico, astronomo, fisico e filologo*, in *La curiosità e l'ingegno. Collezionismo scientifico e metodo sperimentale a Padova nel Settecento*, Università degli Studi di Padova, Centro Musei scientifici, Italo Novelli, Padova 2000 (catalogo della mostra tenuta a Padova nel 2000).

Notevoli sono inoltre gli studi raccolti su Poleni in *Giovanni Poleni nel bicentenario della morte (Padova 17 dicembre 1961)*, Accademia patavina di scienze lettere ed arti, Padova 1963.

Di seguito si riportano le prolusioni ai corsi tenuti da Giovanni Poleni: *De physices in rebus mathematicis utilitate praelectio*, Padova 1716; *De mathesis in rebus physicis utilitate praelectio*, Padova 1720; *Institutionum philosophiae mechanicae experimentalis specimen*, Padova 1741.

Tra le fonti per un'approfondita analisi dell'opera di Galileo Galilei in relazione allo Studio patavino si suggeriscono le seguenti opere: Antonio Favaro, *Galileo Galilei e lo studio di Padova*, Le Monnier, Firenze 1883; Id., *Galileo Galilei a Padova. Ricerche e scoperte, insegnamento, scolari*, Antenore, Padova 1968, Id., *Scampoli galileiani*, Rist. anast. dagli Atti e memorie della Accademia patavina di scienze lettere ed arti nel 4. centenario della venuta di Galileo Galilei a Padova (1592), a cura di Lucia Rossetti e Maria Laura Soppelsa, Lint, Trieste 1992.

Per i contributi galileiani a cui si è fatto riferimento nel testo: *Le opere di Galileo Galilei* cit. Di quest'opera si vedano in particolare: il *Sidereus Nuncius* del 1610, III, parte I; *Il Saggiatore* del 1623, VI; il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano* del 1632, VII; i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, del 1638, VIII.

La citazione di Galileo all'inizio del sottoparagrafo è tratta da *Il Saggiatore*, edito nel 1623 e ristampato in *Le opere di Galileo Galilei* cit., VI, pp. 229-30.

La descrizione della personalità scientifica di Giovanni Poleni riportata nel testo si trova in Favaro, *I successori di Galileo* cit., p. 34. Nello stesso volume, a p. 73, sono contenute le parole di Favaro riguardanti il ritardo dell'istituzione della cattedra di filosofia sperimentale.

Chimica. Ferdinando Abbi, *Elementi, principi e particelle: Le teorie chimiche da Paracelso a Stahl*, Loescher, Torino 1980; Angelo Bassani, *Per la storia della Facoltà di Scienze in Italia. La Chimica a Padova dalla caduta di Venezia alla II guerra mondiale (1797-1943)*, Cleup, Padova 2009; Vincenzo Dandolo (a cura di), *Trattato elementare*

di chimica di Antoine Lavoisier, 4 voll., Antonio Zatta e Figli, Venezia 1791; Virgilio Giormani, *L'insegnamento della chimica all'Università di Padova dal 1749 al 1808*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», XVII, 1984, pp. 89 sgg.

Sulla figura di Marco Carburì i rimandi sono i seguenti: Virgilio Giormani, *Un titolo comitale per il professore di chimica Marco Carburì*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», XXV, 1992, pp. 437 sgg.; Raffaello Vergani, *Marco Carburì e le miniere di Zoldo e Cadore. Una relazione del 1765*, Società Filologica friulana, Udine 2009.

Nel testo si sono riportate alcune considerazioni di Paolo Rossi sul ruolo della magia e dell'alchimia nel tardo Quattrocento e nel Cinquecento, in Rossi (a cura di), *Storia della scienza cit.*, I, p. 36. La citazione sempre di Rossi su Paracelso e la filosofia chimica è contenuta in Id., *La nascita della scienza moderna cit.*, p. 216.

Scienze naturali. Giulio Barsanti, *Dalla storia naturale alla storia della natura. Saggio su Lamarck*, Feltrinelli, Milano 1979; Id., *Una lunga pazienza cieca. Storia dell'evoluzionismo*, Einaudi, Torino 2005; Georges-Louis Leclerc de Buffon, *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi*, l'Imprimerie Royale, Paris 1749-89; Giorgio Dal Piaz, *Memorie dell'Istituto Geologico della R. Università di Padova*, Società Cooperativa Tipografica, Padova 1922; Roberto De Visiani, *Notizie intorno alla vita e agli scritti di Pietro Arduino lette nella Tornata del giorno 6 Dicembre 1857 alla I. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Padova*, dalla Tipografia di Angelo Sicca, Padova 1857; Jean-Baptiste de Lamarck, *Système des animaux sans vertèbres; ou, Tableau général des classes, des ordes et des genres de ces animaux*, Deterville, Paris 1801; Id., *Recherches sur l'organisation des corps vivans, et particulièrement sur son origine, sur la cause de ses développemens et des progrès de sa composition, et sur celle qui, tendant continuellement à la détruire dans chaque individu, amène nécessairement sa mort*, Maillard, Paris 1802; Carl von Linné, *Philosophia botanica. In qua explicantur fundamenta botanica cum definitionibus partium, exemplis terminorum, observationibus rariorum, adjectis figuris aeneis*, apud Godofr. Kiewewetter, Stockholmiae, 1751; Arthur Lovejoy, *La grande catena dell'essere*, Feltrinelli, Milano 1966 (ed. or. *The Great Chain of Being*, Harvard University Press, Cambridge 1936); Ernst Mayr, *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri, Torino 1990 (ed. or. *The growth of biological thought*, Harvard University Press, Cambridge 1982); Paolo Rossi, *I segni del tempo: storia della terra e storia delle nazioni da Hooke a Vico*, Feltrinelli, Milano 1979; Pier Andrea Saccardo, *Il primato degli italiani nella botanica. Discorso letto il 5 novembre 1893 nell'aula Magna della R. Università di Padova per l'inaugurazione dell'anno accademico*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1893; Ezio Vaccari, *Giovanni Arduino*, in *Il contributo italiano alla storia del pensiero. Scienze*, Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani, Roma 2013; Pier Giovanni Zanetti, *L'Orto Agrario di Padova e l'agricoltura nuova*, in «Rivista di storia dell'agricoltura», XXXVI, 1996, 1, pp. 5-68.

In particolare per ripercorrere la storia dell'Orto botanico di Padova, le premesse storiche e scientifiche che portano alla sua nascita si veda Alessandro Minelli (a cura di), *L'Orto botanico di Padova 1545-1995*, Marsilio, Venezia 1995.

La citazione di Carlo Linneo è tratta da Rossi (a cura di), *Storia della scienza cit.*, II, p. 343.

Si sono riportate nel testo le parole di Ezio Vaccari su Giovanni Arduino, in Vaccari, *Giovanni Arduino* cit., pp. 384 sgg. La traduzione del brano di Lamarck del suo *Système des animaux sans vertèbres* cit. è di Antonello La Vergata.

Le osservazioni di J. W. Goethe sull'Orto botanico sono contenute in Id., *Viaggio in Italia* cit., p. 57.

2. La scienza nell'Ottocento e le successive articolazioni disciplinari

Sui professori di materie scientifiche nell'Ottocento si rimanda specificatamente al volume di Sandra Casellato e Luisa Pigatto, *Professori di materie scientifiche all'Università di Padova nell'Ottocento*, Lint, Trieste 1996.

La fonte principale delle considerazioni sul ruolo che la cultura scientifica ha avuto e continua ad avere nella storia dell'Italia, dall'Unità a oggi, è il testo di Angelo Guerraggio e Pietro Nastasi, *L'Italia degli scienziati. 150 anni di storia nazionale*, Bruno Mondadori, Milano 2010.

La citazione del filosofo e storico della scienza inglese William Whewell riportata all'inizio del paragrafo è tratta da Id., *On the Connexion of the Physical Sciences*. By Mrs. Somerville, in «The Quarterly Review», LI, 1834, pp. 54-68, p. 59.

Astronomia. Maria Cecilia Ghetti (a cura di), *Le scienze astronomiche nel Veneto dell'Ottocento*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 2007; Luisa Pigatto - Valeria Zanini, *Spectroscopic observations of the 1874 transit of Venus: The Italian party at Muddapur, eastern India*, in «Journal of Astronomical History and Heritage», IV, 2001, 1, pp. 43-58; Giovanni Santini, *Rapporti sulle osservazioni dell'eclisse totale di sole del 22 dicembre 1870. Eseguite in Sicilia dalla Commissione Italiana*, Stabilimento Tipografico Lao, Palermo 1872; Angelo Secchi, *Le scoperte spettroscopiche in ordine alla ricerca della nature dei corpi celesti*, Tipografia delle Belle Arti, Roma 1865; Domenico Turazza, *Commemorazione del professore Giovanni Santini*, in «Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», s. V, 1877-78, 4, pp. 1-17; Valeria Zanini, *Giuseppe Lorenzoni. Uomo, astronomo e maestro*, in Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia, *Atti del XXXIV Convegno annuale/Proceedings of the 34th Annual Conference* (Firenze, 2014), a cura di Pasquale Tucci, Pavia University Press, Pavia 2016.

La citazione di Angelo Secchi sulla spettroscopia all'inizio del sottoparagrafo è tratta da Secchi, *Le scoperte spettroscopiche* cit., p. 4. Le riflessioni di Charles Darwin relative al dibattito sulla temperatura del Sole compaiono nella sesta edizione, edita nel 1872, della sua opera *On the Origin of Species by Means of Natural Selection Or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, London 1859. Gli estratti del resoconto di Enrico Legnazzi sulla spedizione in Sicilia del 1870 si trovano in Santini, *Rapporti sulle osservazioni dell'eclisse* cit., pp. 113, 110, 114 (in ordine di apparizione nel testo).

Matematica. Giuseppe Avanzini, *Elogio di Pietro Cossali*, in «Memorie della Società italiana delle scienze», s. I, XIX, 1824, 1, pp. 110-51, Presso la Tipografia Camerale, Modena; Ugo Baldini, *Collalto, Antonio*, in *Dizionario biografico degli italiani*, XXVI, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1991; Giusto Bellavitis, *Sposizione del metodo delle equipollenze*, pei tipi della Regio-Ducal Camera, Modena 1854; Gio-

vambattista Fantonetti, G. *Avanzini*, in «Memorie dell'Imperial R. Istituto del Regno lombardo-veneto», v, 1838, pp. 42 sgg., dall'Imp. Regia Stamperia, Milano; Antonio Favaro, *La storia delle matematiche nella Università di Padova: lettera del prof. Antonio Favaro a D. B. Boncompagni*, Tipografia delle Scienze Matematiche e Fisiche, Roma 1878; Id., *Della vita e degli scritti di Serafino Rafaele Minich*, Tipografia G. Antonelli, Venezia 1883; Seminario di storia delle scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto, *Le scienze matematiche nel Veneto dell'Ottocento: atti del terzo Seminario di storia delle scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto: Venezia, 22 e 23 novembre 1991*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 1994; Domenico Turazza, *Commemorazione di Giusto Bellavitis*, in «Memorie del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», s. v, novembre 1881-ottobre 1882, pp. 295 sgg.; Minnaja, Giusti, Baldassarri, *I matematici nell'Università di Padova* cit.

La citazione di Domenico Turazza sul metodo delle equipollenze di Giusto Bellavitis è tratta da Turazza, *Commemorazione di Giusto Bellavitis* cit., p. 295. Le parole di Antonio Favaro sull'importanza di un insegnamento di storia della scienza si trovano nel suo testo *La storia delle matematiche nella Università di Padova* cit., pp. 1-2.

Fisica. Manfredo Bellati, *Commemorazione del professore Francesco Rossetti*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1866; Giovanni Colombini - Gian Antonio Salandin (a cura di), *La fisica a Padova nell'800. Le opere di Salvatore Dal Negro nel campo dell'elettricità*, Dipartimento di Fisica Galileo Galilei, Padova 1994; Salvatore Dal Negro, *Descrizione degli Arieti elettro-magnetici tanto semplici quanto composti immaginati dal prof. ab. Salvatore Dal Negro*, in «Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto», VIII, 1838, Coi Tipi del Seminario, Padova, pp. 3-16; Fanny Marcon, *Rossetti, Francesco*, in *Dizionario biografico degli italiani*, LXXXVIII, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 2017; Giulio Peruzzi - Sofia Talas, *Bagliori nel vuoto. Dall'uovo elettrico ai raggi X. Un percorso tra elettricità e pneumatica dal Seicento a oggi*, catalogo della mostra (Padova, 2004), Canova, Treviso 2004; Francesco Rossetti, *Sulla temperatura del sole*, in «Memorie della Società Degli Spettroscopisti Italiani», VII, 1878, pp. 22-35; Giuseppe Vicentini - Giulio Pacher, *Esperienze coi raggi Roentgen*, in «Memorie del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», XXV, 1896, 7, pp. 3-18; Alessandro Volta, *On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds*, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», W. Bulmer & Co., London 1800.

Per delineare la figura di Augusto Righi, specialmente con riferimento alla sua opera nel periodo padovano, si è attinto principalmente dalle seguenti fonti: Bernardo Dessau, *L'opera scientifica di Augusto Righi. Conferenza tenuta per iniziativa della Società italiana di fisica nella seduta del 13 marzo 1907*, Tipografia dell'Unione Cooperativa editrice, Roma 1907, Ristampato in «Giornale di fisica», XI, 1970, pp. 61-73; Giorgio Dragoni, *Speciale Augusto Righi*, in «Montese Notizie, periodico di informazione e cultura», 1996, 10.

L'osservazione di Giuseppe Vicentini sulla scoperta dei raggi X è tratta da Vicentini - Pacher, *Esperienze coi raggi Roentgen* cit., p. 3.

Chimica. Angelo Bassani, *Temi e figure della ricerca chimica nel Veneto austriaco (1815-1866)*, in «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle scienze detta dei XL-

Memorie di scienze Fisiche e Naturali», s. v, xvii, 1993, 2, pp. 235-57; Id., *La chimica dell'800 nelle istituzioni. Il caso di Francesco Ragazzini (1/10/1799-17/8/1873)*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», xxviii, 1995, pp. 89 sgg.; Id., *Il Contributo Di Girolamo Melandri Contessi Allo Sviluppo Degli Studi Idrologici Veneti*, in «Physis, rivista internazionale di storia della scienza», xxxiv, 1997, 1-2, pp. 139-82; Id. (a cura di), *La Chimica e le tecnologie chimiche nel veneto dell'800*, in «Atti del settimo seminario di storia delle scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto», Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 2001; Giovanni Battista Bonino, *Ciamician, Giacomo*, in *Dizionario biografico degli italiani*, xxv, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1981; Giuseppe Bruni, *Commemorazione solenne di Giacomo Ciamician nell'aula dell'Archiginnasio, 11 aprile MCMXXII*, in «Rendiconto della R. Accademia di scienze, Istituto di Bologna», Tipografia Paolo Neri, Bologna 1923, pp. 23-55; August Kekulé, *On some points of Chemical philosophy*, in «The Laboratory: a weekly record of Scientific Research», 1, 1867, pp. 303 sgg.; Raffaello Nasini, *La chimica fisica: il suo passato, quello che è e quello che si propone. Prolusione al Corso di Chimica fisica, letta nell'Istituto di Chimica generale dell'Università di Pisa*, A. Draghi, Padova 1907; Bernard Pullman, *The atom in the history of human thought*, Oxford University Press, Oxford 2001.

L'enunciato della legge dei volumi di combinazione espresso da Gay-Lussac e le riflessioni di Stanislao Cannizzaro sull'opera di Amedeo Avogadro si trovano in Rosi (a cura di), *Storia della scienza* cit., iii, pp. 269-300. Le considerazioni di Friedrich August Kekulé sulla teoria atomica sono contenute in Kekulé, *On some points of Chemical philosophy* cit. Le parole di Raffaello Nasini sul progetto di rinnovamento ed espansione degli istituti universitari sono citate in Bassani (a cura di), *La chimica e le tecnologie chimiche* cit., pp. 299-300. È riportato nel testo un estratto della prolusione di Nasini al corso di chimica fisica a Pisa, in Nasini, *La chimica fisica* cit.

Scienze naturali. Bruno Battaglia, Gian Antonio Danieli, Alessandro Minelli (a cura di), *Le scienze biologiche nel Veneto dell'Ottocento, Atti del VI seminario di storia delle scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 1998; Giuseppe Antonio Bonato, *Elogio dei veneti promotori della scienza erbaria: letto nell'apertura degli studj nella Università di Padova l'anno 1812 dal signore Giuseppe Antonio Bonato...; e pubblicato la prima volta in occasione delle faustissime nozze del nobile signore dott. Domenico Lucheschi colla contessa Caterina Rota*, co' tipi di Angelo Sicca, Padova 1851; Giovanni Canestrini, *Commemorazione del prof. Commendatore Roberto De Visiani*, Tipografia Alla Minerva, Padova 1878; Id., *L'indirizzo dell'odierna biologia, orazione inaugurale de' corsi accademici dell'anno 1881-1882 letta nell'Aula Magna di Padova il 21 Novembre 1881 dal Professore ordinario di Zoologia, Anatomia e Fisiologia comparate Giovanni Canestrini*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1882; Id., *Commemorazione di Carlo Darwin letta nell'Aula Magna della R. Università di Padova li 21 maggio 1882*, Prosperini, Padova 1882; Giovanni Canestrini - Riccardo Canestrini, *Batteriologia*, Hoepli, Milano 1890; Sandra Casellato, *Il darwinismo a Padova. Giovanni Canestrini*, Manfrini, Trento 1983; Charles Darwin, *Sull'origine delle specie per elezione naturale ovvero conservazione delle razze perfezionate nella lotta per l'esistenza (rist. anastatica 1864)*, prima traduzione italiana col consenso dell'autore

per cura di Giovanni Canestrini e Leonardo Salimbeni, introduzione di Alessandro Minelli, Padova University Press, Padova 2009 (ed. or. *On the Origin of Species* cit.); Charles Darwin, *Autobiografia (1809-1882)*, a cura di Nora Barlow, trad. it. di Luciana Fratini, introduzione di Giulio Giorello, prefazione di Giuseppe Montalenti, Einaudi, Torino 2016 (ed. or. contenuta in *The life and letters of Charles Darwin including an autobiographical Chapter*, a cura di Francis Darwin, John Murray, Albe-Marle Street 1887); *Diario del Nono Congresso degli scienziati italiani convocati in Venezia nel settembre 1847*, Co' Tipi di Giovanni Cecchini, Venezia 1847; Leopoldo Di Muro, *Commemorazione di Antonio Keller letta nell'aula magna della R. Università di Padova il 31 gennaio 1904*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1904; Antonio Lazzarini, *L'agricoltura veneta dell'Ottocento*, in *Scienze e Tecniche agrarie nel Veneto dell'Ottocento, Atti del II seminario di Storia delle scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 1992, pp. 31-112; Charles Lyell, *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface by reference to causes now in operation*, John Murray, London 1830-33; Giovanni Omboni, *Per chi vorrà leggere la mia autobiografia 1829-1895*, opera manoscritta, Biblioteca del Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova 1895; Louis Pasteur, *Le Budget de la Science*, Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire du Bureau des Longitudes, de l'École Impériale Polytechnique, Successeur de Mallet-Bachelier, Quai des Augustins, 55, Paris 1868; Pier Andrea Saccardo, *Mycologiae Venetae Specimen*, in «Atti della Società Veneto-Trentino di Scienze Naturali Residente in Padova», II, 1873, pp. 53-264; Id., *La botanica in Italia: materiali per la storia di questa scienza*, Tipografia Carlo Ferrari, Venezia 1895; Id., *Commemorazione del prof. Giovanni Omboni*, in «Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», s. VIII, 1909-10, 69, parte I, pp. 91-109.

Per maggiori dettagli sul dibattito che coinvolge fisici, biologi e geologi sull'età del Sole si consultino le seguenti fonti: William Thomson, *On the Age of the Sun's Heat*, in «Macmillan's Magazine», v, MacMillan and Co., Cambridge 1862, pp. 388-93; Id., *The age of the Earth as an abode fitted for life*, in «Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution», 1897, pp. 337-51; Joe D. Burchfield, *Darwin and the Dilemma of Geological Time*, in «Isis», LXV, 1974, 3, pp. 300-21.

La citazione di Darwin all'inizio del sottoparagrafo è tratta da Id., *Sull'origine delle specie* cit., p. 387, mentre gli estratti della sua autobiografia si trovano in Id., *Autobiografia* cit., p. 104, pp. 112, 113 (in ordine di apparizione nel testo). Il brano di Louis Pasteur riguardante il ruolo degli esperimenti e dei laboratori è tratto da Pasteur, *Le Budget de la Science* cit., p. 4 (trad. it. nostra). Nel testo sono riportate le parole di Giuseppe Bonato sullo stato della botanica in Veneto, tratte da Bonato, *Elogio dei veneti promotori della scienza erbaria* cit., p. 19, p. 8. L'esperienza di chimica industriale in cui sono coinvolti Luigi Arduino e Girolamo Melandri è documentata nel «Giornale del Brenta», 7 marzo 1812, 1, p. 40. Sulla Festa dei Fiori organizzata presso l'Orto botanico di Padova in occasione della «Riunione degli scienziati italiani» nel 1847 a Venezia si danno notizie in *Diario del Nono Congresso* cit., p. 61. Gli estratti del discorso inaugurale di Giovanni Canestrini per l'anno accademico 1881-82 si trovano in Id., *L'indirizzo dell'odierna biologia, orazione inaugurale* cit., p. 8, p. 29. Il brano sulla commemorazione di Charles Darwin è tratto da Canestrini,

Commemorazione di Carlo Darwin cit., p. 3. L'estratto del manuale di batteriologia di Giovanni e Riccardo Canestrini è contenuto in *Batteriologia* cit., p. 1.

3. I progressi delle scienze e la nascita di nuovi settori disciplinari nel Novecento

Un inquadramento completo degli sviluppi delle varie discipline scientifiche durante il XX secolo corredato da puntuali note e riferimenti bibliografici si può trovare sempre in Rossi (a cura di), *Storia della scienza*, Gruppo editoriale L'Espresso, Roma 2006, in particolare i voll. VI, VII e VIII.

La citazione riportata all'inizio del paragrafo è tratta dal testo di Victor Weisskopf, *Il privilegio di essere un fisico*, Jaca Book, Milano 1994 (ed. or. V. Weisskopf, *The privilege of being a physicist*, W. H. Freeman, New York 1989).

Astronomia. Pierluigi Bernacca - Mario Perinotto, *Contributi dell'Osservatorio Astrofisico dell'Università di Padova in Asiago*, Cleup, Padova 1973; Emilio Bianchi, *Commemorazione del Professore Antonio Maria Antoniazzi*, Giovanni Bardi, Roma 1926; Ileana Chinnici (a cura di), *Starlight. La nascita dell'astrofisica in Italia*, Arte'm-Inaf, Napoli-Roma 2016; Giuseppe Lorenzoni, *L'astronomia in questi ultimi tempi: discorso letto nella solenne adunanza del R. Istituto veneto di scienze lettere ed arti il 15 agosto 1882*, Tipografia di G. Antonelli, Venezia 1882; Luisa Pigatto, *Leonida Rosino astronomo: in occasione della dedica alla sua memoria della Stazione astronomica di cima Ekar*, Tipografia Gotica, Padova 1997; Leonida Rosino - Cesare Barbieri (a cura di), *Atti delle celebrazioni del 5. Centenario della nascita di Nicolo Copernico e inaugurazione e convegno scientifico all'Osservatorio di Cima Ekar Padova - Asiago giugno 1973*, Tipografia Antenore, Padova 1974; Francesco Zagar, *Giovanni Silva. Commemorazione*, in «Memorie della Società astronomica italiana», XXIX, 1958, 4, pp. 361-80.

Per seguire più da vicino le vicende istituzionali degli Osservatori di Padova e di Asiago, nella prima metà del Novecento, si riportano i seguenti decreti: regio decreto 31 dicembre 1923, n. 3106, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 1924, *Ordinamento dei Regi Osservatori astronomici e del Regio Osservatorio Vesuviano*, con il quale l'Osservatorio di Padova diviene un ente giuridico autonomo, appartenendo allo stesso ministero dell'Educazione nazionale come l'Università ma viene escluso dai benefici dei consorzi universitari per il rinnovo dell'edilizia universitaria. Regio decreto 29 luglio 1933, n. 1003, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 190 del 17 agosto 1933, che riguarda la *Spesa di L. 55.000.000 quale concorso dello Stato nella sistemazione edilizia delle Regie università di Padova, di Firenze e di Pavia*. All'articolo 2 comma a) si assegnano 35 milioni di lire da destinarsi in cinque esercizi. Nella convenzione allegata all'articolo 2 si specificano le spese da farsi. Tra queste si trova la *Sistemazione dell'Osservatorio astronomico attuale L. 700.000 - Succursale dell'Osservatorio fuori città con nuovo equatoriale L. 1.500.000*. Legge 8 agosto 1942, n. 1145, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 242 del 14 ottobre 1942, *Riordinamento dei Regi osservatori astronomici*, con la quale i direttori degli osservatori vengono nominati per titoli in seguito a concorso.

Matematica. Ugo Amaldi, *Commemorazione del socio Tullio Levi-Civita*, in «Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei», s. VII, I, 1946, pp. 1130-35; Piero Benedetti, *Fondamenti di Geometria*, in *Enciclopedia delle Matematiche Elementari*,

a cura di Luigi Berzolari, Giulio Vivanti, Duilio Gigli, Hoepli, Milano 1937; Sandro Caparrini - Rossana Tazzioli (a cura di), *Alle origini della Fisica teorica. La corrispondenza tra Augusto Righi e Tullio Levi-Civita (1901-1920)*, in «PRISTEM Storia: Note di Matematica, Storia e Cultura», 2011, 29-30; Ciro Ciliberto - Emma Sallent Del Colombo, *Francesco Severi. Il suo pensiero matematico e politico prima e dopo la Grande Guerra, in Serva di due padroni. Saggi di storia della Matematica in onore di Umberto Bottazzini*, Egea, Milano 2019, pp. 335-70; Jean Dieudonné, *Logica e matematica nel 1980*, in *La nuova ragione. Scienza e cultura nella società contemporanea*, a cura di Paolo Rossi, il Mulino, Bologna 1981, pp. 15-25; David Hilbert, *I fondamenti della geometria*, Feltrinelli, Milano 1970 (ed. or. *Grundlagen der Geometrie*, Teubner, Leipzig 1899); Tullio Levi-Civita, *Lezioni di calcolo differenziale assoluto, raccolte e compilate dal Dott. Enrico Persico*, Alberto Stock, Roma 1925; Id., *Opere matematiche. Memorie e note, pubblicate a cura dell'Accademia nazionale dei Lincei*, 6 voll., Nicola Zanichelli, Bologna 1954-73; Gabriele Lolli, *La nuova immagine della matematica*, testo ampliato dell'intervento al convegno dell'Associazione italiana di logica e sue applicazioni (Aila), *Quale logica per la didattica* (Verona, 24 ottobre 2009); Carlo Felice Manara, *Giuseppe Veronese ed il problema del continuo geometrico* (estratto dai «Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano», LVI, 1986), Tipografia Fusi, Pavia 1988; Franco Palladino, *Il fondo di modelli e strumenti matematici antichi dell'Università di Padova e l'iniziativa di Giuseppe Veronese per un Laboratorio nazionale italiano*, Grafiche Erredici, Padova 1999; Gregorio Ricci-Curbastro - Tullio Levi-Civita, *Méthodes du calcul différentiel absolu et leurs applications*, in «Mathematische Annalen», LIV, 1900, pp. 125-201.

La citazione inserita all'inizio della sezione è tratta da Dieudonné, *Logica e matematica nel 1980* cit. Le considerazioni di Tullio Levi-Civita sulle applicazioni del calcolo differenziale si possono trovare in Id., *Lezioni di calcolo differenziale assoluto* cit., pp. 5-6. Si è riportato un passo della commemorazione di Levi-Civita tenuta da Ugo Amaldi, in Levi-Civita, *Opere matematiche* cit., I, pp. XIV-XV. Il carteggio completo tra Francesco Severi e Levi-Civita si trova in Ciliberto, Sallent Del Colombo, *Francesco Severi* cit.

Fisica. Massimilla Baldo Ceolin, Antonio Rostagni, Società cooperativa tipografica, Padova 1991; Pietro Bassi, Paolo Mittner, Iginio Scotoni, *A half liter «clean bubble chamber»*, in «Il Nuovo Cimento», II, 1955, pp. 1334 sgg.; Giovanni Busetto, Giulio Peruzzi, Elisa Prandini, Sofia Talas, Luigi Tibaldo (a cura di), *Bruno Benedetto Rossi, in L'enigma dei raggi cosmici/Bruno Rossi*, Padova University Press, Padova 2012, pp. 3 sgg.; Nicolò Dalla Porta, *Researches on high energy physics in Padova in the period 1945-1960*, in *The restructuring of physical sciences in Europe and the United States 1945-1960*, a cura di Michelangelo De Maria, Mario Grilli, Fabio Sebastiani, World Scientific, Singapore 1989, pp. 532-47; Albert Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, in «Annalen der Physik», s. IV, XVII, 1905, pp. 891-921; Id., *Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie*, in «Annalen der Physik», s. IV, XLIX, 1916, pp. 769-822; Id., *Opere scelte*, a cura di Enrico Bellone, Bollati Boringhieri, Torino 1988; Arturo Loria, Paolo Mittner, Iginio Scotoni, Guido Zago, *Camera a bolle a propano*, in «Il Nuovo Cimento», XI, 1959, pp. 718-24; Maria Nicolaci, *Milla Baldo Ceolin*, L'asino d'oro, Roma 2015; Giulio Peruzzi - Sofia Talasa, *Bruno Benedetto Rossi, the*

Italian Years, 1928-1938, in *The Scientific Legacy of Bruno Rossi Colloquium on the 100th anniversary of his birth*, Università degli Studi di Padova, Padova 2006, pp. 89-109; Giulio Peruzzi - Sofia Talas, *The Italian contributions to cosmic-ray physics from Bruno Rossi to the G-Stack. A new window into the inexhaustible wealth of nature*, in «La rivista del Nuovo Cimento della Società Italiana di Fisica», xxx, 2007, pp. 197-257; Bruno Rossi, *I raggi cosmici*, Einaudi, Torino 1971; Sofia Talas, *Pietro Bassi*, in Piero Del Negro (a cura di), *Clariores. Dizionario biografico dei docenti e degli studenti dell'Università di Padova*, Padova University Press, Padova 2015.

Una concisa ma puntuale descrizione della personalità di Nicolò Dalla Porta, all'inizio della sua carriera a Torino come assistente di fisica, si può trovare nella raccolta di Primo Levi, *Il sistema periodico*, Einaudi, Torino 1975.

La citazione di Karl Kelchner Darrow all'inizio della sezione dedicata alla fisica padovana è tratta da Bruno Rossi, *I raggi cosmici* cit.

Chimica. Luigi Amati - Giovanni Semerano, *Un contributo alla storia della chimica. Arturo Miolati (1869-1956)*, in «Rendiconti dell'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL-Memorie di scienze fisiche e naturali», s. v, IX, 1985, 2, pp. 54-62; Angelo Bassani, *L'esperienza padovana di Raffaello Nasini tra consorzio universitario e riforma degli studi chimici*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», xxxiv, 2001, pp. 281 sgg.; Id., *L'istituzione della prima cattedra di elettrochimica*, in *Atti del 13. Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica, 23-26 settembre 2009*, a cura di Franco Calascibetta, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma 2009; Angelo Bassani, *Per la storia della Facoltà di Scienze in Italia. La Chimica a Padova dalla caduta di Venezia alla II guerra mondiale (1797-1943)*, Cleup, Padova 2009; Giuseppe Bruni, *La chimica fisica nei suoi rapporti colle scienze biologiche*, G. Bertero, Roma 1909; Giuseppe Bruni, Antonio Dionisi, Federigo Enriques, Andrea Giardina, Eugenio Rignano (comitato di direzione), «Rivista di Scienza, Organo internazionale di sintesi scientifica (Edizione per l'Italia)», 1, 1907, 1; Raffaello Nasini, *Divagazioni e considerazioni sui nuovi regolamenti speciali per le facoltà considerati principalmente in riguardo agli studi della chimica*, Tipografia del «Veneto», Padova 1906; Giovanni Semerano, *L'Istituto di Chimica fisica: Triennio 1938-1941 (R. Università degli studi di Padova)*, Tipografia del Seminario, Padova 1941; Id., *La fotochimica alla scuola del prof. Arturo Miolati*, in *Atti del 4. Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica, 7-9 novembre 1991*, a cura di Gianni Michelon, Venezia 1991, pp. 321-8.

Il discorso di Umberto D'Ancona sul Comitato talassografico italiano è tratto da Id., *L'Istituto Nazionale di Studi Talassografici e le Ricerche in Adriatico*, in «Bollettino di zoologia», xxiii, 1956, 2, pp. 343-8, p. 343. Le parole di Giovanni Semerano sull'Istituto di chimica fisica si trovano in Id., Semerano, *L'Istituto di Chimica fisica* cit. Dalla memoria di Semerano, *La fotochimica alla scuola del prof. Arturo Miolati* cit., p. 324, è stato estratto il brano riportato nel testo sulle fotografie realizzate da Emilio Viterbi.

Scienze naturali. Davide Carazzi, *Teorie e critiche nella moderna biologia*, proloquio letto il 20 gennaio 1906, 2^a ed., Fratelli Drucker, Padova-Verona 1906; Umberto D'Ancona, *Dell'influenza della stasi peschereccia del periodo 1914-18 sul patrimonio ittico dell'Alto Adriatico*, in «Memoria. R. Comitato Talassografico Italia-

no», 1926, 126, pp. 1-95; Id., *La lotta per l'esistenza*, Einaudi, Torino 1942; Id., *L'Istituto Nazionale di Studi Talassografici* cit.; Giorgio Dal Piaz (a cura di), *Memorie dell'Istituto Geologico della R. Università di Padova*, IV, 1919-1922, Società Cooperativa Tipografica, Padova 1922.

Per seguire più da vicino le vicende che coinvolgono il campo della biologia, in particolare a partire dall'elaborazione della sintesi moderna dell'evoluzione in avanti, si consultino i testi indicati di seguito: Massimo Bernardi - Alessandro Minelli, *Il concetto di specie e la paleontologia. Una rassegna introduttiva*, in «Rendiconti Online della Società Geologica Italiana», XIII, 2011, pp. 2-26; Niles Eldredge, *Ripensare Darwin. Il dibattito alla Tavola alta dell'evoluzione*, Einaudi, Torino 1999 (ed. or. *Reinventing Darwin: The Great Debate at the High Table of Evolutionary Theory*, Wiley Publishers, New York 1995); Paolo Enriques, *Conciliazione tra la teoria dell'eredità e quella dell'evoluzione*, in «Scientia», XLIX, 1931, pp. 335-46; Arthur Lovejoy, *La grande catena dell'essere*, Feltrinelli, Milano 1966 (ed. or. *The Great Chain of Being*, Harvard University Press, Cambridge 1936); Ernst Mayr, *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri, Torino 1990 (ed. or. *The growth of biological thought*, Harvard University Press, Cambridge 1982); Erwin Schrödinger, *Che cos'è la vita? La cellula vivente dal punto di vista fisico*, Adelphi, Milano 1946 (ed. or. *What is life? The physical aspect of the living cell*, Cambridge University press, Cambridge 1948); James Dewey Watson - Francis Harry Compton Crick, *Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid*, in «Nature», CLXXI, 1953, pp. 737-8.

Le osservazioni di Bernardino Fantini sulla biologia molecolare sono tratte da Rossi (a cura di), *Storia della scienza* cit., VIII, p. 65. Sulla nuova sintesi tra genetica, biochimica ed embriologia il riferimento è sempre la *Storia della scienza* curata da Rossi, p. 143. Le parole di Davide Carazzi sulla teoria darwiniana citate nel testo si trovano in Id., *Teorie e critiche nella moderna biologia* cit. Sull'Istituto di geologia si è riportato il brano di Giorgio Dal Piaz in Id. (a cura di), *Memorie dell'Istituto Geologico* cit., pp. 6-15.

Gli sviluppi dell'ingegneria dalle botteghe artigiane a oggi

Per seguire l'evoluzione della figura dell'ingegnere in relazione al tessuto sociale, economico e all'ambiente accademico si fa riferimento al volume di Michela Minesso, *Tecnici e modernizzazione nel Veneto. La scuola dell'Università di Padova e la professione dell'ingegnere, 1806-1915*, Lint, Trieste 1992.

Per ripercorrere le vicende istituzionali della Scuola di applicazione per gli ingegneri dell'Università di Padova, a partire dall'anno della sua fondazione, si veda il volume dell'Università degli Studi di Padova, Facoltà di Ingegneria, *I cento anni della Scuola per gli ingegneri dell'Università di Padova: 1876-1976, In appendice: Rist. anast. delle Notizie sulla Scuola d'applicazione per gli ingegneri del prof. A. Favaro (1875)*, Istituto tipografico editoriale, Dolo 1978.

Le osservazioni di Joel Mokyr riportate nell'introduzione al capitolo sono contenute nel testo di Mokyr, *La leva della ricchezza. Creatività tecnologica e progresso economico*, il Mulino, Bologna 1995 (ed. or. *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, New York 1990).

1. Artigiani e tecnici nell'università, nelle accademie e nel territorio nel Seicento e nel Settecento

Per inquadrare la figura dell'ingegnere nel Veneto dal Seicento fino alla vigilia della dominazione napoleonica si veda il capitolo I del volume di Minesso, *Tecnici e modernizzazione nel Veneto* cit.

Alcune informazioni sui principali sistemi di formazione degli ingegneri in Italia e in Europa si trovano nel lavoro di Gian Carlo Calcagno, *La figura dell'ingegnere tra Settecento e Ottocento, Ingegneria e politica nell'Italia dell'Ottocento*. Pietro Paleocapa, *Atti del Convegno di studi (Venezia 6-8 ottobre 1988)*, Istituto Veneto di Scienze Lettere e Arti, Venezia 1990.

Sulla storia delle invenzioni e delle evoluzioni tecniche dal Rinascimento fino al Settecento si rimanda al volume a cura di Charles Singer, Eric John Holmyard, A. Rupert Hall, Trevor I. Williams, *Storia della tecnologia*, Bollati Boringhieri, Torino 2013 (in particolare, il vol. III; ed. or. *A History of Technology*, Clarendon Press, Oxford 1958).

Per quanto riguarda le proposte di riforma degli studi da parte di Simone Stratico si rimanda al contributo di Piero Del Negro, *I Pensieri di Simone Stratico sull'Università di Padova (1760)*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», vol. 17, 1984, p. 191 e ss.

Le considerazioni di Antonio Favaro sulla cattedra di teoria nautica e architettura navale si trovano in *Notizie sulla Scuola d'applicazione per gli ingegneri del prof. A. Favaro (1875)* cit.

L'estratto della Scrittura dei Riformatori dello Studio di Padova del 16 maggio 1771 riguardante la nuova cattedra dedicata all'architettura pratica civile è riprodotto in *L'Università di Padova nei secoli. Documenti di storia dell'Ateneo*, a cura di Piero Del Negro e Francesco Piovan, Edizioni Antilia, Treviso 2017, II, p. 275.

2. L'ingegneria nell'Ottocento: l'affermazione della figura dell'ingegnere in ambiente accademico e la Scuola di applicazione per gli ingegneri

Indichiamo di seguito una serie di testi utili per approfondimenti: Pio Chicchi, *Commemorazione del sen. Gustavo Bucchia*, Tipografia di Giuseppe Antonelli, Venezia 1891; Id., *Il palazzo ex-Contarini (già r. Dogana) e la r. Scuola di applicazione per gli ingegneri: promemoria e progetto di restauro*, Stabilimento Tipografico Ditta Luigi Penada, Padova 1892; Leopoldo Di Muro, *Commemorazione di Antonio Keller. Letta nell'aula magna della r. Università di Padova il 31 gennaio 1904 dal prof. Leopoldo di Muro*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1904; Alberto Mirandola, *Enrico Bernardi e la storia dell'automobile*, Tipografia La Garangola, Padova 2004; Luigi Vittorio Rossi, *Commemorazione del m. e. Enrico Bernardi, emerito della R. Università di Padova: adunanza ordinaria del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti del 22 febbraio 1920*, Premiate officine grafiche C. Ferrari, Venezia 1920; Carlo Giacomo Somenza (a cura di), *Domenico Turazza. Principe dell'ingegneria idraulica letterato e poeta*, in *Atti del convegno, 30 settembre 2013, Accademia galileiana di Padova*, Presso la sede dell'Accademia, Padova 2013; Domenico Turazza, *Commemorazione del professore comm. Gustavo Bucchia senatore del Regno. Letta nella grande aula della R. Università il giorno 23 marzo 1890*, Tipografia Giovanni Battista Randi, Padova 1890.

Per un'approfondita analisi dell'evoluzione tecnologica nel periodo considerato il rimando è a Singer, Holmyard, Hall, Williams (a cura di), *Storia della tecnologia* cit., voll. IV-V.

In particolare, per meglio comprendere i meccanismi dello sviluppo economico in relazione all'impulso della conoscenza tecnologica e scientifica si veda il testo di Joel Mokyr, *I doni di Atena. Le origini storiche dell'economia della conoscenza*, il Mulino, Bologna 2004 (ed. or. *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*, Princeton University Press, Princeton 2002).

Le parole di Renato Giannetti sulle rivoluzioni industriali citate nel testo si trovano in Id., *Tecnologia e sviluppo economico italiano. 1870-1990*, il Mulino, Bologna 1998, p. 91. Le considerazioni di Francesco Bacone sulle arti meccaniche sono tratte da Id., *Scritti filosofici*, a cura di Paolo Rossi, Utet, Torino 2016, p. 483. Nel testo sono riportate le parole di Antonio Favaro relative al campo d'indagine di ingegneri architetti e periti agrimensori, in *Notizie sulla Scuola d'applicazione per gli ingegneri del prof. A. Favaro (1875)* cit., p. 14. Le osservazioni di Pio Chicchi sullo stato di arretratezza dell'Italia in ambito industriale citate nel volume sono contenute in Id., *Commemorazione del sen. Gustavo Bucchia* cit., p. 732. Sempre qui, ma a p. 734, si trova la citazione di Chicchi su Gustavo Bucchia.

3. Dall'ingegneria elettrotecnica all'ingegneria aerospaziale

Per approfondimenti su questa sezione si vedano: Dante Bonvicini, *Carlo Parvopassu (Estratto dall'Annuario dell'Università di Padova per l'anno accademico 1959-1960)*, 1960; Giuseppe Colombo, *Giuseppe Colombo. Un uomo rivolto al futuro, atti del Convegno tenuto a Padova il 20 febbraio 1985*, Università di Padova, Facoltà di Ingegneria, Istituto di meccanica applicata alle macchine, Padova 1986; Balbino Del Nunzio, *Scritti in onore del prof. Balbino Del Nunzio*, Tipografia del Seminario, Padova 1963; Daniele Donghi, *La nuova sede della r. scuola di ingegneria di Padova*, Stabilimento Tipografico Nazionale, Trieste 1933; Antonio Lepschy, *L'Automatica in Italia dal 1945 al 1975*, in «Automazione e Strumentazione», XLV, 1997, 9, pp. 91-7; Id., *Scritti*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 2008; Lorenzo Maranesi, *Giovanni Someda e il suo tempo (30 maggio 1901-31 marzo 1978)*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, XLII, Venezia 2004; Carlo Parvopassu, *L'Istituto di meccanica applicata ed annesso r. laboratorio sperimentale per la prova dei materiali da costruzione nella r. scuola di ingegneria di Padova. Notizie e cenni descrittivi*, Stabilimento tipografico nazionale, Trieste 1933; Rinaldo Sartori, *Lori Ferdinando: 29 settembre 1869-18 settembre 1947*, C. Tamburini, Milano 1949; Gianfranco Scorrano, *La Chimica Italiana*, EdiSes, Napoli 2009; Giovanni Someda - Michelangelo Merlin, *Un elettromagnete di grande potenza per lastre nucleari*, in «Il Nuovo Cimento», XI, 1954, 1, pp. 73-8.

Per ripercorrere le complesse vicende legate al «caso Mattei» si rimanda ai testi: Nico Perrone, *Enrico Mattei*, il Mulino, Bologna 2001; Italo Pietra, *Mattei, la pecora nera*, Sugarco, Milano 1987.

Un riferimento per ripercorrere le vicende legate al «caso Olivetti» è Meryle Secrest, *Il caso Olivetti*, Rizzoli, Milano 2020 (ed. or. *The Mysterious Affair at Olivetti: Ibm, the Cia, and the Cold War Conspiracy to Shut Down Production of the World's First Desktop Computer*, Alfred A. Knopf, New York 2019).

Per approfondire la storia del Cise (Centro informazioni studi esperienze) si rimanda al testo di Mario Silvestri, *Il costo della menzogna. Italia nucleare 1945-1968*, Einaudi, Torino 1968, e al testo a cura di Sergio Zaninelli, *Ricerca, innovazione, impresa. Storia del Cise: 1946-1996*, Laterza, Roma-Bari 1996.

In generale, per una completa ed esaustiva indagine dell'evoluzione tecnologica nel periodo considerato si confrontino le seguenti fonti: Singer, Holmyard, Hall, Williams (a cura di), *Storia della tecnologia* cit., VI-VII. In particolare, per un'accurata analisi della composizione del potenziale produttivo italiano nel corso delle varie fasi della crescita moderna in relazione alle innovazioni tecnologiche che le hanno contrassegnate si veda il testo di Giannetti, *Tecnologia e sviluppo economico italiano* cit.

Per un'analisi storica della cultura informatica in Italia si rimanda al testo di Giorgio Sacerdoti e Francesco Ranci, *La cultura informatica in Italia. Riflessioni e testimonianze sulle origini. 1950-1970*, Bollati Boringhieri-Fondazione Adriano Olivetti, Torino 1993.

La lettera di Enrico Fermi indirizzata a Enrico Avanzi, rettore dell'Università di Pisa, datata 11 agosto 1954, si può trovare nel contributo di Giuseppe De Marco, Giovanni Mainetto, Serena Pisani, Pasquale Savino, *The early computers of Italy*, in «IEEE Annals in the History of Computing», XXI, 1999, 4, pp. 28-36.

Sulla storia istituzionale della Scuola di applicazione per gli ingegneri fino alla costituzione della Facoltà di ingegneria si veda il volume a cura di Maria Grazia Bevilacqua e Gianni Penzo, *Archivio della Regia Scuola di ingegneria di Padova, poi Istituto superiore di ingegneria di Padova (1923-1935)*, *Inventario*, Cleup, Padova 2006.

Per una puntuale ricostruzione storica dell'attività svolta dal Centro di sonologia computazionale (Csc) e per una dettagliata panoramica sui presenti obiettivi che il Centro si prefigge il rimando è al testo di Sergio Canazza, Giovanni De Poli, Alvis Vidolin, *I primi 40 anni del Centro di Sonologia Computazionale di Padova. Un intreccio di saperi tra ricerca scientifica, creatività musicale e alta formazione*, Cleup, Padova 2020.

Le parole di Tom A. Margerison all'inizio del paragrafo sono tratte da Singer e altri, *Storia della tecnologia* cit., VII, p. 470. L'estratto della commemorazione di Gualtiero Poma tenuta da Giuseppe Bruni si trova in Scorrano, *La chimica italiana* cit., p. 61. La citazione di Dante Bonvicini su Carlo Parvopassu è tratta da Bonvicini, *Carlo Parvopassu* cit., pp. 5-6. La richiesta di Leopoldo di Muro sull'ampliamento delle conoscenze dell'ingegnere agronomo si può trovare in Minesso, *Tecnici e modernizzazione nel Veneto* cit., p. 109. Sul nuovo complesso di via Loredan si sono riportati i brani tratti da *I cento anni della Scuola per gli ingegneri* cit., p. 92, e da Donghi, *La nuova sede della r. scuola di ingegneria di Padova* cit., p. 3. Le parole di Antonio Lepschy sul significato del termine automatica sono riportate in Lepschy, *L'Automatica in Italia* cit.

Di seguito si riportano infine i decreti più significativi per ripercorrere la genesi dei vari indirizzi di studio e corsi di laurea fino alla costituzione della Facoltà di Ingegneria (1935): regio decreto 8 ottobre 1876, n. 3434, che prevede l'introduzione di un Regolamento generale per le Scuole di applicazione per gli ingegneri. Il regolamento interno della Scuola di applicazione di Padova viene approvato con Rescritto ministeriale 12 maggio 1877. La Scuola conduce al diploma d'*ingegnere civile* che abilita a «dirigere costruzioni civili, rurali, stradali, idrauliche e meccaniche, ed a so-

stenero l'ufficio di perito giudiziale nelle questioni relative». Il percorso degli studi è quinquennale: il *biennio propedeutico* è da seguirsi presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali mentre il *triennio di applicazione* viene seguito presso la Scuola. Regio Decreto 21 giugno 1908, n. 580, che approva il Regolamento per la Scuola di applicazione per gli ingegneri della Regia Università di Padova che porta all'introduzione di un biennio propedeutico a due indirizzi: il *generale* e l'*idraulico*. Decreto luogotenenziale 10 giugno 1915, n. 1077, che approva un nuovo *Regolamento speciale ed interno della Regia Scuola d'applicazione per gli ingegneri annessa alla Regia Università di Padova*; tale regolamento presenta la specificazione del conseguimento di un diploma di laurea, sia di *ingegneria civile*, sia di *architetto*. La parola *laurea* figura qui per la prima volta per il titolo ottenuto nelle Scuole di applicazione per gli ingegneri in considerazione del Regolamento approvato con regio decreto 6 settembre 1913, n. 1242. Regio decreto 30 settembre 1923, n. 2102, con il quale la Regia Scuola di Ingegneria di Padova viene costituita in Istituto autonomo d'istruzione superiore, indipendente dall'Università. La Scuola avrà poi un proprio statuto interno approvato con ordinanza del 25 ottobre 1924, con cui verrà confermata la distinzione tra biennio propedeutico, da seguirsi presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, e il triennio di applicazione. È ora possibile conseguire una laurea in *ingegneria civile* e in *chimica industriale*. Regio decreto 14 ottobre 1926, n. 2270, che approva un nuovo statuto con il quale viene stabilito il conferimento da parte della Scuola di Padova delle lauree in *ingegneria civile* e *ingegneria industriale*. Lo statuto sarà poi modificato più volte. Regio decreto 30 ottobre 1930, n. 1890, che approva lo statuto che sancisce per la prima volta le distinzioni dell'*ingegneria civile* in *edilizia, ponti e strade, idraulica* e dell'*ingegneria industriale* nei tre rami, *industriale chimica, industriale elettrotecnica* e *industriale meccanica*. Lo statuto verrà poi a sua volta modificato con regio decreto 22 ottobre 1931 n. 1418 e con regio decreto 24 settembre 1932, n. 1777. Gli ordinamenti restano invariati fino all'anno accademico 1935-36, mentre entrerà in vigore dal 1933-34 la nuova denominazione di R. Istituto Superiore di Ingegneria, disposta dal Testo Unico della legge sull'istruzione superiore approvata con r.d. 31 agosto 1933, n. 1592. Regio decreto 27 ottobre 1935, n. 2123, con il quale il Regio Istituto superiore di ingegneria viene aggregato all'Università di Padova come Facoltà. Da ultimo si veda il regio decreto 1° ottobre 1936, n. 2473, con il quale viene abrogato lo statuto del Regio Istituto superiore e contestualmente approvato il nuovo statuto dell'Università, che a partire da questo momento comprende tra le sue Facoltà anche quella di Ingegneria.

4. I gabinetti tecnico-scientifici e la loro evoluzione

Il punto di riferimento per la stesura di questo paragrafo sono stati i seguenti volumi: Donghi, *La nuova sede della r. scuola di ingegneria di Padova* cit.; Università degli Studi di Padova, Facoltà di Ingegneria, *I cento anni della Scuola per gli ingegneri* cit.

Per maggiori dettagli sui gabinetti e sugli istituti scientifici si consultino i volumi del Consiglio nazionale delle ricerche, *Istituti e laboratori scientifici italiani*, Roma 1931-32 (continuazione di *Istituti e laboratori scientifici italiani. Notizie illustrative*, Consiglio nazionale delle ricerche, Roma 1928).

Elenco delle illustrazioni

1. Palazzo del Bo, antica sede dell'Università, in una fotografia anteriore al 1882. Università degli Studi di Padova – Archivio generale di Ateneo.

2. Frontespizio dell'opera di Giuseppe Toaldo, *Dell'uso de' conduttori metallici a preservazione degli edifizj contro de' fulmini, nuova apologia. Colla descrizione del Conduttore della Pubblica Specola di Padova*, Venezia 1774, con illustrazione della facciata della Specola e del conduttore elettrico incisa da Giuliano Zuliani. Università degli Studi di Padova – Biblioteca Centrale di Ingegneria.

3. La Specola di Padova (fotografia di Federico Caldana).

4. Gli astronomi Abetti, Sacerdoti, Silva, Mannino, De Strobel, Taffara, Zagar, Gennaro, in una foto del 1949. Università degli Studi di Padova – Osservatorio Astrofisico di Asiago.

5. Primo modellino preparatorio dei due edifici componenti il complesso dell'Osservatorio astrofisico di Asiago: la cupola del telescopio e la struttura a disposizione degli astronomi, fotografia scattata nel periodo 1935-42. Università degli Studi di Padova – Osservatorio astrofisico di Asiago.

6. Osservazione dei pennacchi solari del prof. Pietro Tacchini. *Rapporti sulle osservazioni dell'eclisse totale di Sole del 22 dicembre 1870 eseguite in Sicilia dalla Commissione italiana*, Palermo 1872.

7-8. Scrivania in noce e poltrona utilizzate dal matematico Gregorio Ricci-Curbastro, professore di algebra complementare dal 1880 al 1925. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Matematica (fotografia di Valentina Roberti).

9. Seminario matematico nella vecchia sede a Palazzo del Bo, aula di matematica. Università degli Studi di Padova – Archivio storico dell'Università di Padova.

10-11. Ritratti di Giusto Bellavitis e di Domenico Turazza, dipinti insieme ai simboli che rimandano alle loro materie di insegnamento presso lo Studio patavino. I dipinti decorano l'ambiente di passaggio tra la Galleria del Rettorato, il Senato accademico e la Basilica. Università degli Studi di Padova (fotografia di Massimo Pistore).

12. Istituto di fisica presso il Palazzo del Bo: officina meccanica. Fa parte della serie di fotografie del vecchio Istituto di fisica scattate nel 1936, in vista del trasferimento nella nuova sede in via Marzolo. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Palazzo del Bo: foto 881. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

13. Istituto di fisica presso il Palazzo del Bo: aula di fisica al primo piano. Fa parte della serie di fotografie del vecchio Istituto di fisica scattate nel 1936, in vista del

trasferimento nella nuova sede in via Marzolo. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Palazzo del Bo: foto 882. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

14. Lavori di costruzione del nuovo edificio di Fisica. Sul tetto si riconosce Bruno Rossi, terzo da destra, a cui è affidata la progettazione dell'Istituto. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di fisica: foto 00180-28. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

15. Il nuovo Istituto di fisica dell'Università di Padova. In alto a sinistra spicca la torretta dedicata allora allo studio dei raggi cosmici fatta costruire da Bruno Rossi. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di fisica: foto 00180-46. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

16. Aula di ricevimento del nuovo Istituto di fisica con teca contenente antichi strumenti scientifici provenienti dal Gabinetto di fisica del Bo. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di fisica: foto 00180-53. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

17. Lavori di costruzione di un acceleratore da 1 milione di volt (ca. 1938). Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di fisica: foto 00180-61. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

18. Facciata dell'Istituto di chimica generale in via Loredan, in una fotografia datata 5 novembre 1933. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di chimica: foto B1- 00215-1. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

19. Aula Nasini dedicata all'insegnamento della chimica nel primo dopoguerra, in una fotografia verosimilmente scattata nel periodo compreso tra il 1925 e il 1935. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di chimica: foto B1 - 00215-4. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

20. Ampliamento degli Istituti chimici in via Marzolo (1971-78). Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di chimica: foto B1 - 00210-9. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

21. Laboratorio di chimica per le esercitazioni sperimentali nel nuovo complesso degli Istituti chimici, in seguito all'ampliamento degli anni 1971-78 su via Marzolo. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Edifici di chimica: foto B1-00210-20. Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

22-23. Le due rappresentazioni della *mandragora* sono contenute nel *De herbarum virtutibus*, manoscritto cartaceo miniato che riprende il testo attribuito a un autore del IV secolo d.C. noto come Pseudo Apuleio, prodotto probabilmente in area veneziano-veronese e databile alla fine del Quattrocento. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

24. Acquerello raffigurante una veduta complessiva dell'Orto botanico di Padova realizzato a Padova nel 1862 da Carlo Matscheg. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

25. Tavola di funghi realizzata da Pier Andrea Saccardo. La raccolta consta di quarantaquattro tavole, o parti di tavole, con disegni a volte colorati; alcuni portano l'intestazione del secondo volume degli Atti della Soc. Veneto-Trentina, 1873. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

26. Disegno acquarellato policromo su carta pesante relativo al progetto per la nuova costruzione della serra della palma di Goethe, realizzato a Padova nel 1873 dall'ingegnere Giovanni Zambler. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

27. Lapide affissa nell'androne d'ingresso al piano terra della sede dell'ex Istituto di costruzioni marittime, dedicata da Luigi Configliachi al viceré Ranieri. Università degli Studi di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

28. Frontespizio del testo *Zoologia Adriatica* di Giuseppe Olivì, Bassano 1792.

29. Edificio settecentesco in via Ognissanti originariamente sede dell'Orto agrario. Università degli Studi di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

30. Modello di aratro americano migliorato da Guillaume. Fa parte della collezione di modelli di macchine e attrezzature agricole del Dipartimento Territorio e Sistemi agro-forestali Tesaf dell'Università di Padova. Su concessione di Raffaele Cavalli – Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali.

31. Generatore elettrostatico ed elettrometro utilizzati per testare l'utilizzo dell'elettricità nello sviluppo delle piante nell'originaria sede dell'Orto agrario in Santa Croce. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Orto Agrario, lastra 1835 (ex scatola F, n. 24). Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

32-33. Coltivazione di tabacco con e senza l'applicazione di corrente a confronto in due fotografie del 1913. Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Orto Agrario, lastra 1888 (ex scatola O, n. 21), lastra 1889 (ex scatola O, n. 22). Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

34. Aula di economia rurale ed estimo presso l'Istituto e Orto agrario con gabinetto di modelli e strumenti agrari, nella vecchia sede in Santa Croce. Fotografia tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti. Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*, Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (album realizzato in vista del trasferimento nella nuova sede: siccome i lavori per il nuovo complesso in via Loredan hanno inizio nel 1910 e vengono ultimati nel 1929, le foto risalgono a quel periodo).

35. Foto di gruppo all'ingresso della nuova sede dell'Orto agrario su via Gradengo (ca. 1925). Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Padova (Agapd), *Raccolta fotografica*, Orto Agrario, lastra 1962 (ex scatola T, s.n.). Su concessione dell'Università degli Studi di Padova – Ufficio Gestione documentale.

36. Arsenale di Venezia. Immagine tratta da *Atlante illustrativo ossia raccolta dei principali monumenti italiani antichi, del Medio Evo e moderni e di alcune vedute pittoriche, per servire di corredo alla Corografia fisica, storica e statistica dell'Italia di Attilio Zuccagni-Orlandini*, I, Firenze 1845. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Geografia.

37. Facciata del Palazzo Cavalli. Foto tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti* e scattata prima del trasferimento nel nuovo complesso di via

Loredan, impresa che sarà definitivamente compiuta nel 1931. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

38. Gabinetto di fisica tecnica della Scuola di applicazione per ingegneri presso Palazzo Cavalli. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

39. Vasca esterna per il campionamento dei tachimetri della Scuola di applicazione per ingegneri nella sede alle Porte Contarine. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

40. Gabinetto di costruzioni idrauliche della Scuola di applicazione per ingegneri presso Palazzo Cavalli. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

41. Gabinetto di idraulica della Scuola di applicazione per ingegneri presso Palazzo Cavalli. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

42. Gabinetto di architettura tecnica della Scuola di applicazione per ingegneri presso Palazzo Cavalli. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

43. Gabinetto di ponti e strade della Scuola di applicazione per ingegneri presso Palazzo Cavalli. Immagine tratta dall'album fotografico *Fabbricato e gabinetti, Vedute eseguite nel gabinetto fotografico della Scuola dal Prof. Ing. Giordano Tomasatti*. Università degli Studi di Padova – Biblioteca di Ingegneria (cfr. n. 34).

44-45. Progetto di restauro e adattamento del Palazzo Cavalli, nuova sede per la Scuola di applicazione per ingegneri. Fotografia tratta da *Il Palazzo ex-Contarini, già R. Dogana, la R. Scuola di Applicazione per gli ingegneri, promemoria e progetto di restauro*, Pio Chicchi, Padova 1892.

46. Veduta aerea della nuova sede della R. Scuola di applicazione per ingegneri. Fotografia tratta da *La nuova sede della R. Scuola di Ingegneria di Padova*, memoria del comm. prof. dott. ing. Daniele Donghi, Trieste 1933.

47. Una sala del R. Laboratorio per le prove di resistenza dei materiali della R. Scuola di applicazione per ingegneri. Fotografia tratta da *La nuova sede della R. Scuola di Ingegneria di Padova*, memoria del comm. prof. dott. ing. Daniele Donghi, Trieste 1933.

48-49. Interni dell'officina meccanica centrale della R. Scuola di applicazione per ingegneri. Fotografia tratta da *La nuova sede della R. Scuola di Ingegneria di Padova*, memoria del comm. prof. dott. ing. Daniele Donghi, Trieste 1933.

50. Sala macchine dell'Istituto di elettrotecnica della R. Scuola di applicazione per ingegneri. Fotografia tratta da *La nuova sede della R. Scuola di Ingegneria di Padova*, memoria del comm. prof. dott. ing. Daniele Donghi, Trieste 1933.

51. Interni dell'Istituto di meccanica applicata in una fotografia tratta da *L'Istituto di meccanica applicata ed annesso R. Laboratorio sperimentale per la prova dei materiali da costruzione nella R. Scuola di Ingegneria di Padova: notizie e cenni descrittivi*, memoria del prof. dott. ing. Carlo Parvopassu, Trieste 1933.

52. Enrico Bernardi ritratto nel 1893 insieme alla figlia Pia e al figlio Lauro con la bicicletta spinta da un «carrello motore per veicoli su strade ordinarie». Università degli Studi di Padova – Museo di Macchine «Enrico Bernardi».

53. Stampa fotografica dei laureandi ingegneri della Scuola di applicazione per ingegneri, realizzata nel 1890. Università degli Studi di Padova – Biblioteca Centrale di Ingegneria.

54. Passerella in ferro in riviera S. Benedetto, a Padova, costruita dalla ditta Paolo Rocchetti (fotografia di Federico Caldana).

55. Ponte ad arco sul Tronco Maestro alla Specola, costruito dalla ditta Paolo Rocchetti (fotografia di Federico Caldana).

56. Palazzo Treves in via Beato Pellegrino, dimora di Giovanni. Università degli Studi di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

57. Complesso di edifici del Dipartimento di Ingegneria dell'informazione (Dei), del Dipartimento di Ingegneria industriale (Dii) e del Dipartimento di Geoscienze; veduta aerea su via Gradenigo. Università di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

58. Veduta aerea del complesso di Ingegneria tra via Marzolo e via Loredan. Università di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

59. Veduta aerea del Dipartimento di Fisica e Astronomia «Galileo Galilei». Università di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

60. Veduta dall'alto del Dipartimento di Matematica «Tullio Levi-Civita». Università di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

61. Veduta aerea del complesso interdipartimentale intitolato ad Antonio Vallisneri. Università di Padova (fotografia di Valentina Roberti).

62. Ritratto di Francesco Bonafede, titolare dal 1533 al 1548 della cattedra *ad lecturam Simplicium* nello Studio patavino e primo direttore dell'Orto botanico di Padova. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

63. Ritratto di Antonio Vallisneri, chiamato nel 1700 a ricoprire la cattedra di medicina pratica presso lo Studio patavino, dove contribuisce all'affermazione della filosofia sperimentale in ambito universitario. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

64. Ritratto di Giovanni Canestrini nel 1878. Università degli Studi di Padova – Biblioteca dell'Orto botanico.

65. Ritratto di Tullio Levi-Civita (Giulia Simone, «*Difesa della razza nella Scuola fascista*». *Studenti e docenti ebrei espulsi dall'Università di Padova*, in *Giulio Levi Civita e l'ebraismo veneto tra Otto e Novecento*, a cura di Mariaros Davi e Giulia Simone, Padova University Press, Padova 2015, p. 132).

66. Supporto alt-azimutale per contatori Geiger utilizzato da Bruno Rossi. Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Fisica e Astronomia.

67. Bruno Rossi insieme a Enrico Fermi al convegno di fisica nucleare della Reale Accademia d'Italia, Roma 1931. Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Fisica e Astronomia.

Indice dei nomi

- Abbri, Ferdinando, 94, 98, 99
 Abel, Niels Henrik, 129
 Abetti, Antonio, 127
 Adams, John Couch, 120
 Adams, Walter Sydney, 170
 Agrippa di Nettesheim, Heinrich Cornelius, 94
 Albrizzi, Giambattista, 223
 Alembert, Jean-Baptiste Le Rond de, 90
 Alpino, Prospero, 115
 Amaldi, Edoardo, 17, 194
 Amaldi, Ugo, 180
 Amati, Luigi, 202, 203
 Ampère, André-Marie, 137
 Anderson, Philip, 189
 Ångström, Anders Jonas, 121
 Anti, Carlo, 20
 Antoniazzi, Antonio Maria, 172
 Apollonio, 82
 Archimede, 82, 87
 Arduino, Giovanni, 111, 116, 117
 Arduino, Luigi, 161, 162
 Arduino, Pietro, 117, 118, 161
 Aristotele, 3, 7, 26, 28, 70, 71, 76-8, 109
 Arrest, Heinrich Ludwig d', 120
 Auger, Pierre, 17
 Avanzini, Giuseppe, 131-3, 139, 274
 Avogadro, Amedeo, 144, 146

 Bacone, Francesco, 4, 10, 40, 96, 227
 Baldo Ceolin, Massimilla, detta Milla, 195
 Banach, Stefan, 177
 Banks, Joseph, 136
 Bardeen, John, 246

 Barsanti, Giulio, 112
 Bassi, Pietro, 192, 193
 Bateson, William, 204
 Battaglia, Raffaello, 209
 Becher, Johann Joachim, 98, 99
 Becquerel, Antoine Henri, 139, 183
 Bellati, Manfredo, 244
 Bellavitis, Ernesto, 233
 Bellavitis, Giusto, 129, 133, 134, 178, 233, 243, 244
 Bellone, Enrico, 89
 Beltrami, Eugenio, 130, 134
 Benetti, Jacopo, 233, 243
 Berlinguer, Luigi, 63
 Bernardi, Enrico Zenò, 13, 229, 233, 234, 238-40, 244, 254, 255, 274
 Bernardi, Lauro, 13
 Bernardini, Gilberto, 190
 Bernoulli, fratelli (Jakob e Johannes), 87
 Bernoulli, Nicola, 86
 Berthollet, Claude-Louis, 102, 144
 Berti, Giampietro, 39
 Berzelius, Jöns Jacob, 146
 Betti, Enrico, 129, 134
 Bianchi, Angelo, 211, 212
 Black, Joseph, 90
 Blackett, Patrick, 192
 Blaserna, Pietro, 200
 Blumenbach, Johann Friedrich, 44
 Bohr, Niels, 16, 17, 186
 Bolla, Giuseppe, 250
 Boltzmann, Ludwig, 138, 139, 189
 Bolyai, Farkas, 130
 Bombelli, Rafael, 82

- Bonafede, Francesco, 25, 114, 115
 Bonato, Giuseppe, 160-2
 Bonnet, Charles, 109
 Bonvicini, Dante, 255
 Boole, George, 130, 131, 176
 Born, Max, 187
 Bothe, Walter, 188
 Bottazzini, Umberto, 176
 Boyle, Robert, 95-7, 99
 Bragg, William Henry, 197
 Bragg, William Lawrence, 196, 197
 Brahe, Tycho, 69, 73
 Brattain, Walter, 246
 Breda, Stefano, 234
 Brill, Alexander von, 179
 Brocchi, Giovanni Battista, 155, 160
 Brouwer, Luitzen Egbertus Jan, 176
 Brunelleschi, Filippo, 4
 Bruni, Giuseppe, 199-202, 254
 Bruno, Giordano, 10
 Bucchia, Achille, 236
 Bucchia, Gustavo, 233, 236, 237, 243, 244, 251
 Bucchia, Tommaso, 236
 Buek, Otto, 15
 Buffon, Georges-Louis Leclerc, conte di, 110-2
 Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard, 119, 121, 141, 150
- Cagnato, Antonio, 127
 Calabi, Daniele, 173
 Campanella, Tommaso, 94
 Canestrini, Giovanni, 157, 159, 163-6, 168, 207-9
 Canestrini, Riccardo, 159, 166
 Cannizzaro, Stanislao, 146, 150-3, 167, 200
 Cantor, Georg, 176
 Carazzi, Davide, 207
 Carburì, Marco, 79, 103-5, 149
 Cardano, Gerolamo, 4, 82
 Careri, Giorgio, 194
 Carli, Gian Rinaldo, 221
 Carnot, Sadi-Nicolas-Léonard, 138
 Carrara, Giacomo, 152
 Cartesio (René Descartes), 4, 83
 Castelnuovo, Guido, 181
 Caterina d'Alessandria, santa, 21
 Cauchy, Augustin-Louis, 129
- Cavaliere, Bonaventura, 86
 Cavendish, Henry, 90, 101
 Cavignato, Giuseppe, 127
 Cerato, Domenico, 79, 219, 222, 223
 Cesi, Federico, 106
 Chandrasekhar, Subrahmanyan, 170
 Chicchi, Pio, 235-7, 242, 244
 Chiggiò, Ennio, 271
 Chiminello, Vincenzo, 81, 123-5
 Ciamician, Giacomo, 38, 149, 151, 199, 200
 Giotto, Francesco, 244
 Cittadella Vigodarzere, Andrea, 38
 Clapeyron, Benoît-Paul-Émile, 138
 Clausius, Rudolf, 102, 138
 Collalto, Antonio, 131, 132
 Colombo, Giovanni Alberto, 30, 78, 79, 93, 220
 Colombo, Giuseppe, detto Bepi, 174, 262, 263
 Compton, Arthur, 188, 191
 Comte, Auguste, 145
 Condillac, Étienne Bonnot de, 105
 Configliachi, Luigi, 163
 Copernico, Nicolò, 3, 69, 72, 74, 96
 Cordenons, Pasquale, 255, 274
 Cornaro, Federico, 23n
 Corrain, Cleto, 209
 Cossali, Pietro, 131, 132
 Coulomb, Charles Augustin de, 90
 Cresti, Marcello, 192, 193
 Crick, Francis, 205, 206
 Curie, Marie, 186
 Curiel, Eugenio, 191
 Cuvier, Georges, 154, 155
- Dalla Bella, Giovanni Antonio, 93, 105
 Dall'Aglio, Bruno, 261
 Dallaporta, Niccolò, 194
 Dal Negro, Salvatore, 139, 140
 Dal Piaz, Giambattista, 212
 Dal Piaz, Giorgio, 211, 212
 Dalton, John, 144, 145
 D'Ancona, Umberto, 117, 177, 200, 208, 209
 Dandolo, Vincenzo, 104, 105, 132
 Danieletti, Daniele, 223
 Darrow, Karl Kelchner, 190
 Darwin, Charles, 113, 123, 155-8, 164, 165, 204, 206, 207
 Davy, Humphry, 154

- Dawkins, Richard, 206
 De Benedetti, Sergio, 191
 Debiasi, Battista, 271
 Dedekind, Julius Wilhelm Richard, 129
 degli Angeli, Stefano, 85, 86
 della Porta, Giambattista, 94
 del Nunzio, Balbino, 241, 252
 De Morgan, Augustus, 131, 176
 De Poli, Giovanni, 271
 De Visiani, Roberto, 162, 163
 Dieudonné, Alexandre Eugène, 175
 di Muro, Leopoldo, 210, 241, 256
 Diofanto, 82
 Dionisi, Antonio, 199
 Dirac, Paul Adrien Maurice, 187, 188
 Dobžanskij, Teodosij Grigor'evič, 205
 Donghi, Daniele, 256-8, 273-5
 Drigo, Angelo, 191
 Dürer, Albrecht, 4
- Eddington, Arthur, 138, 169
 Ehrlich, Paul, 15
 Einstein, Albert, 15, 16, 142, 169, 171, 177, 184-7, 189
 Eldredge, Niles, 206
 Enriques, Federigo, 181, 199, 208
 Enriques, Paolo, 208
 Euclide, 26, 76, 82, 86, 87, 130, 178
 Euler, Leonhard, 90
- Faber, Giovanni, 106
 Faggin, Federico, 246
 Fantini, Bernardino, 205
 Faraday, Michael, 102, 137, 140
 Favaro, Antonio, 78, 87, 91, 135, 136, 221, 231, 233, 243, 244
 Fermat, Pierre de, 83
 Fermi, Enrico, 189, 190, 249
 Ferrari, Ludovico, 82
 Ferraris, Carlo Francesco, 21, 241
 Ferro, Guido, 210
 Ficalbi, Eugenio, 207
 Filippuzzi, Francesco, 150, 243
 Förster, Wilhelm, 15
 Fourcroy, Antoine-François, 102
 Fourier, Jean-Baptiste-Joseph, 129
 Fraenkel, Albert, 166
- Franceschinis, Francesco Maria, 133
 Francini, Giuseppe, 267
 Franklin, Rosalind, 205, 206
 Fraunhofer, Joseph von, 120, 121
 Fréchet, Maurice René, 177
 Frege, Gottlob, 176
 Friedmann, Aleksandr Aleksandrovič, 171
 Fumian, Carlo, 47, 62, 64
- Galilei, Galileo, 4-7, 10, 12, 22, 25, 26, 28, 68, 69, 73-5, 81, 82, 84, 85, 87-9, 106, 135, 136, 138, 173, 174, 183
 Galle, Johann Gottfried, 120
 Galois, Évariste, 129
 Garbasso, Antonio, 190
 Garioni, Antonio, 274
 Gauss, Johann Friedrich Carl, 129, 130
 Gay-Lussac, Joseph Louis, 144, 146
 Geoffroy, Étienne-François, 97
 Getaldic, Marin, 82
 Giacconi, Riccardo, 192
 Giannetti, Renato, 225, 226
 Giardina, Andrea, 199
 Gibbs, Josiah Willard, 129, 139, 189
 Giusti del Giardino, Francesco, 240
 Glaser, Donald, 193
 Gödel, Kurt Friedrich, 176
 Goethe, Johann Wolfgang, 80, 114
 Gould, Stephen Jay, 206
 Grassi, Orazio (Lotario Sarsi), 6
 Grassmann, Hermann Günther, 129
 Grossi, Pietro, 270
 Guerraggio, Angelo, 131
 Guerrieri, Anselmo, 163
 Guerriero, Luciano, 193
 Guglielmini, Domenico, 86, 220, 221
 Guilandino, Melchiorre, 115
- Haber, Fritz, 15
 Halley, Edmund, 119
 Hamilton, William Rowan, 129, 134
 Hantzsch, Arthur Rudolf, 197, 200
 Heaviside, Oliver, 129
 Heisenberg, Werner Karl, 187
 Heitler, Walter, 196
 Helmholtz, Hermann von, 130, 137, 138, 141, 152

- Henry, Joseph, 137
Hermann, Jacob, 86
Hermite, Charles, 129
Herschel, John, 120, 121
Herschel, William, 76, 124
Hertz, Heinrich Rudolf, 142, 182
Herzprung, Ejnar, 169
Hess, Victor Franz, 188
Hesse, Andrea, 233, 243
Heyrovský, Jaroslav, 201
Hilbert, David, 130, 176, 177
Holton, Gerald, 14-6
Hopkins, William, 156
Hubble, Edwin Powell, 170
Huxley, Julian Sorell, 205
Huygens, Christiaan, 87
- Ingoli, Francesco, 7
- Jacobi, Carl Gustav Jacob, 129
Jappelli, Giuseppe, 232
Jona-Lasinio, Giovanni, 194
Jordan, Camille, 129
Jordan, Pascual, 187
Joule, James Prescott, 137, 138
- Kant, Immanuel, 107 e n
Keller, Antonio, 162, 164, 168, 241, 243, 244
Kelvin, William Thomson lord, 122, 123, 138
Keplero, Giovanni, 69, 73, 74, 82, 96
al-Khwarizmi, Jafar Muhammad ibn Musa, 82
Kilby, Jack St. Clair, 246
Kirchhoff, Gustav Robert, 119, 121, 141
Klein, Felix, 15, 130, 179
Kolhörster, Werner, 188
Kuhn, Thomas, 74
- Lagrange, Joseph-Louis, 90, 129
Lalande, Joseph Jérôme Lefrançois de, 30
Lamarck, Jean-Baptiste, 111-3, 155-7, 160
La Mettrie, Julien Offroy de, 113
Langbehn, Julius, 14
Laplace, Pierre-Simon de, 90, 101, 107 e n, 119, 122
Laue, Max von, 196
La Vergata, Antonello, 155
Lavoisier, Antoine Laurent, 12, 90, 95, 100-2, 104, 105, 116, 132, 144, 149
- Lebesgue, Henri Léon, 177
Legnazzi, Enrico Nestore, 126, 133, 233, 243, 244
Leibniz, Gottfried Wilhelm von, 81, 83, 86, 109, 112
Lemaître, Georges Edouard, 170, 171
Lenard, Philip von, 182
Leonardo da Vinci, 4
Leopoldo II, 37
Lepschy, Antonio, 254, 266, 267
Le Verrier, Urbain Jean Joseph, 120
Levi-Civita, Tullio, 134, 177-81, 186, 186, 191, 251
Lewis, Gilbert, 196
L'Hôpital, Guillaume-François-Antoine de, 87
Liebig, Justus von, 150
Linneo, Carlo, 102, 107, 109, 110, 117, 160
Lobačevskij, Nikolaj Ivanovič, 130
Lolli, Gabriele, 178
London, Fritz, 196
Lorentz, Hendrik Antoon, 184
Lorenzoni, Giuseppe, 78, 122, 125-8, 171, 172
Lorgna, Antonio Maria, 220
Lori, Ferdinando, 38, 252, 257
Loria, Arturo, 192, 193
Lotka, Alfred James, 209
Lyell, Charles, 123, 154-6
- Maffei, Scipione, 28, 86, 87, 91, 92, 103
Magalotti, Lorenzo, 89
Magrini, Luigi, 140
Majorana, Quirino, 142
Malpighi, Marcello, 86
Mandrizzato, Salvatore, 149, 150
Mantegna, Andrea, 4
Maranesi, Lorenzo, 265
Marchesi, Concetto, 20
Marchesini, Giovanni, 267, 268
Marconi, Guglielmo, 142
Margerison, Tom A., 246
Mariani, Luigi, 267
Marzolo, Francesco, 274
Mattei, Enrico, 248
Matteucci, Carlo, 51
Maupertuis, Pierre-Louis Moreau de, 113
Maxwell, James Clerk, 137-9, 142, 186, 189, 205, 225
Mayer, Julius Robert von, 137, 138
Mayr, Ernst, 110, 205

- Medici, Cosimo II de, 85
 Melandri Contessi, Girolamo, 105, 149, 150, 162
 Mendel, Gregor, 158, 204, 248
 Mendeleev, Dmitrij Ivanovič, 147
 Merlin, Michelangelo, 192, 193
 Merton, Robert, 9, 10, 15, 16
 Meyer, Julius Lothar, 147
 Miari de' Cumani, Giacomo, 240, 244
 Michelson, Albert, 183, 184
 Milanese, Vincenzo, 5, 91
 Millikan, Robert, 188
 Minich, Serafino Rafeale, 133, 134
 Minkowski, Hermann, 184
 Miolati, Arturo, 152, 197, 200-3
 Mittner, Paolo, 193
 Mokyr, Joel, 215, 226
 Molin, Raffaele, 162
 Monge, Gaspard, 133
 Montanari, Geminiano, 77, 78, 84, 86, 220
 Montgolfier, Jacques-Étienne, 132
 Montgolfier, Joseph-Michel, 132, 140
 Morgan, Thomas Hunt, 204
 Morley, Edward, 183, 184
 Morosini, Francesco, 79
 Moseley, Henry, 148, 196
- Naccari, Andrea, 243
 Napoleone I Bonaparte, imperatore dei francesi, 132, 161
 Nasini, Raffaello, 38, 149, 152, 153, 199, 275
 Nastasi, Pietro, 131
 Nernst, Walther, 15
 Newcomen, Thomas, 224
 Newton, Isaac, 3, 75, 81, 83, 87, 89, 90, 92, 99, 112, 120, 122, 136, 138, 185, 186
 Nicolai, Georg Friedrich, 15, 16
- Occhialini, Giuseppe, detto Beppo, 190, 192
 Olbers, Heinrich Wilhelm, 119
 Olivetti, Adriano, 250
 Olivi, Giuseppe, 105, 116, 117, 160, 208
 Omboni, Giovanni, 165-7, 211, 243, 244
 Ørsted, Hans Christian, 137
 Ostwald, Wilhelm, 15
- Pacher, Giulio, 143
 Pacinotti, Antonio, 140
 Pacioli, Luca, 4, 82
- Paleocapa, Pietro, 232, 236
 Pancini, Ettore, 191
 Pancino, Maria, 92
 Panebianco, Ruggero, 167
 Papin, Denis, 224
 Pappo, 82, 87
 Paracelso (Philipp Aureolus Theophrast Bombast von Hohenheim), 94-6
 Parvopassu, Carlo, 239, 254, 255, 275
 Pasteur, Louis, 9, 159
 Paternò, Emanuele, 153
 Peano, Giuseppe, 176
 Penzias, Arno Allan, 171
 Peurbach, Georg von, 4
 Pivati, Giovan Francesco, 29
 Planck, Max, 15, 185, 186
 Platone, 3
 Poincaré, Jules-Henri, 130, 180, 184
 Poisson, Siméon-Denis, 129
 Polcastro, Gerolamo, 105
 Polcastro, Giambattista, 105
 Poleni, Elisabetta, 115
 Poleni, Giovanni, 25, 78, 84, 86-8, 91-3, 104, 105, 115, 139, 220-2
 Poma, Gualtiero, 254
 Pontedera, Giulio, 115
 Ponti, Gio, 20
 Powell, Cecil Frank, 192
 Proclo, 87
 Proust, Joseph-Louis, 144
- Ragazzini, Francesco, 150
 Rampazzi, Teresa, 270, 271
 Redi, Francesco, 113
 Regiomontano (Johannes Müller da Königsberg), 4, 82
 Regnault, Henri-Victor, 141
 Renier, Stefano Andrea, 160
 Ricci-Curbastro, Gregorio, 134, 177, 179-81, 186
 Riemann, Georg Friedrich Bernhard, 130
 Righi, Augusto, 141-3, 182
 Rignano, Eugenio, 199
 Rinaldi, Girolamo, 87
 Rio, Nicolò da, 105, 116
 Riva, Ludovico, 78
 Rocchetti, Paolo, 125, 127
 Rodella, Giovanni Battista, 80

- Röntgen, Wilhelm Conrad, 139, 143
 Rosino, Leonida, 172, 174, 175, 263
 Rossetti, Francesco, 123, 127, 141, 243
 Rossi, Bruno, 188, 190-3, 253
 Rossi, Paolo, 10, 23, 71, 72, 94, 96
 Rostagni, Antonio, 192-4
 Ruberti, Antonio, 61, 63
 Ruffini, Paolo, 129
 Russell, Bertrand, 176
 Russell, Henry Norris, 169
 Rutherford, Ernest, 186
- Sabbadin, Armando, 209
 Saccardo, Pier Andrea, 164, 168
 Sacrobosco, Giovanni di, 26, 76
 Salandin, Gian Antonio, 92
 Salimbeni, Leonardo, 157, 165
 Salvetti, Carlo, 250
 Salvini, Giorgio, 194, 250
 Santini, Giovanni, 124-7, 135, 236
 Sausseure, Horace-Bénédict de, 79
 Savery, Thomas, 224
 Schleiden, Matthias Jacob, 158
 Schrödinger, Erwin, 187, 196, 205
 Schwann, Theodor, 158
 Scotoni, Igino, 193
 Secchi, Angelo, 120-2, 126, 127
 Selva, Giannantonio, 232
 Semerano, Giovanni, 201, 202
 Severi, Francesco, 134, 181
 Shockley, William, 246
 Silva, Giovanni, 172-4
 Silvestri, Mario, 243, 244, 250
 Simpson, George Gaylord, 205, 206
 Someda, Giovanni, 193, 253, 254, 265, 267
 Sommerfeld, Arnold, 186
 Spallanzani, Lazzaro, 113, 160
 Spica Marcatajo, Pietro, 149, 153
 Squalerno, Luigi, detto Anguillara, 114
 Stahl, Georg Ernst, 95, 98-101, 104
 Stern, Fritz, 14
 Stevin, Simon, 82
 Stradonitz, Friedrich August Kekulé, 145
 Stratico, Simone, 29, 33, 88, 93, 220-3
- Tacchini, Pietro, 122, 127
 Talete di Mileto, 175
- Tartaglia, Niccolò, 4, 82
 Tedeschi, Enrico, 166, 209
 Temanza, Tommaso, 220
 Tassarolo, Antonio, 140
 Tassarolo, Francesco, 140
 Thomson, Joseph John, 139, 182
 Toaldo, Giuseppe, 79, 80, 116, 123, 125, 222
 Tolomeo, 26, 70-2, 74, 76
 Torricelli, Evangelista, 224
 Toscanelli Paolo dal Pozzo, 4
 Turazza, Domenico, 134, 135, 233, 235, 236, 243, 244, 251
 Turazza, Giacinto, 244, 251, 274
 Turing, Mathison, 176
 Tuzzi, Vincenzo, 133
- Vaccari, Ezio, 111, 112
 Vallisneri, Antonio, 109, 116
 Vallisneri, Antonio jr., 116
 Veronese, Giuseppe, 134, 178, 179
 Verrocchio, Andrea del, 4
 Vicentini, Giuseppe, 143, 190
 Vidolin, Alvisè, 271
 Viète, François, 82
 Viterbi, Emilio, 191, 202
 Vitruvio, 218, 223
 Volta, Alessandro, 90, 105, 136
 Volterra, Vito, 117, 177, 200, 209
- Watson, James Dewey, 205, 206
 Watt, James, 224
 Wegener, Alfred, 211
 Weisskopf, Victor, 168
 Wheeler, John, 186
 Whewell, William, 155
 Whitehead, Alfred North, 176
 Wilkins, Maurice, 205, 206
 Wilson, Robert Woodrow, 171
 Wollaston, William, 120
- Zago, Guido, 192, 193
 Zambler, Giovanni, 233, 237, 242-4, 256
 Zantedeschi, Francesco, 140
 Zandrini, Angelo, 133
 Zandrini, Bernardino, 133, 221
 Zermelo, Ernst, 176

Gli autori

Giulio Peruzzi, laurea e dottorato di ricerca in fisica, è professore ordinario di storia della scienza e della tecnica all'Università di Padova. Le sue ricerche riguardano in particolare la storia della fisica tra XVII e XX secolo, i fondamenti della meccanica quantistica, la filosofia della fisica. È autore di più di cento articoli su riviste nazionali e internazionali. Tra i suoi libri si segnalano: *Vortici e colori* (2010); con Tullio Regge, *Spazio, tempo e universo* (2003); con Sofia Talas e Fanny Marcon, *Gli strumenti del pre-cinema del Museo di Storia della Fisica dell'Università di Padova* (2016). Oltre alle attività di didattica e ricerca, si è impegnato nella diffusione della cultura scientifica, collaborando con giornali, radio e televisioni e progettando mostre e musei. Attualmente è vicedirettore del Dipartimento di Fisica e Astronomia e direttore del master di comunicazione delle scienze.

Valentina Roberti si è laureata in fisica presso l'Università di Bologna. Ha conseguito il dottorato in storia della fisica a Padova dedicandosi a ricerche sulla nascita e gli sviluppi della moderna teoria del colore tra Ottocento e Novecento. Attualmente è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova. Si occupa di storia della fisica con particolare riferimento al XIX e XX secolo.



Finito di stampare il 20 aprile 2022
per conto di Donzelli editore s.r.l.
presso EBS Editoriale Bortolazzi - Stei, Verona