



Paolo Rossi

Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa, Pisa, Italy  
Centro Fermi - Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi", Rome, Italy

Giuseppe Iurato

International Centre for Mathematical Modeling - Växjö, Sweden

# La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

PISA  
UNIVERSITY  
PRESS

Rossi, Paolo (1952- )

La scuola pisana di fisica (1840-1950) / Paolo Rossi, Giuseppe Iurato. - Pisa : Pisa university press, 2018. - (Saggi e studi)

530.092 (22)

I. Iurato, Giuseppe 1. Fisica - Storia - Sec. 19.-20. 2. Pisa - Università - Storia - Sec. 19.-20.

CIP a cura del Sistema bibliotecario dell'Università di Pisa

MEMBRO DEL COORDINAMENTO  
UNIVERSITY PRESS ITALIANE

**UPI**  
UNIVERSITY  
PRESS ITALIANE

*Immagine di copertina:*

*Foto di Aziz Acharki, <https://unsplash.com/license>.*

© Copyright 2018 by Pisa University Press srl  
Società con socio unico Università di Pisa  
Capitale Sociale € 20.000,00 i.v. - Partita IVA 02047370503  
Sede legale: Lungarno Pacinotti 43/44 - 56126 Pisa  
Tel. + 39 050 2212056 - Fax + 39 050 2212945  
press@unipi.it  
www.pisauniversitypress.it

ISBN 978-88-3339-063-5

progetto grafico: Andrea Rosellini  
impaginazione: Ellissi

L'Editore resta a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, per le eventuali omissioni o richieste di soggetti o enti che possano vantare dimostrati diritti sulle immagini riprodotte.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi - Centro Licenze e Autorizzazione per le Riproduzioni Editoriali - Corso di Porta Romana, 108 - 20122 Milano - Tel. (+39) 02 89280804 - E-mail: info@clearedi.org - Sito web: www.clearedi.org

# Indice

Introduzione	7
1. Lo <i>Studium Generale</i> di Pisa, dalle origini ai primi decenni dell'Italia post-unitaria	11
1.1. Lo sviluppo storico dello <i>Studio pisano</i> nelle sue linee essenziali	11
1.2. La didattica, le istituzioni, gli ordinamenti, gli insegnamenti	22
1.3. La riforma universitaria post-unitaria	25
Bibliografia	27
2. La matematica e la fisica nell'Ateneo pisano fino all'Unità d'Italia	31
2.1. Brevi cenni storici alla matematica nello <i>Studio pisano</i> , dalla fondazione al 1737	31
2.2. La matematica e la fisica nell'età dei Lorena	32
2.3. Materie e docenti di Matematica e Fisica dello <i>Studio pisano</i> dal 1737 al 1861	35
Periodo compreso fra il 1737 e il 1806	36
Periodo compreso fra il 1807 e il 1861	38
2.4. Il percorso umano e scientifico di Carlo Matteucci, Ottaviano Fabrizio Mossotti ed Enrico Betti	41
2.4.1. Carlo Matteucci	41
Pubblicazioni di Matteucci	43
2.4.2. Ottaviano Fabrizio Mossotti	48
Pubblicazioni di Mossotti	51
2.4.3. Enrico Betti	52
Pubblicazioni di Betti sul «Nuovo Cimento»	53
2.5. Altri fisici pisani del periodo pre-unitario	54
2.6. Alcune considerazioni storico-epistemologiche	55
Bibliografia	58
3. Riccardo Felici	61
3.1. Il percorso umano di Riccardo Felici	63
3.2. L'opera scientifica di Riccardo Felici	64
3.3. Pubblicazioni di Riccardo Felici	68
3.4. Aiuti, assistenti, macchinisti	71
3.5. Cenni bio-bibliografici su allievi, assistenti e collaboratori di Felici	72

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

3.6. Pubblicazioni (sul «Nuovo Cimento») di laureati e collaboratori di Felici	82
3.7. Programmi, ordinamenti, studenti universitari del periodo 1877-1893 (stralci)	87
Ordinamento degli studi: brevissimi cenni	87
Studenti iscritti al corso di laurea in Fisica (dagli <i>Annuari</i> )	88
3.8. Laureati in Fisica nel periodo 1877-1893	88
3.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. all'epoca di Felici	91
Bibliografia	95
4. Angelo Battelli	97
4.1. Il percorso umano di Angelo Battelli	98
Stato di servizio di Battelli (secondo i dati forniti da A. Occhialini)	100
4.2. L'opera scientifica di Angelo Battelli	102
Elenco dei premi e riconoscimenti conseguiti da Battelli	105
4.3. Pubblicazioni di Angelo Battelli prima della chiamata a Pisa	106
4.4. La ristrutturazione dell'Istituto di Fisica di Pisa	109
4.5. Cenni bio-bibliografici sugli allievi, assistenti, collaboratori e tecnici di Battelli	111
I principali allievi, assistenti e collaboratori	113
I collaboratori tecnici	116
Le abitazioni	117
4.6. Le pubblicazioni scientifiche dell'Istituto di Fisica di Pisa nel periodo 1894-1916	117
4.7. L'opera didattica, organizzativa e istituzionale di Angelo Battelli	134
I programmi dei corsi	134
L'ordinamento ufficiale degli studi	138
Pubblicazioni didattiche di Angelo Battelli	140
4.8. Elenco dei laureati in Fisica nel periodo della direzione di Angelo Battelli	141
4.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. all'epoca della direzione di Angelo Battelli	145
Bibliografia	148
5. Luigi Puccianti	151
5.1. Il percorso umano e scientifico di Luigi Puccianti	152
5.2. Pubblicazioni di Luigi Puccianti prima del trasferimento a Pisa	157
5.3. Cenni bio-bibliografici sui principali allievi, assistenti, collaboratori e tecnici di Puccianti	158
Gli incaricati	160
I principali allievi, assistenti, collaboratori, e loro notizie bio-bibliografiche	161
I collaboratori tecnici	165
I Le abitazioni	165
5.4. La “società antiprossimo”, ovvero Carrara, Rasetti e Fermi a Pisa	165
5.5. La Fisica teorica a Pisa	167
5.6. Le pubblicazioni scientifiche nel periodo 1919-1943	168

## Indice

5.7. Questioni didattiche, organizzative e istituzionali nel periodo della direzione di Puccianti	178
L'ordinamento degli studi	178
I programmi di alcuni corsi d'insegnamento in Fisica	180
Statistica degli iscritti al corso di laurea in Fisica nel periodo 1918-1948	186
5.8. I laureati in Fisica a Pisa nel periodo 1917-1950	187
5.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. di Pisa al tempo di Puccianti	194
Bibliografia	197
Epilogo e conclusioni	199
Indice dei nomi	201



# Introduzione

L'insegnamento e la ricerca nel campo delle scienze fisiche hanno rappresentato per molto tempo, e ancora oggi rappresentano, elementi caratterizzanti la tradizione didattica e scientifica dell'Ateneo pisano. Se da un lato sarebbe assai poco plausibile stabilire una linea di stretta continuità con il fondatore stesso della fisica moderna, Galileo Galilei, il cui legame con Pisa si limita nella sostanza agli anni e alle ricerche giovanili<sup>1</sup>, è tuttavia d'altro canto innegabile che, a partire dalla prima metà dell'Ottocento, si sia venuta a costituire una vera e propria "scuola" di Fisica – a detta di molti storici della scienza, la prima in Italia in quel periodo – che, pur con qualche cesura e con alterne sorti, mostra una riconoscibile continuità non tanto nelle tematiche della ricerca, che sono per natura stessa della disciplina destinate a una continua evoluzione (se si vuole evitare il rischio di una pericolosa involuzione), quanto in alcuni atteggiamenti "culturali", primo tra tutti il primato dell'esperienza, talvolta addirittura a parziale scapito di un'adeguata elaborazione teorica.

Ci è sembrato quindi opportuno ripercorrere alcuni capitoli salienti della storia della fisica pisana, concentrando in particolare l'attenzione sulla lunga fase che va dalla metà del XIX secolo alla metà del Novecento. Nel periodo così identificato si vanno definendo e consolidando alcuni "caratteri originali", attraverso un processo che è reso più facilmente leggibile dal fatto di essere segnato da un numero assai limitato di figure chiave, che di fatto si riducono ai tre professori che nell'arco di un secolo si sono avvicendati sulla cattedra di Fisica sperimentale e nella direzione dell'Istituto: Riccardo Felici dal 1859 al 1893, Angelo Battelli dal 1893 al 1916 e Luigi Puccianti dal 1917 al 1947.

La nostra attenzione si è quindi concentrata soprattutto su questi tre personaggi, dei quali abbiamo cercato di ricostruire non soltanto le vicende umane e accademiche, ma anche il quadro dei collaboratori e degli allievi, la produzione scientifica, l'impostazione didattica, come pure il contesto, non certo marginale per importanza, della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali di cui essi furono tra i più significativi e longevi esponenti.

Non trova invece posto in questa monografia la figura certamente eccezionale di Antonio Pacinotti, che, pur potendosi considerare a tutti gli effetti un prodotto della "scuola pisana", non ebbe a sua volta un ruolo particolarmente rilevante nella formazione di quell'*ethos* scientifico che ebbe a caratterizzare la scuola stessa. Peraltro a Pacinotti sono già stati dedicati numerosi studi, mentre lo stesso non si può certo dire di Felici, Battelli e Puccianti, dei quali non è dato trovare una trattazione approfondita ed organica nella letteratura specialistica.

<sup>1</sup> Dove, però, espose già chiaro il suo metodo di ricerca fisica, quello che poi sarà ufficialmente il *metodo galileiano*, basato sugli insegnamenti tecnico-scientifici (di tipo ingegneristico) ricevuti dai suoi maestri, in *primis* Ostilio Ricci; cfr. (Paschini 1965).

Non sarebbe stato tuttavia possibile giungere a una chiara comprensione della genesi della “scuola pisana” senza un ampio richiamo ai due personaggi che, a partire dal 1840, chiamati dal Granduca Leopoldo II di Toscana, andarono a coprire le cattedre di Fisica sperimentale (Matteucci) e di Fisica matematica (Mossotti): stiamo parlando di due fisici di statura internazionale, che furono maestri di Felici e del suo *fido maestro sostituto*, il grande matematico (e fisico matematico) Enrico Betti.

È nostra ferma convinzione che la scuola pisana sia nata proprio, come dire, dalla feconda “ibridazione” di due approcci *a priori* radicalmente differenti, come quelli di Matteucci e Mossotti, ibridazione che, in particolare nella persona di Felici, vide ricrearsi quel modello di fisico “galileiano” (ossia capace di coniugare, in perfetta sintesi, teoria ed esperimento)<sup>2</sup> di cui non abbiamo purtroppo molti esempi, né tra i predecessori né tra gli epigoni, e di cui certamente l'esempio più alto nel nostro Paese (e forse non soltanto in esso) è rappresentato da Enrico Fermi, anch'egli seppure in piccola parte considerabile come un “prodotto culturale” della scuola pisana che ebbe comunque risonanza anche in altre parti del paese grazie all'opera didattica e scientifica dei molti allievi, studiosi e ricercatori che, formati alla scuola pisana, per varie ragioni lasciarono poi Pisa.

Questo lavoro è il risultato di una ricerca sia storica (in quanto basata sulla raccolta sistematica e dettagliata, perlopiù in elenchi e tabelle, di dati storici obiettivi)<sup>3</sup> che storiografica (quale frutto di interpretazione dei vari dati storici raccolti ed analizzati) sulle scienze fisiche a Pisa, nel periodo compreso fra il 1840 e il 1950, cruciale perché vide la nascita e l'affermazione della prima scuola di Fisica italiana di quell'epoca storica, la quale influenzerà variamente, per la ramificata dislocazione su tutto il territorio nazionale dei suoi molti allievi, gli sviluppi successivi della disciplina, sia a livello accademico che di insegnamento nelle scuole pubbliche, pressoché in tutto il resto del Paese. Ciò può desumersi proprio dai molti dati storici raccolti: allievi, dissertazioni finali o tesi di laurea discusse, loro relatori, lavori scientifici, nonché alcune brevi notizie biografiche (laddove esistenti) sia umane che scientifiche, in modo da poter costruire una rete di legami interpersonali che possono fornire almeno un'idea del quadro di rapporti docente-discente che, secondo certe prospettive della sociologia dei processi culturali, svolgono senz'altro, contrariamente al mito – appunto – di Atena nata dalla testa di Zeus, un ruolo cruciale nella formazione culturale e professionale di ogni persona.

Nel presentare questa ricerca si è ritenuto d'altronde necessario anteporvi una lunga premessa – il capitolo 1 – sulla storia dell'Ateneo pisano, e in particolare della pratica delle discipline scientifiche che vi si è svolta anche nel periodo antecedente quello su cui si è concentrato il nostro lavoro, se non altro per pervenire, lungo un percorso storicamente unitario ed organico, alle figure di Carlo Matteucci e di Fabrizio Ottaviano Mossotti, descritte nel capitolo 2, che si possono considerare, alla luce di quanto emerso da questa ricerca storica, i veri padri fondatori della tradizione fisica pisana.

<sup>2</sup> Come ricorda Antonio Ròiti nel suo necrologio di Felici, «[...] egli esercitò fra noi infondendo da un lato la persuasione che gli studi fisici scompagnati da quelli matematici a ben poco possono approdare, e dall'altro invogliando i suoi colleghi di matematica ad occuparsi di questioni fisiche» (Ròiti 1902: 291).

<sup>3</sup> Se poi alcuni di essi possono sembrare parzialmente completi o non organici, ciò è dovuto al fatto che le relative fonti non è stato possibile averle in modo integrale e sistematico.



I contenuti dei primi due capitoli – che hanno principalmente l'obiettivo di contestualizzare i successivi capitoli entro un quadro storico organico e compiuto, sì da poter individuare discontinuità e continuità storiche altrimenti irrilevabili da un'analisi a breve termine – non si qualificheranno quindi come frutto di ricerche originali, essendo piuttosto la sintesi di numerose elaborazioni precedenti, ampiamente citate in bibliografia, accompagnata al più da qualche breve considerazione di natura interpretativa ed epistemologica, ma sono il risultato di quell'esigenza, metodologicamente indispensabile, di collocare storicamente il nostro lavoro entro un quadro di lunga durata, sia perché molte delle informazioni presentate nel primo capitolo non sono di immediata accessibilità per il lettore non specialista, sia perché, a nostro parere, gli elementi di continuità, e anche quelli di discontinuità, con il passato più lontano forniscono preziose chiavi di lettura talvolta inaspettate ma certamente utili a un miglior inquadramento dei principali aspetti riguardanti la nascita, la struttura e l'evoluzione storica dei processi socioculturali della scienza.

A questo proposito, di un certo interesse storico è senz'altro il rimarcare quale proficuo ambiente socioculturale venne a crearsi nella seconda metà dell'Ottocento a Pisa, proprio in ambito fisico e matematico, con le figure – di primo piano – di Mossotti, Matteucci, Felici, Betti e Dini, che, nel complesso (anche insieme ai tanti loro allievi), riusciranno, spesso di concerto, a creare un ambiente culturale stimolante e prolifico d'idee in cui si formeranno studiosi che svolgeranno un ruolo di primissimo piano nella matematica e nella fisica italiane degli anni a venire. In particolare, gli indirizzi fisico-matematici inaugurati dal Betti<sup>4</sup>, e poi continuati dai suoi tanti allievi diretti e indiretti – fra i quali Volterra, Bianchi, Ricci Curbastro, Padova<sup>5</sup> – anche in altre sedi universitarie, porteranno ai livelli più alti la scuola pisana di Fisica e di Matematica, quale fu appunto quella che venne a costituirsi in tale periodo. Di questi, basta ricordare i lavori di Antonio Pacinotti, quelli di Ernesto Padova e Ricci Curbastro (che, a Padova, creeranno, con il loro comune allievo Tullio Levi-Civita, il calcolo differenziale assoluto), quelli di Volterra, come pure tutto quel campo immenso di studi di fisica matematica, riguardanti la teoria dell'elasticità e la meccanica dei continui, campo che, scaturito perlopiù dai lavori – che spaziavano dalla fisica sperimentale e la fisica matematica, fino alla matematica pura – di Betti, costituirà l'ambito di ricerca centrale del settore nei successivi decenni della storia accademica italiana.

### *Ringraziamenti*

Ci preme sottolineare che questa ricerca sarebbe stata assai più incompleta senza la preziosa collaborazione del dott. Daniele Ronco, del Sistema Bibliotecario di Ateneo di Pisa, che ha reperito e resa disponibile tutta la documentazione originale presente nell'Archivio generale di Ateneo e rilevante per il nostro lavoro.

<sup>4</sup> Che, ricordiamolo, nel suo lavoro di studio e di ricerca beneficiò pure della diretta amicizia che aveva con Riemann.

<sup>5</sup> Ma non limitatamente a questi. Infatti, innumerevoli furono gli studiosi e i ricercatori che, formati a Pisa, andarono poi a svolgere il loro lavoro altrove.



# Capitolo 1

## Lo *Studium Generale* di Pisa, dalle origini ai primi decenni dell'Italia post-unitaria

### 1.1. Lo sviluppo storico dello *Studio pisano* nelle sue linee essenziali

Nel periodo comunale furono istituite, intorno alla fine dell'XI secolo, le prime scuole pubbliche aperte a tutti, con insegnanti stipendiati dai Comuni. Vi si insegnavano solo le arti liberali del *Trivio* (grammatica, retorica e dialettica), per il giusto ragionare ed argomentare, e quelle del *Quadrivio* (aritmetica, geometria, musica e astronomia), per la cognizione quantitativa; invece le discipline scientifiche, quali rami del sapere filosofico, non trovavano spazio nell'insegnamento in Italia. Al contempo, sorgevano pure, sotto nomina papale o imperiale<sup>1</sup>, i primi *Studi generali*, antesignani delle future università, allora prevalentemente dediti alle discipline umanistiche e giuridiche. In particolare, in Pisa<sup>2</sup>, già notevole centro politico e militare, rilevante, fin dall'inizio del XII secolo, era la Scuola capitolare pisana di diritto e giurisprudenza. Lo *Studio pisano*, la cui origine *de facto* risale al 1338, con la bolla papale *In supremæ dignitatis* emessa da papa Clemente VI il 3 settembre del 1343, passò, con legittimazione *de iure*, a *Studium Generale*, con privilegi ed autonomie che ne accrebbero l'importanza rispetto ad altri studi toscani, quello fiorentino e quello senese in particolare (Barbensi 1969: cap. V; Coppini 2009; Tangheroni 1993: 5-8; 1994: 9).

I buoni rapporti fra la Chiesa e le istituzioni civili pisane favorirono la creazione di uno *Studium Generale* che doveva raccogliere, nelle intenzioni papali, i migliori docenti europei (soprattutto in diritto e medicina), istituendo le facoltà di Teologia, quella di Diritto – nei due indirizzi canonico e civile – e quella di Medicina (ovvero, medico-fisica), i cui primi lettori furono Ranieri Arsendi, Bartolo da Sassoferrato, Francesco Tigrini da Vico e Baldo degli Ubaldi per il diritto, Guido da Prato per la medicina, Francesco da Buti per la grammatica e la retorica. Tuttavia, già nel 1359, una grave crisi finanziaria del governo comunale privò del

<sup>1</sup> Solo le uniche due massime autorità universali della Cristianità, il papa e l'imperatore, potevano, nel Medioevo, fondare Studi Generali. In senso proprio, e fino all'inizio del XVIII secolo, col termine Università si indicava solamente l'insieme degli studenti – l'*Universitas scholariorum* – di uno Studio Generale. Dopodiché, esso intenderà riferirsi pure allo Studio, come suo sinonimo, fino alla scomparsa pressoché completa di quest'ultimo termine a partire dagli inizi del XX secolo (Marrara 1993: 84-89; 118-120; Tangheroni 1993: 11-12; 1994: 9: 23).

<sup>2</sup> Per una breve, complessiva visione storica generale di Pisa e le sue istituzioni universitarie, cfr. pure (Dini 1995).

pagamento dei salari tutti i lettori dello *Studio pisano*, che, messi di conseguenza in libertà, si trasferirono in altri Studi. Gli incarichi d'insegnamento di Grammatica e Retorica, di Logica e di Fisica, pur di non chiudere lo Studio, vennero tutti temporaneamente affidati a Francesco da Cremona. Solo la facoltà teologica, la prima italiana dopo quelle tradizionali di Parigi e Oxford, continuò la sua vita normale, appoggiandosi allo Studio domenicano di Santa Caterina, (Coppini 2009; Tangheroni 1993: 6-7; 1994: 9-15).

Oltre le arti liberali, l'astronomia era la scienza maggiormente considerata nel periodo medievale, sebbene studiata entro un generale contesto teologico-filosofico a cui faceva riferimento tutto il sapere scientifico di allora. L'astrologia era professata in stretta relazione all'astronomia ed alla cosmografia, sulla base soprattutto di due traduzioni dall'arabo dell'*Almagesto* di Tolomeo, in merito a cui sono degni di essere ricordati due astrologi che maggiormente contribuirono al progresso dell'astronomia, Fra' Currado e Paolo Dagomari, detto "Paolo il geometra" o "Paolo dell'Abaco", quest'ultimo molto dotto anche in matematica. Al contempo era molto praticata anche l'alchimia, che, assieme alle arti mediche e farmaceutiche, indirettamente contribuirà alla nascita della chimica (Barbensi 1969: cap. V; Coppini 2009; Fioravanti 1993; Tangheroni 1993).

La matematica, come pratico strumento di quantificazione necessario per le attività economiche, ebbe, ancor prima della fondazione dello Studio pisano, un certo sviluppo in Toscana, soprattutto da parte di Leonardo Fibonacci a Pisa, che introdusse gli elementi dell'aritmetica (*Liber abaci* del 1202) e della geometria (*Practica geometriæ* del 1220), frutto rispettivamente dell'esperienza acquisita dalle pratiche commerciali e dalle tecniche di agrimensura e stereometria, instaurate nei rapporti commerciali con gli Arabi. Solo con l'aretino Giovanni de' Danti, si ebbero, nel 1370, le prime traduzioni in latino di alcuni testi matematici arabi di geometria, assieme a quella delle principali opere dei geometri greci. Da ricordare inoltre, verso la fine del XIII secolo, l'invenzione delle lenti da vista da parte del frate domenicano Alessandro della Spina del Monastero di Santa Caterina in Pisa, e l'insegnamento della Matematica affidato a Tommaso dell'Abaco prima, e a Filippo de Folli poi (Barbensi 1969: cap. V; Barcaro & Maccagni 1987: 8-10; Coppini 2009; Fioravanti 1993; Maccagni 1993; Tangheroni 1993: 30-31).

Lo Studio pisano, dopo l'iniziale periodo di slancio e di crescita dalla sua fondazione, favorito anche dalla lunga indipendenza pisana, vide, a partire dal 1406, un periodo di grave crisi sotto la dominazione fiorentina, per di più aggravata da epidemie di peste che colpirono la città di Pisa, fin quando Lorenzo de' Medici, a partire dal 1472, ne risollevò le sorti, rianimandone e migliorandone lo stato, ridandogli autonomia statutaria e privilegi di rendita, potenziandolo negli insegnamenti e nel corpo docente, riportandone la sede centrale a Pisa (iniziando, tra l'altro, la costruzione del *Palazzo della Sapienza*), trasferita temporaneamente a Pistoia e a Prato in seguito alla pestilenza. In questo periodo, lo Studio pisano fu peraltro agevolato da parte della Chiesa, sia da contributi finanziari che da speciali privilegi (Coppini 2009; Del Gratta 1993; Fioravanti 1993; Tangheroni 1994: 16).

Durante la Signoria medicea, per la prima volta furono promossi, proprio nello Studio pisano, insegnamenti che si discostavano dalla filosofia scolastica allora dominante, iniziativa questa che fu poi seguita da altri Studi. Nel 1474, a Pisa erano attivi, in ambito filosofico, gli insegnamenti di Logica e Filosofia, mentre, in ambito medico, erano attivi sei insegnamenti, tre di Medicina teorica e tre di Medicina pratica. Tuttavia, le discipline giuridiche occu-

pavano ancora, in generale, la maggior parte dell'insegnamento, mentre quelle filosofiche, congiunte il più delle volte a quelle teologiche e meno alla matematica ed alle scienze naturali, fisiche e mediche, erano ancora impartite per lo più secondo la tradizione scolastica e il pensiero aristotelico senza tante influenze da parte dell'Umanesimo fiorentino. A Firenze, rimasero attivi solo insegnamenti filosofici e letterari legati più strettamente agli ambienti umanistici di quella città (Barbensi 1969: cap. V; Coppini 2009; Del Gratta 1993; Fioravanti 1993; Tangheroni 1994: 16).

Solo dopo la scomparsa di Lorenzo de' Medici ed il conseguente accorpamento dei due studi nel 1497, si ebbe un bilanciamento fra le cattedre umanistiche e quelle scientifiche nonché un periodo di stabilità delle attività del doppio studio così costituitosi, almeno fino al 1523 quando, chiuso nuovamente quello pisano, rimasero poche cattedre umanistiche ed una di filosofia in quello fiorentino, affiancate da una nuova cattedra in Astrologia, richiesta dai governanti per predizioni circa le loro decisioni. Tranne l'ambito teologico, i rimanenti, tra cui il giuridico, quello medico, l'umanistico e quello artistico, vennero comunque alquanto trascurati (Barbensi 1969: capp. V, VI; Coppini 2009; Del Gratta 1993; Fioravanti 1993; Tangheroni 1994: 16-18).

In questo stesso periodo, almeno per quanto riguarda la matematica e la geometria, si ricorda che, a Pisa, oltre al Pacioli, insegnò Matematica pure Luca Antonio Vaivaldi dal 1516 al 1522. Inoltre, l'insegnamento di Fisica spesso comprendeva molti altri insegnamenti complementari, quali Logica, Metafisica ed Etica. Gli insegnamenti di Matematica erano incentrati sugli *Elementa* di Euclide, sulle opere di Archimede e sui *Libri conicorum* di Apollonio Pergeo. Gli insegnamenti di Meccanica, invece, comprendevano gli *Instrumenta mechanica*, le *Exercitationes mechanicae*, il *De centro gravitatis* e il *De resistentia solidorum*. Tuttavia, nonostante queste attività, dopo la scomparsa di Lorenzo il Magnifico, lo Studio pisano trascorse, negli anni dal 1494 al 1537, un profondo periodo di crisi e generale decadenza. Solo il 1° novembre 1543, a due secoli esatti dalla bolla di Clemente VI, Cosimo I de' Medici riaprì lo Studio pisano, ridando definitivamente vita all'insegnamento, seppur in modo vario e articolato (Barbensi 1969: capp. V, VI; Coppini 2009; Dini 1995: 236-238; Fioravanti 1993; Marrara 1993; Tangheroni 1994: 18).

Da un punto di vista disciplinare, i docenti erano riuniti in tre collegi dottorali: quello dei legisti, quello degli artisti (comprendente filosofi e medici), quello dei teologi, i quali preparavano alla laurea rispettivamente in Diritto civile e Diritto canonico (o in entrambi, cioè *in utroque iure*), in Filosofia e in Medicina, in Teologia, mentre, da un punto di vista amministrativo, essi erano divisi in tre fasce, con compiti didattici distinti, ovvero i lettori, i professori straordinari ed i professori ordinari. Nello Studio pisano, in particolare, per quanto riguarda la filosofia naturale, almeno fino alla seconda metà del XVI secolo, si continuò ad insegnare la filosofia aristotelica nell'indirizzo datogli dalla scolastica (ad esempio, l'aristotelico Agostino Nifo tenne pure l'insegnamento della fisica), assieme alla matematica e la logica, ancora fortemente legata alla metafisica e alla teologia. In ogni modo, a Pisa, accanto al preponderante aristotelismo, coesistevano pure filosofi che, richiamandosi al platonismo, erano molto più aperti verso la matematica degli aristotelici, creando così quel particolare ambiente in cui si formerà il giovane Galilei, prima come allievo poi come lettore, che dunque non si formò nel nulla, ma ricevette invece decisivi influssi dalla cultura accademica del tempo durante il periodo della sua giovinezza, che sarà cruciale per tutta l'opera sua a venire (AP 1929: 17; Barcaro & Maccagni 1987: 10; Coppini 2009; Dini 1995: 237; Iofrida 1993; Tangheroni 1994: 24).

Dalla seconda metà del XVI secolo, Pisa fu caratterizzata – filosoficamente – dalla presenza di particolari interessi naturalistici. Studi in Anatomia umana furono condotti da Realdo Colombo, dal 1546 al 1548, e da Gabriele Falloppia, dal 1548 al 1551, seguendo il metodo di Andrea Vesalio appreso quando questi insegnò per un breve periodo a Pisa. Dal 1544, Cosimo I si premurò a che venisse fondato un Orto botanico, il primo d'Europa, affidandone il compito ad uno dei più importanti medici e botanici del tempo, Luca Ghini, a cui succederà, nel 1584, Andrea Cesalpino che, per la singolarità delle sue ricerche e dei suoi metodi di studio, è considerato uno dei maggiori naturalisti del XVI secolo; il Cesalpino, a parte quest'incarico, insegnò Medicina a Pisa fino alla fine del XVI secolo, quando gli subentrerà Girolamo Mercuriale. Le opere più propriamente fisiche del Ghini, pur collocandosi ancora nel solco dell'aristotelismo, mostrarono tuttavia di presentare nuove prospettive orientate verso una sempre maggiore sperimentazione. Del resto, anche prima di lui, in particolare con l'opera del medico e filosofo napoletano Simone Porzio, anch'egli voluto nello Studio pisano da Cosimo I nel 1544, la cultura filosofica pisana aveva già dimostrato la sua originale innovatività, anche grazie ai contatti con altri Studi italiani, nonché la sua propensione verso una mentalità più volta verso la diretta osservazione dei fenomeni naturali piuttosto che relegata alla lettura dei testi classici (Barcaro & Maccagni 1987: 13-14; Coppini 2009; Iofrida 1993; Tangheroni 1994: 33-35).

In effetti proprio in questa fase del principato mediceo un'attenzione sempre maggiore riceveranno le scienze, soprattutto da parte di Cosimo II de' Medici, appassionato di scienze naturali e matematica, che, per questo motivo, nel 1610 volle richiamare Galileo alle proprie dipendenze, nominandolo Primario Filosofo e Matematico dello Studio fiorentino, nonché Primario Straordinario Matematico dello Studio pisano, senza obbligo di leggervi né di risiedervi, proprio là dove iniziò la sua carriera di lettore nei tre anni che vanno dal 1589 al 1592, quando, per contrasti con gli aristotelici, passò allo Studio patavino (Barbensi 1969: capp. V, VI; Coppini 2009; Iofrida 1993: 301-325; Paschini 1965).

Inoltre, già tra la fine del '500 e i primi decenni del '600, anche nel campo del diritto iniziava ad affermarsi una tendenza verso una maggior concretezza e praticità, fin quando, sopraggiunto ed affermatosi il metodo scientifico galileiano, intorno alla fine del '600, con l'acquisizione graduale di un linguaggio più razionale e meno ambiguo e ridondante, iniziava l'indirizzo positivistico del diritto (Tangheroni 1994: 33). Nello stesso periodo, si assiste alla nascita di nuove Accademie, non solo giuridiche, filosofiche, artistiche e letterarie ma anche scientifiche. Infatti, in linea con la nuova aura portata dal Rinascimento, iniziava a sentirsi sempre più l'esigenza concreta di ricercare un riscontro empirico alle affermazioni sui fenomeni naturali fino ad allora spiegati solo in termini dialettici sulla base di dogmatismi peripatetici (Barbensi 1969: capp. VII, VIII; Coppini 2009; Iofrida 1993).

Il nuovo spirito scientifico galileiano, con la centralità della matematica (della geometria, in particolare), il ricorso sistematico alla sperimentazione, e l'attenzione per i risvolti pratici, tecnici ed applicativi della scienza, troverà il favore e l'accoglienza della cultura pisana; in particolare, in filosofia e medicina, avrà Giovanni Alfonso Borelli, Lorenzo Bellini, Alessandro Marchetti, Giuseppe Averani, Cipriano Targioni, Giuseppe Zambecari, Luca Albizzi come suoi sostenitori, tutti docenti nello Studio pisano dopo Benedetto Castelli, un allievo di Galilei – a Padova – che verrà a insegnare matematica a Pisa, e dove avrà Bonaventura Cavalieri come discepolo. Castelli compirà notevoli studi di idraulica e ottica sulla scia

del metodo galileiano, come farà pure il Borelli. Fra gli altri discepoli sia del Galilei che del Borrelli, che continueranno con l'insegnamento delle matematiche e delle scienze in Pisa, ricordiamo Niccolò Aggiunti, Dino Peri, Vincenzo Renieri, Famiano Michellini (Barcaro & Maccagni 1987: 19-26; Coppini 2009; Fedeli 1915; Iofrida 1993; Maccagni 1993; Paschini 1965; Tangheroni 1994: 35-36).

Nel periodo dal XVII secolo in poi, le università e gli studi italiani erano tra i migliori al mondo ed i più numerosi, centri della cultura fra i maggiori del quadro internazionale, che attraevano intellettuali e studenti da ogni parte del mondo. Lo Studio senese mantenne le posizioni di rilievo in medicina e scienze naturali, nonché ebbe distinti cultori in Logica e Matematica. Come già detto, ebbe rilevanza pure lo Studio pisano, già importante nel diritto, meno in lettere, arti e filosofia, che primeggiavano di più nello Studio fiorentino, quindi in scienze naturali, medicina e matematica, soprattutto con l'insegnamento ed il lavoro di Galilei prima e di Giovanni Alfonso Borelli dopo, che applicò il metodo galileiano anche alla fisiologia animale, all'astronomia, alla meccanica, percorrendo alcune scoperte scientifiche successive (AP 1929: 21; Barbensi 1969: cap. IX; Coppini 2009; Iofrida 1993; Maccagni 1993).

Altre accademie e società scientifiche e culturali nascevano. Già subito dopo la morte di Galilei, sia Ferdinando II che il fratello Leopoldo accolsero l'invito di alcuni allievi del Galilei di occuparsi pure della nascente "filosofia sperimentale", fondando dunque, a Firenze, l'*Accademia medica sperimentale*, retta inizialmente da Evangelista Torricelli, quindi, dopo la sua morte, da Vincenzo Viviani fino al 1657, quando viene fondata l'*Accademia del Cimento*, la prima, in Europa, per le scienze naturali e la loro verifica sperimentale ("il Cimento"), grazie alle cui attività sempre più iniziava a diffondersi il metodo sperimentale galileiano fra le scienze della natura. Sul modello di molte delle accademie italiane, soprattutto quelle scientifiche, in primis l'*Accademia del Cimento*, altre ne nasceranno nei maggiori paesi europei. L'*Accademia del Cimento*, tuttavia, non avrà lunga vita, terminando le sue attività già nel 1667, e con essa andrà pure in secondo piano il contributo italiano alla nuova filosofia naturale; infruttuosi furono anche i tentativi di mantenerla attiva facendola confluire nel *Museo di Fisica e Storia Naturale* che Pietro Leopoldo aveva appositamente fondato verso la metà del XVIII secolo. Tuttavia, in essa nacque e si sviluppò la nuova fisica, intesa come scienza fondata sul metodo sperimentale galileiano, modello a cui ben presto molte altre scienze naturali si conformeranno (Barbensi 1969: cap. IX; Coppini 2009; Iofrida 1993; Maccagni 1993).

All'inizio del '700, da ricordare è la figura di Guido Grandi, di Cremona, che molto contribuì alla cultura filosofica e scientifica pisana, introducendo in Toscana le nuove idee e ricerche europee di Newton e Leibniz sul calcolo infinitesimale, ma non senza finalità ideologiche, redigendone il primo trattato italiano; egli si occupò pure di storia e di diritto, nonché propose la costruzione della *Specula Accademica Pisana*, cioè l'Osservatorio astronomico. Da ricordare pure, oltre al filosofo Alessandro Marchetti, lettore di Matematica, il gesuita, giurista e naturalista, Giuseppe Averani, l'astronomo Vincenzo Ranieri, il medico Giuseppe del Papa, il botanico Michelangelo Tilli (Barcaro & Maccagni 1987: 27; Coppini 2009; Dini 1995: 274; Iofrida 1993; Tangheroni 1994: 36-37).

Negli ultimi anni del principato mediceo, gli Studi e le università continuarono nelle loro attività sotto l'interessamento della Signoria medicea la quale però ebbe, verso la fine del XVII secolo, una maggiore attenzione, con Cosimo III, verso lo Studio senese, ciò che comportò inevitabili rivalità con quelli di Pisa e Firenze. Lo Studio pisano tuttavia non riuscì a

mantenere quell'alto livello che aveva raggiunto nel periodo granducale che va da Cosimo I a Ferdinando II, in cui divenne il centro principale, oltretutto del diritto, della nuova "filosofia naturale" grazie all'opera del Galilei e dei suoi allievi, molti dei quali continuarono sulla scia dell'opera del maestro, non solo in fisica ma anche in matematica. Molti lettori dello Studio pisano, inoltre, furono chiamati da quello fiorentino per sopperire alla deficienze di quest'ultimo e mantenerlo ad un livello di eccellenza. Alcune fonti riportano che, sotto Cosimo III, fu persino proibito, pena il decadimento da lettore, insegnare la nuova filosofia naturale al posto di quella aristotelica, atteggiamento, questo, che fu tenuto solo nei riguardi della fisica galileiana (Barbensi 1969: cap. X; Coppini 2009; Iofrida 1993; Tangheroni 1994: 38-41).

Ma già ai primi decenni del '700, si delineava il tramonto del lungo principato mediceo e l'alba del dominio Lorenese intorno alla metà del secolo, sullo sfondo del nascente Illuminismo. Tuttavia, se il primo, soprattutto negli ultimi suoi reggenti, lasciò alquanto precaria la situazione degli Studi e delle università toscane, con Francesco II, primo regnante dei Lorena, si ebbe un risollevarsi graduale, soprattutto per lo Studio pisano, in special modo per quanto riguarda le scienze fisiche e matematiche. Fu, in particolare, per la determinazione e lungimiranza del nuovo Provveditore<sup>3</sup> l'oratoriano Gaspare Cerati, nominato da Gian Gastone de' Medici nel 1733, che lo Studio pisano, spesso trascurato in momenti alterni della dominazione medicea in Toscana, non venne nuovamente chiuso. Molti degli illustri docenti che ne avevano retto le sorti fino ad allora, stavano per lasciare l'insegnamento e si erano trasferiti altrove, cosicché Cerati si premurò a che si desse subito rimedio a tale crisi (Giorgioni 1994: 45-46; Iofrida 1993). Al contempo, egli si interessò degli aspetti organizzativi e strutturali dello Studio pisano, completandovi la decennale costruzione della locale *Specola*, cioè dell'Osservatorio astronomico (voluta da Guido Grandi nel 1729, e la cui direzione venne affidata al Perelli nel 1739), ampliando e riorganizzando il *Museo di Storia Naturale* e l'*Orto Botanico*, quindi inaugurando, nel 1742, la Biblioteca universitaria (Barbensi 1969: cap. XI; Coppini 2009; Giorgioni 1994: 46; Panicucci 2000).

Cerati, dunque, si adoperò subito a rinnovare anzitutto gli insegnamenti, abolendo quelli ritenuti ormai vetusti, come i corsi di "materie feudali", quindi introducendone, non senza opposizioni, dei nuovi, istituendo così le cattedre di Fisica sperimentale<sup>4</sup> (nel 1748), di Chimica (nel 1757), quella di Astronomia (nel 1739) affidata a Tommaso Perelli, dedito sia all'astronomia che alla fisica, allievo del matematico Guido Grandi a cui poi succedette Giovanni Claudio Fromond, fedele al metodo sperimentale galileiano; nel 1755, entrava ad insegnare Matematica Paolo Frisi, quindi Bartolomeo Bianucci, che insegnò Matematica, Logica e Fisica, e Giovanbattista Caraccioli, Ottaviano Cametti, Giacomoandrea Tommasini, Ramiro Bianchi, Ranieri Gerbi e Pietro Ferroni per le matematiche. Nel 1757, fu Anton Nicola Branchi ad avere la prima cattedra di Chimica sperimentale, che resse fino al 1801, allontanandone l'insegnamento dall'alchimia e dalla filosofia peripatetica, e riuscì subito a riscuotere successo abbinandolo più all'insegnamento della fisica e della mineralogia che non a quello della medici-

<sup>3</sup> Il Provveditore soprintendeva alla gestione quotidiana di tutti gli affari accademici (Tangheroni 1994: 25).

<sup>4</sup> Internamente al collegio medico-fisico, sezione di fisica e matematica, che comprendeva gli insegnamenti di Logica, Metafisica, Etica, Filosofia, Fisica, Umanità, Scienze matematiche e naturali, Meccanica e Astronomia (Barsanti 2000; Dini 1995: iv: 303-310).



na, come era allora usuale, mentre Lorenzo Pignotti, oltreché letterato, insegnò anche fisica assieme al Bianucci (Barcaro & Maccagni 1987: 27; Barbensi 1969: cap. XI; Coppini 2009; Dini 1995: 309-310; Giorgioni 1994: 46; Occhialini 1914; Panicucci 2000; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Nel 1766, la cattedra di Chirurgia teorica fu rinnovata dopo decenni di stagnazione, ed affidata a Francesco Vaccà Berlinghieri. Nel 1769, fu istituita la cattedra di Diritto pubblico e naturale delle genti, assegnata a Giovanni Maria Lampredi. Nel 1770, insegnò pure, come già ricordato sopra, Pietro Ferroni, proveniente dallo Studio fiorentino ove mantenne l'insegnamento di matematica applicata all'architettura, all'ingegneria, all'agricoltura. Verso la fine del XVIII secolo, troviamo pure Vincenzo Brunacci, lettore di matematica nello Studio pisano, interessatosi pure all'idraulica. Inoltre, nel 1765, resasi vacante la cattedra di Logica nello Studio pisano, fu chiamato Felice Fontana, chimico, fisiologo e anatomista dello Studio fiorentino, il quale poi tenne pure la cattedra di Fisica in quest'ultimo, oltre quella dello Studio pisano; stessa posizione pure per il matematico Pietro Ferroni, professore di matematica nello Studio pisano e a Firenze. Agli inizi del XIX secolo, poi, dopo l'apertura e la subitanea chiusura dell'*Accademia del Cimento*, con Felice Fontana, vi subentra Giovanni Fabbroni, fiorentino, che prende altresì la direzione del *Museo di Fisica e Scienze Naturali* di Firenze, oltreché esser professore nello Studio pisano. Fabbroni si occupò di elettrochimica, idraulica, metrologia, mineralogia (Barbensi 1969: capp. XI, XII; Coppini 2009; Occhialini 1914; Panicucci 2000; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Nel frattempo, in Europa si assistette alla prorompente irruzione dell'Illuminismo sorretto da una parte dall'empirismo inglese dall'altra dal razionalismo cartesiano, entrambe, a loro volta, correnti di pensiero scaturite dalle nuove idee sul metodo scientifico di Bacone e Galilei. In Toscana, nell'anno 1737, la successione medicea si era risolta col passaggio, non traumatico, alla dinastia Lorenese, portando con sé tendenze riformatrici rispetto all'immobilismo precedente, seppur in un clima di generale parsimonia finanziaria nei confronti delle università. Nel 1767, il granduca Pietro Leopoldo di Asburgo Lorena dispose una deputazione volta a stabilire una riforma dello Studio pisano, a cui prese parte, nonostante l'età, pure il Cerati, grazie alla quale lo Studio pisano continuò, nonostante tutto, a mantenersi attivo, almeno fino alla fine del XVIII secolo, quando le truppe napoleoniche discesero in Italia (Barbensi 1969: capp. XI, XII; Coppini 2009; Giorgioni 1994: 46-47; Panicucci 2000).

Dai primi anni dell'Ottocento, comunque, nello Studio pisano vi erano Leopoldo Vaccà – figlio di Francesco Vaccà Berlinghieri – alla cattedra di Fisica sperimentale, Giorgio Santi, professore di Storia naturale e Chimica, i fratelli Giuseppe Antonio e Francesco Slop, professori di Astronomia, quindi Gaetano Savi, insigne naturalista, che succedette al Vaccà alla cattedra di Fisica sperimentale, Giovanni Rosini, professore di Eloquenza italiana, Giovanni Carmignani a Istituzioni criminali, Andrea Vaccà alla nuova cattedra di Chirurgia; un altro Vaccà, Giuseppe, alla cattedra di Istituzioni civili, Giovan Battista Fanucci per il Diritto marittimo, Salvatore De Coureil per Storia e Geografia, Giovanni Fantoni per l'Eloquenza. Tuttavia, sia le travagliate vicende politiche del periodo che soprattutto le conseguenti ristrettezze finanziarie, furono alla base di un periodo di stagnazione per lo Studio pisano, che, in particolare, coinvolse le strutture scientifiche: ad esempio, il Gabinetto di Fisica, sigillato, con macchine, strumenti ed apparecchiature scientifici, al tempo dell'abbandono da parte di Leopoldo Vaccà Berlinghieri partito al seguito dei francesi, poi riaperto e inventariato dai suoi sostituti Luigi Melegari e Gaetano Cioni, ed ulteriormente ristabilito dal Savi alla sua

naturale attività; anche la Specola era stata trascurata dalle precedenti gestioni di Perelli e dei fratelli Slop (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 48-50; Occhialini 1914; Panicucci 2000; Vergara Caffarelli 2000b).

Tale clima di gravi ristrettezze economiche si riverberava pure sull'assegnazione degli incarichi di insegnamento dei quali difficile era reperire docenti disponibili ad accettarli. Giuseppe Matteschi assunse la cattedra di Fisica e Matematica, Ranieri Gerbi, laureatosi col Bianucci (che insegnò Matematica fino al 1794), fu lettore di Matematica, Francesco Pacchiani era alla cattedra di Logica e Metafisica prima (succedendo a Cristoforo Sarti), quindi a quella di Fisica e Chimica reggendo pure l'annesso laboratorio chimico assieme a Giuseppe Branchi, mentre Giuseppe Gatteschi accettò, sebbene riluttante, la cattedra di Metafisica; infine, l'insegnamento di Geometria, che nessuno voleva, venne tenuto da Giuseppe Piazzini, che insegnò pure Astronomia; infine, a Pietro Studiati venne assegnata la nuova cattedra di Medicina e Farmacia (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 50-51; Occhialini 1914; Panicucci 2000; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Tuttavia, già nel 1805, l'Università pisana chiudeva i battenti un'altra volta, per riaprire, nel 1807, dopo l'annessione della Toscana all'Impero napoleonico sotto cui l'intero ordinamento universitario italiano subì profonde modifiche per adeguarsi a quello francese. Così, nel 1806, l'Università di Pisa divenne una sede dell'Università Imperiale francese come *Accademia di Pisa*, scuola rinomata, comprendente tutti i gradi di istruzione ed avente giurisdizione anche extraterritoriale; nel 1810 venne poi fondata la *Scuola Normale Superiore*, come succursale dell'omonima Scuola parigina. Sotto il nuovo rettore Beniamino Sproni, deputato a riorganizzare l'Università pisana secondo il modello francese, i tre antichi collegi, il teologico, il legale e il medico-fisico, venivano soppiantati dalle nuove *facoltà* accademiche (d'istituzione francese, dunque) di Teologia, Giurisprudenza, Medicina e Scienze e Lettere. Vennero introdotti esami e piani di studi, nonché l'obbligo di sostenere un esame finale di laurea con la stesura di una tesi o dissertazione finale (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 51-55; Panicucci 2000; Tomasi & Sistoli Paoli 1990: 3-9).

Dopo la caduta dell'Impero napoleonico e il ripristino dell'amministrazione Lorenese, negli anni 1814-24, con Ferdinando III in Toscana si rimise in discussione la situazione dell'università, di cui si cercò di mantenerne l'organizzazione conferitagli dai francesi, nonostante alcune modifiche: fra queste, la chiusura, nel 1814, della Scuola Normale Superiore, l'abbassamento degli stipendi dei docenti, la decurtazione delle entrate finanziarie. Vennero altresì abolite le nuove quattro facoltà, ripristinando gli originari tre collegi teologico, legale e medico-fisico, quest'ultimo poi suddiviso nelle due sezioni di medicina e chirurgia, di fisica e matematica; si cercò pure di richiamare in vigore i vecchi ordinamenti e statuti, opportunamente riadattati. I docenti invece rimasero pressoché gli stessi, sebbene alcuni spostati nelle cattedre: Andrea Vaccà a Clinica chirurgica, Pietro Studiati passava da Farmacia a Istituzioni mediche, Giovanni Bianchi ad Ostetricia, Giuseppe Piazzini a Matematica ed Astronomia, Giuseppe Gatteschi a Fisica sperimentale, Giorgio Santi a Storia naturale, Gaetano Savi a Botanica, Pietro Paoli ad Algebra e Matematiche pure dal 1784 al 1839 (AP 1929: 24; Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 55-59).

Il periodo compreso fra gli anni '20 e gli ultimi anni '30 dell'Ottocento, vedranno, in Toscana, Leopoldo II il quale ultimo granduca degli Asburgo Lorena, con l'università che si avviava verso un processo di rinnovamento che terminerà con la riforma del 1838-40. Una certa

prosperità, Leopoldo II la garantì, in vario modo, pure all'Ateneo pisano che, fra i suoi docenti, annoverava Paolo Savi (figlio del naturalista Gaetano Savi) come geologo, Ippolito Rosellini quale professore di Lingue orientali, Giorgio Regnoli, professore di Chirurgia clinica, Federico Del Rosso alla cattedra di Diritto canonico, Luigi Pacinotti (dal 1831 al 1850) prima per Fisica sperimentale, poi per tecnologica e Meccanica sperimentale, Francesco Foggi dapprima per Aritmetica e Geometria, in seguito per Algebra dei finiti dopo, Ranieri Sbragia per la Teologia sistematica, Filippo Corridi, dal 1830 al 1860, prima come professore di Geometria, Aritmetica e Trigonometria, poi per Analisi e Algebra infinitesimali, Olinto Dini per Fisica sperimentale, Giovanni Maria Lavagna prima per Geometria e Trigonometria, poi per Astronomia, Algebra infinitesimale e Calcolo integrale. Fin dal 1828, anche nella sezione di fisica e matematica, afferente al collegio medico-fisico, vennero riconosciuti quattro nuovi indirizzi: quello matematico, quello fisico, quello delle scienze naturali, quello delle scienze fisico-naturali (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 60-62).

Negli anni 1838-40, vide la luce la cosiddetta riforma "Giorgini", dovuta al nuovo Provveditore il matematico Gaetano Giorgini – subentrante allo Sproni – grazie a cui l'Università pisana verrà profondamente rinnovata sulla scorta dei modelli universitari di Padova e Pavia. La riforma prese in considerazione le volontà del granduca Leopoldo II di rinnovare l'insegnamento per tener conto dei nuovi progressi fatti dalle scienze. Numerosi corsi di studi formarono l'offerta del collegio medico-fisico e del collegio legale. Riformato fu pure il sistema di finanziamento dell'università, facente leva soprattutto sugli introiti delle tasse universitarie. Così, dunque, l'anno accademico 1840-41 si aprì all'insegna della nuova riforma universitaria, con i collegi nuovamente rimpiazzati dalle facoltà, che furono sei e che conferivano il titolo di dottore, raggruppate in due sezioni, quella delle scienze morali, comprendente le facoltà di Teologia, di Giurisprudenza, e di Filosofia e Filologia, e quella di scienze fisiche, comprendente le facoltà di Medicina e Chirurgia, di Scienze matematiche e di Scienze naturali, con complessive 48 cattedre. Parecchi i nuovi docenti – fra i quali il filosofo Silvestro Centofanti ed il fisico Carlo Matteucci – che si unirono ai precedenti, molti dei quali spostati di cattedra (Barsanti 1993; Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 62-63; Nagliati 2000: 824-825).

Fra i nuovi, il naturalista e botanico Pietro Savi (figlio di Gaetano Savi), Luigi Corradini per la nuova cattedra di Filosofia morale, Giuseppe Montanelli per Diritto patrio e commerciale, Francesco Antonio Mori per Istituzioni di diritto criminale, Pietro Eliseo De Regny per Economia sociale; nella Facoltà di Medicina, molti i trasferimenti di cattedra, assieme ai nuovi docenti, Felice Melchiorre Tonelli alla cattedra di Veterinaria, Stefano Stagi per Materia medica e Farmacologia, Vincenzo Centofanti per Ostetricia. Alla Facoltà di Scienze matematiche, Guglielmo Martolini era alla cattedra di Geometria, Trigonometria e Geometria descrittiva, nonché a quella di Architettura teorica e pratica, mentre Ottaviano Fabrizio Mossotti era stato appena nominato alla cattedra di Fisica matematica e Meccanica celeste, assieme a quella di Meccanica e Idraulica; a quella di Scienze naturali, oltre i già presenti Gaetano, Paolo e Pietro Savi e Giuseppe Branchi, venne assunto, come sopra già detto, Carlo Matteucci per la cattedra di Fisica sperimentale (dal 1840 al 1860), mentre Luigi Pacinotti, laureatosi in Matematica a Pisa nel 1828, suo malgrado veniva trasferito alla nuova cattedra di Fisica tecnologica e Meccanica sperimentale; Giovanni Barsotti, lettore di Meccanica e Idraulica dal 1849 al 1860, compì notevoli ricerche in dinamica, idrostatica e idrodinamica. Infine, internamente alla Facoltà di Scienze naturali, fu istituita la cattedra

di Agricoltura e Pastorizia, la prima dedicata agli studi agrari, affidati a Cosimo Ridolfi (AP 1929: 249; Coppini 2000, 2009; Dini 1995: 311-329; Giorgioni 1994: 63-64; Occhialini 1914; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Gli anni sotto Leopoldo II, tutto sommato, furono i migliori di tutto il periodo della dominazione Lorenese: invero, la proficua e lungimirante collaborazione fra Giorgini e Leopoldo II, aveva creato un'università innovativa, organicamente strutturata, in linea con i nuovi progressi in campo tecnico-scientifico, e con docenti scelti solo sulla base del loro merito e delle loro capacità, senza alcuna distinzione ideologica. Nel 1846, infine, veniva riaperta la Scuola Normale Superiore, chiusa dopo la caduta dell'Impero napoleonico. A dar ulteriore rilevanza all'Ateneo pisano, fu poi l'aver ospitato, nel 1839, per volere del granduca Leopoldo II, il primo congresso degli scienziati italiani (ovvero il *Primo Congresso dei Dotti*, Pisa, Ottobre 1839), presieduto da Ranieri Gerbi, decano dei fisici, studioso di elettricità e galvanismo, e primo direttore della Scuola Normale Superiore (fondata nel 1810 ma poi chiusa nel 1814), evento che costituì ufficialmente la *Società Italiana per il Progresso delle Scienze* (SIPS) (Coppini 2000, 2009; Dini 1995: 315; Giorgioni 1994: 64-65; Occhialini 1914; Tomasi & Sistoli Paoli 1990: 26-28).

Nel frattempo, iniziava a crescere sempre più quello spirito liberal-democratico che porterà ai moti insurrezionali del '48; e, a Pisa, venne istituita la *Guardia Universitaria*. Matteucci, a comando, assieme a Mossotti, di un consistente battaglione toscano destinato a confluire, assieme alla *Guardia Civica*, nei pressi di Mantova, ebbe a dire che proprio dall'Università pisana, con la sua partecipazione alla battaglia di Curtatone e Montanara, partì «la prima scintilla della libertà italiana ... » nei confronti dell'imposizione austriaca, un passo avanti decisivo verso il Risorgimento italiano. Negli primi anni '50 dell'Ottocento, tuttavia, nonostante questi eventi cruciali, la situazione per l'Università di Pisa non migliorò. Anzi, per risparmiare in termini di finanziamenti, essa venne accorpata a quella di Siena, per costituire il cosiddetto *Ateneo Etrusco*, formato da sole sei facoltà, quella di Teologia e Giurisprudenza di Siena, quella di Lettere, Medicina, Matematica e Scienze di Pisa; le rimanenti, vennero soppresse (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 65-72; Occhialini 1914).

Questa riorganizzazione, che riguardò pure le accademie, ed in gran parte avallata da Leopoldo II, ebbe notevoli ripercussioni sull'economia pisana che molto doveva alla presenza dell'università, la sua attività, le sue persone. Alcuni fra i migliori docenti dell'Ateneo pisano, si trasferirono in altre sedi, come, ad esempio, Raffaele Piria che lasciò, nel 1855, la cattedra di Chimica pisana per quella torinese. I rapporti fra Leopoldo II ed i ceti dirigenti toscani si incrinarono irrimediabilmente, fin quando, per le proteste sempre più incalzanti dei pisani, animate anche dal sopraggiungere di quel nuovo spirito patriottico concomitante all'incipiente scoppio della Seconda Guerra d'Indipendenza, nel 1859, caduto il granduca Lorenese, si annullò il decreto d'accorpamento del 1851, restituendo a Pisa la sua università (Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 72-74).

Così, con un colpo di spugna, si volle cancellare questo recente passato, ripristinando l'Ateneo a Pisa, e rianimandolo sia con i provvedimenti da parte di una nuova classe dirigente volta a conferire nuovamente quell'autonoma indipendenza che quest'ateneo possedeva ben prima delle vicende dei moti insurrezionali del '48. Vennero ripristinate le originarie facoltà di Teologia e di Giurisprudenza, riunite a quelle rimaste in attività, ovvero quella di Lettere, Medicina, Matematica e Scienze naturali, con complessive 54 cattedre.

A tutto ciò, si univano, nell'anno accademico 1859-60, proprio alle soglie dell'Unità d'Italia, nuovi docenti in sostituzione di quelli emigrati altrove o pretestuosamente cacciati via, fra cui Pasquale Villari a Storia, Francesco De Sanctis a Letteratura italiana, Domenico Comparetti a Letteratura greca, Francesco Ferrara a Economia sociale, Paolo Emilio Imbriani a Diritto naturale, Clemente Sancasciani a Igiene pubblica e privata, Stanislao Cannizzaro per la Chimica, Pietro Cuppari, già in pensione, ritornava momentaneamente titolare della cattedra di Agronomia e Pastorizia. Tutto era pronto, o stava per farsi, affinché l'Ateneo pisano ritornasse ad essere fra i primi d'Italia (Barbensi 1994: capp. XIII, XIV; Coppini 2000, 2009; Giorgioni 1994: 74-75).

Nel periodo intorno al 1859, incipiente l'Unità d'Italia, le due maggiori sedi universitarie toscane, ovverosia Pisa e Siena (con la prima, avente una dotazione scientifica e didattica maggiore della seconda, mentre Firenze, dapprima relegata a istituto post-universitario come Istituto di Studi Superiori, man mano acquisirà sempre più autonomia universitaria, fino a concorrere nettamente con le prime due), avranno un proprio corso alquanto diverso rispetto agli altri atenei del territorio italiano, per quel particolare assetto universitario che la Toscana ebbe sotto il dominio mediceo. Comunque, al momento dell'unificazione, Pisa era già senz'altro uno dei primi atenei d'Italia: oltre a possedere tutte le facoltà previste dagli ordinamenti universitari del tempo, ovvero Giurisprudenza, Medicina, Lettere, Scienze (con quest'ultima a sua volta articolata, a Pisa, in altre due facoltà, Matematica e Scienze naturali), Pisa si distingueva per la nuova facoltà di Agraria e Veterinaria, oltretutto per la presenza della Scuola Normale Superiore (Coppini 2000, 2009; Moretti 1994: 81-82).

Fra i docenti dell'Università di Pisa, a partire dall'anno accademico 1859-60: Francesco Ferrara per Economia politica, Giovan Battista Giorgini per Storia del diritto romano, Francesco Carrara per Diritto criminale, Francesco Buonamici per Diritto civile e commerciale, Francesco De Sanctis per Lettere italiane, Domenico Comparetti per Lettere greche, Pasquale Villari per Storia, Carlo Burci per Clinica chirurgica, Enrico Betti per Matematica, Carlo Matteucci per Fisica, Pietro Cuppari per Agricoltura. L'anno successivo, figuravano pure Stanislao Cannizzaro per Chimica, e Alessandro D'Ancona per Letteratura italiana. Nonostante il fatto che alcuni di questi docenti cambiarono subito sede (come Ferrara, Cannizzaro e Burci) o poco si dedicarono alla didattica (come Matteucci, che subito dopo assumerà la carica di ministro della Pubblica Istruzione), l'Ateneo pisano era uno dei migliori d'Italia tant'è che esso venne annoverato fra le sei università primarie del regno, assieme a Torino, Pavia, Bologna, Napoli e Palermo, posizione che, tuttavia, stenterà a mantenere a lungo, nel periodo successivo agli anni '60, perlopiù a causa dell'entrata in gioco di altri importanti atenei italiani, come Padova e Roma (Coppini 2000, 2009; Moretti 1994: 82-87).

Comunque, nel corso degli anni '60 e '70, sono da considerare significativi, a parte il tentativo di istituire una scuola d'Ingegneria ma senza risultati duraturi, sia la riforma della Scuola Normale Superiore che la fondazione dell'Istituto di Agraria. Per quanto riguarda la prima, si prospettarono due possibili alternative: la prima, portata avanti da Francesco De Sanctis, propendeva a ché la Scuola fosse destinata alla formazione post-laurea degli insegnanti attraverso un suo decentramento presso le varie sedi universitarie; la seconda, invece, sostenuta da Carlo Matteucci, propugnava invece un modello fedele a quello francese, accentrato, comprendente quattro sezioni, due per gli studi letterari, una per gli studi matematici, ed un'altra per le scienze fisiche. Dopo varie discussioni e modifiche, molte delle quali

dovute a Matteucci, nel frattempo diventato – nel 1862 – ministro della Pubblica Istruzione<sup>5</sup>, prevalse l'indirizzo voluto dal Matteucci decretato il 17 agosto 1862, con la Scuola Normale Superiore che doveva essere intimamente inserita all'interno della scuola pisana e della sua università, mediante appositi regolamenti, pur garantendo quell'autonomia alla Scuola che la contraddistinguerà come tale (Coppini 2000, 2009; Moretti 1994: 87-89).

Dopo l'Unità d'Italia, la direzione della Scuola venne affidata allo storico Pasquale Villari, che la resse dal 1861 al 1865 seguendo le linee programmatiche del Matteucci, quando gli subentrò il matematico Enrico Betti (professore di algebra dal 1857, allievo di Mossotti, di cui, dopo la morte, assunse la cattedra di fisica matematica, a partire dal 1864), restandovi fino al 1892, il quale impresse alla Scuola quell'indirizzo (laico e) scientifico che la renderà una delle sedi d'eccellenza non solo nella formazione all'insegnamento ma anche – e soprattutto – nella ricerca, mantenendo quella unicità di centro accademico di prim'ordine per tutto il territorio nazionale, nonostante i molti ma falliti tentativi di aprire un'analoga struttura in altri atenei italiani. La Scuola rimase centro culturale di primaria importanza anche sotto le successive direzioni di Alessandro D'Ancona, storico della letteratura, e quella ad essa successiva del matematico Ulisse Dini, il quale svolse veramente un'opera meritoria di riorganizzazione ed ampliamento dell'Università di Pisa fino alle soglie del '900, istituendo, tra l'altro, il biennio della Scuola d'Applicazioni per gli ingegneri, successivo al biennio della Facoltà di Scienze. Inoltre, anche l'Istituto di Agraria e Veterinaria, sin dall'anno della sua fondazione (il 1859) contribuì notevolmente, assieme poi (dal 1877 in avanti) alla Scuola di Diritto, a risolvere le sorti e mantenere quel livello d'eccellenza che l'Ateneo pisano aveva (Coppini 2000, 2009; Moretti 1994: 89-101).

## 1.2. La didattica, le istituzioni, gli ordinamenti, gli insegnamenti

La storia dello *Studio pisano* nel XIV secolo, fu una storia di alti e bassi, sia in termini di attività didattica sia in termini finanziari. Molti dei migliori docenti accorsero da Bologna, soprattutto nel campo della medicina e del diritto, le cui lezioni consistevano essenzialmente nella lettura e nel commento di testi, ragion per cui i docenti venivano chiamati *lettori*. Le condizioni di ristrettezza cominciarono ad avere il loro peso man mano che la plurisecolare indipendenza pisana andava a lasciare il posto alla successiva dominazione fiorentina del 1406, che, fra le altre cose, comporterà la graduale chiusura dello *Studio pisano*. Qui di seguito, si cercherà di delineare la storia istituzionale dello *Studio pisano*, la quale, tuttavia, non può considerarsi completa ed esaustiva per la mancanza di fonti primarie, nella maggior parte andate distrutte o addirittura inesistenti in quanto per lo statuto dello *Studio pisano*, almeno all'inizio della sua vita istituzionale, ci si conformò a quello di altri *Studi* generali già esistenti, quale, ad esempio, quello bolognese; tuttavia, Pisa adottò una linea più conforme alla Chiesa e le sue istituzioni – come nel caso del modello parigino – piuttosto che laico e

<sup>5</sup> Carica che gli permise di riformare non solo la Scuola Normale Superiore, con un apposito decreto del 17 agosto 1862, bensì l'intero sistema universitario italiano, affinché la nazione, appena costituitasi unitariamente, potesse avere soprattutto un nuovo corpo docente per formare le nuove generazioni e il «carattere nazionale» (Carlucci 2010: 32).

profano – come nel caso dello Studio bolognese (Coppini 2009; Del Gratta 1993; Tangheroni 1993; Tangheroni 1994: 12-15: 27-28).

Dalla riapertura dello Studio pisano da parte di Lorenzo de' Medici nel 1473, con solo tre collegi – legale, medico-filosofico (con due sezioni) e teologico – comprendenti due cattedre di Logica, due di Filosofia, tre di Medicina teorica e tre di Medicina pratica, oltre alle comuni lezioni per ogni disciplina furono introdotte pure le *repetitioes* (dette pure “ripetizioni alla colonna”) e le *disputationes*, con le prime comprendenti ulteriori spiegazioni, commenti e critiche relativi agli argomenti ed i testi commentati a lezione, e le seconde consistenti in discussioni aperte ed argomentate (*quaestiones*) fra docenti e discenti, allo scopo di sviluppare e perfezionare la loro dialettica ed il loro senso critico. L'inizio delle lezioni, sia quelle ordinarie che straordinarie, le quali erano organizzate dal Rettore, vennero fissate dapprima il 19, poi il 28 ottobre, quindi il 1° Novembre per terminare il 31 luglio, e seguivano il consueto schema delle università medievali, ovvero consistevano nella lettura e nel commento di un testo, seguite poi dalle *disputationes*. Non vi era alcun particolare obbligo di frequenza né alcun esame speciale, così come non c'era l'obbligo di alcuna iscrizione formale, con i laureandi che, al termine del proprio corso di studi, dovevano giurare di aver frequentato le lezioni previste per il tempo prescritto, ovvero cinque anni per la laurea in diritto, quattro anni di lezioni più uno di praticantato per la medicina, quattro per le arti. Previo giuramento di aver seguito tutti i corsi previsti, al termine del ciclo di studi esisteva un unico esame finale, ovvero una dissertazione consistente in una discussione di almeno un'ora sul lavoro di studio complessivamente svolto, dinanzi ad almeno tre lettori che, al termine, approvavano o meno il superamento dell'esame mediante voto segreto (Coppini 2009; Del Gratta 1993; Dini 1995: 226-233: 242-244; Marrara 1993: 157-180).

Dopo la morte prematura di Lorenzo il Magnifico, lo Studio pisano attraversò un periodo di crisi e di decadenza, tra frequenti ed ampie interruzioni dell'attività didattica, chiusure, trasferimenti che si protrassero fino al 1537. Fu solo con Cosimo I de' Medici che, nel 1543, si ebbe la sua riapertura, stavolta definitiva, in quanto, da questo momento in poi, lo Studio non avrà più alcuna interruzione di attività. Nuovi statuti entrarono in vigore nel 1545, su cui lo Studio pisano si reggerà a lungo, per qualche secolo, almeno fino al 1737 circa. Per sommi capi, essi prevedevano un Rettore con le qualifiche di capo dello Studio Generale, sopraincidente alle attività didattiche e titolare del tribunale accademico, un corpo docente suddiviso in tre “collegi dottorali”: quello dei legisti, quello degli artisti (a sua volta, comprendente quello dei filosofi e dei medici) e quello dei teologi. I docenti erano poi ulteriormente divisi in tre fasce, in funzione dei compiti didattici da adempiere: i *lettori*, detti anche “istitutisti” perché preposti ad impartire le lezioni di base, poi i professori *straordinari*, quindi i professori *ordinari*. L'anno accademico iniziava il 28 ottobre, le lezioni il 3 novembre, per terminare il 22 giugno. L'ingresso nello Studio avveniva con l'atto formale dell'immatricolazione in un registro detto “libro della matricola”. I docenti avevano l'obbligo di tenere almeno cinque lezioni la settimana, di un'ora ciascuna. Lo studente sosteneva un solo (ed unico) esame finale di *dottorato* (conseguendo così il titolo di *dottore*, il più alto allora previsto<sup>6</sup>, *in utroque iure, in philosophia et medicina, o in theologia*), dopo aver frequentato, per almeno cinque anni, presso uno

<sup>6</sup> Che sarà poi equipollente al titolo di laurea, introdotto con la riforma napoleonica dell'istruzione italiana.



Studio Generale, corsi aventi attinenza alla laurea da conseguire. Tale esame comportava due fasi: una prima consisteva nella esposizione orale di alcuni argomenti (*punti*) sorteggiati in una lista precedentemente assegnata, ed una seconda comportante la risposta alle obiezioni eventualmente mosse dagli esaminatori al laureando. Quindi, la commissione esaminatrice, riunita in una sala dell'Arcivescovado, emetteva il verdetto finale con voto segreto. Successivamente, l'Arcivescovo, o il suo vicario, proclamava il neodottore all'unanimità (*nemine discrepante*) o legalmente (*legitime tantum*) nel caso qualche membro della commissione avesse espresso, nel segreto dell'urna, parere negativo (AP 1929: 16; Coppini 2009; Del Gratta 1993; Dini 1995: 242-244; Marrara 1993: 157-180; Panicucci: 2000; Tangheroni 1994: 24-26).

Di nuovi statuti per lo *Studio pisano*, si inizierà a parlare solo intorno alla fine del XVIII secolo, durante la restaurazione Lorenese, ma senza nulla di fatto. Dal 1808 al 1814, durante il periodo della dominazione napoleonica, fino al 1810 nulla sostanzialmente cambiò, mentre, dal 1811, l'Università di Pisa, ridenominata *Accademia di Pisa*, divenne una sezione dell'Università Imperiale francese, vennero introdotte, per la prima volta, le nuove cinque facoltà di Teologia, Giurisprudenza, Medicina, Scienze e Lettere, e dal semplice ed unico titolo di dottorato finale si passò alla concessione di diversi titoli di studio progressivi, ovverosia *baccellierato*, *licenza* e *laurea*, oltre che ai diplomi in Farmacia ed Ostetricia, nonché al certificato di capacità in Legge, conferibili a seguito del completamento di regolari piani di studio mediante periodici esami di profitto culminanti in tesi scritte, anch'esse previste per la prima volta. Un primo statuto venne emanato nel 1814 – e restò in vigore fino al 1838 – dopo la caduta dell'Impero napoleonico: esso prevedeva, in particolare, il ritorno ai vecchi ordinamenti dello Studio pisano, ripristinando quindi i vecchi collegi stavolta in numero di quattro – teologico, legale, filosofico-filologico e medico-fisico<sup>7</sup> – al posto delle cinque nuove facoltà dell'Università napoleonica. L'anno accademico iniziava l'11 novembre e terminava il 31 maggio. Erano previste quattro lezioni a settimana di un'ora e mezza ciascuna, tre al mattino ed una pomeridiana. La durata di ciascun corso di studi era di quattro anni. Era stato introdotto pure un esame di ammissione al primo anno per la lingua latina e la retorica, mentre altri esami di profitto erano previsti alla fine sia del secondo che del terzo anno, su tre temi estratti a sorte per ciascuna materia, più un ultimo esame finale, al termine del quarto anno, su tutte le materie seguite, rispetto alle quali c'erano certi vincoli di frequenza e di orario. Furono altresì previsti dei piani di studio; si abolirono inoltre le differenze fra professori ordinari e straordinari (Barsanti 1993: 5-8; Barsanti 1995: tomo I, p. I; Coppini 2000, 2009; Dini 1995: 311-313; Giorgioni 1994: 55-59; Occhialini 1914; Tomasi & Sistoli Paoli 1990: 40-41).

A partire dal 1840, col provveditorato di Gaetano Giorgini, lo Studio pisano si avvierà, prendendo a modello soprattutto gli Studi Generali di Padova e Pavia, verso quella nuova fase di riforma politica e di riorganizzazione istituzionale che lo porterà al passo coi tempi, mettendolo in grado di competere con gli altri Studi non solo italiani ma anche stranieri. Furono riorganizzati tutti i collegi, ridenominati nuovamente *facoltà*, e pari a sei (Teologia, Giu-

<sup>7</sup> Le discipline filosofico-letterarie furono aggregate al collegio legale che disponeva, oltre a sette professori di materie giuridiche, anche di un docente di Logica e uno di Metafisica, uno di Letteratura greco-latina ed uno di Letteratura italiana. Il collegio medico-fisico era diviso in due sezioni, quella di medicina e chirurgia, con sei professori, e quella di fisica e matematica con otto docenti in varie discipline matematiche, fisiche e di scienze naturali (Barsanti 1993; Tomasi & Sistoli Paoli 1990: 40).



risprudenza, Lettere e Filosofia, Medicina, Scienze matematiche, Scienze naturali)<sup>8</sup>, nonché aumentata la durata degli studi di ciascun corso a cinque anni, col primo anno – comune – di studi filosofici propedeutico a ciascun successivo quadriennio d'indirizzo. Le attese auspicate dalla riforma “Giorgini” iniziavano così gradualmente a realizzarsi, soprattutto con l'affermarsi delle discipline scientifiche e mediche; in più, nel 1859-60, si veniva a costituire, in aggiunta alle altre, la nuova facoltà di agraria e veterinaria (Barsanti 1993; Coppini 2000, 2009; Dini 1995: 315; Giorgioni 1994: 63-64).

### 1.3. La riforma universitaria post-unitaria

Emanata, con decreto legge, il 13 novembre 1859 dal Regno di Sardegna, la riforma “Casati” fu poi estesa all'intero territorio italiano, dopo l'unificazione, principalmente allo scopo di porre subito rimedio all'elevata percentuale di analfabetismo che affliggeva la popolazione del nuovo Regno d'Italia, regolamentando quindi l'intero settore dell'istruzione, d'ogni ordine e grado. Per quanto riguarda l'istruzione universitaria, trattata al Titolo II del decreto, vennero introdotte cinque facoltà, ovverosia quelle di Legge, Teologia, Medicina, Lettere e Filosofia, Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. In particolare, per quest'ultima facoltà, l'articolo 51 stabiliva, quali insegnamenti minimi obbligatoriamente presenti in ognuna delle sedi universitarie interessate dal suddetto decreto, i seguenti: Introduzione al calcolo; Calcolo differenziale e integrale; Meccanica razionale; Geodesia teorica; Geometria descrittiva; Disegno; Fisica; Chimica generale; Mineralogia e Geologia; Zoologia; Botanica. Questa riforma, a meno di alcune modifiche minori successive, rimase in vigore fino alla riforma di Giovanni Gentile del 1923. Nel 1873, poi, la Facoltà di Teologia venne scorporata dal sistema accademico statale italiano, ricadendo sotto l'esclusiva competenza della Chiesa (Coppini 2009; Dröscher 2013: 20-33; Reeves Buck 1980: 107-114).

Il regolamento della nuova Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, del 7 novembre 1860, suddivideva gli insegnamenti minimi obbligatori in quattro classi, quella di Scienze fisiche, quella di Scienze matematiche, quella di Scienze chimiche e quella di Storia naturale. La classe di Matematica prevedeva: Introduzione al calcolo, Fisica, Geometria descrittiva e Disegno al I anno, Calcolo differenziale e integrale, Geometria descrittiva, nonché Fisica e Disegno al II anno, quindi Meccanica razionale, Geodesia, Fisica, con Chimica e Disegno al III anno; la classe di Fisica: Fisica sperimentale, Introduzione al calcolo e Disegno lineare al I anno, Calcolo differenziale e integrale più Chimica al II anno, Fisica superiore, Mineralogia, Geometria descrittiva, Meccanica razionale e Zoologia al III anno, dunque Fisica superiore, Botanica ed Esercizi pratici di fisica e chimica al IV anno; per la classe di Chimica: Chimica, Fisica, Mineralogia e Botanica al I anno, Chimica, Fisica, Zoologia ed Esercizi pratici di chimica al II anno, Chimica, Mineralogia ed Esercizi pratici di chimica al III anno,

<sup>8</sup> Queste due facoltà, verranno poi accorpate in un'unica facoltà, quella di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, a partire dal 1866, in conseguenza dell'applicazione della legge “Casati” del 1859-60, anche se questa non venne recepita in modo uniforme dal nuovo Regno d'Italia (ad esempio, a Napoli venne applicata solo negli anni '20 del XX secolo). Inoltre, alcuni ruoli del precedente assetto istituzionale saranno mantenuti anche dopo l'entrata in vigore della riforma “Giorgini”, come ad esempio il continuare a denominare “priori” (di collegio) quelli che saranno i “presidi” di facoltà.

ed infine Esercizi pratici di laboratorio di chimica al IV anno; mentre, per la classe di Storia naturale: Fisica, Chimica e Anatomia umana al I anno, Fisica, Botanica e Zoologia al II anno, Botanica, Zoologia e Mineralogia al III anno, per concludere con Botanica, Zoologia e Fisiologia al IV anno (Coppini 2009; Dröscher 2013: 23-25; Reeves Buck 1980: 107-114).

Un successivo regolamento generale d'Ateneo del 14 novembre 1862, facente parte di una più ampia legge-riforma<sup>9</sup> dovuta a Carlo Matteucci – allora ministro – nel 1862, prevedeva ancora quattro diplomi di laurea in Matematiche pure, in Scienze fisico-matematiche, in Scienze fisico-chimiche e in Storia naturale, con la possibilità di ottenere il titolo di *baccelliere* alla fine del primo biennio, la *licenza* alla fine del primo triennio, la *laurea* (o *dottorato*) alla fine dei cinque anni del corso ordinario. L'ordinamento degli studi, rispetto al regolamento del 1860, rimase invariato per la laurea in Matematiche pure, mentre, per quella in Scienze fisico-matematiche, esso prevedeva gli insegnamenti di: Algebra complementare, Fisica, Chimica inorganica ed Esercizi di chimica al I primo anno, Calcolo differenziale e integrale, Fisica, Chimica organica ed Esercizi di chimica al II anno, Meccanica razionale, Analisi e Geometria superiore, Mineralogia e Geologia, nonché Esercizi pratici di fisica al III anno, quindi, Astronomia e Meccanica celeste, Fisica matematica, Esercizi pratici di fisica ed Esercizi pratici di astronomia e Geodesia al IV anno; quella in Scienze fisico-chimiche: Fisica, Geometria analitica, Botanica ed Esercizi di fisica al I anno, Chimica inorganica, Fisica, Mineralogia e Geologia, con Esercizi di chimica e di cristallografia al II anno, quindi Chimica organica, Zoologia, Anatomia comparata, Fisiologia ed Esercizi di chimica al III anno, per concludere con Chimica inorganica, Chimica organica ed Esercizi di chimica al IV anno; infine, per la laurea in Storia naturale: Fisica, Chimica inorganica, Anatomia umana ed Esercizi pratici di chimica al I anno; Fisica, Chimica organica, Mineralogia e Geologia, con Esercizi pratici di mineralogia e geologia al II anno, quindi Botanica, Fisiologia, Zoologia, Anatomia comparata ed Esercizi pratici di botanica al III anno, per finire con Botanica, Zoologia, Anatomia comparata, Mineralogia e Geologia, Esercizi pratici di zoologia ed Anatomia comparata, nonché Escursioni geologiche e botaniche al IV anno. Questa organizzazione poi resterà pressoché immutata fino al 1910 circa, eccetto l'aggiunta di nuovi insegnamenti, obbligatori ed opzionali, soprattutto per quanto riguarda le discipline fisiche e matematiche (Coppini 2009; Dröscher 2013: 23-33; Reeves Buck 1980: 107-114).

<sup>9</sup> Cfr. (Reeves Buck 1980: 114-126).

## Bibliografia

- AP, *L'Ateneo di Pisa*, Pisa, Tipografia Pacini & Mariotti, 1929.
- Barbensi G., *Il pensiero scientifico in Toscana. Disegno storico dalle origini al 1859*, Firenze, Leo S. Olschki Editore, 1969.
- Barcaro U., Maccagni C., *Physics in Pisa 1202-1938. A Survey*, Pisa, ETS Editrice, 1987.
- Barsanti D., *L'Università di Pisa dal 1800 al 1860. Il quadro politico e istituzionale, gli ordinamenti didattici, i rapporti con l'Ordine di S. Stefano*, Pisa, Edizioni ETS, 1993.
- Barsanti D., *I docenti e le cattedre dal 1543 al 1737*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*\*, pp. 505-568.
- Barsanti D., *Lauree dell'Università di Pisa, 1737-1826*, tomo I: 1737-1826, tomo II: 1826-1861, Pisa, Pacini Editore, 1995.
- Barsanti D., *I docenti e le cattedre*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 505-568.
- Carlucci P., *La Scuola Normale Superiore. Percorsi del merito 1810-2010*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 2010.
- Coppini R.P., *Dall'amministrazione francese all'Unità (1808-1861)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 135-267.
- Coppini R.P., *La "Sapienza" di Pisa*, Pisa, Edizioni Plus – Pisa University Press, 2004.
- Coppini R.P., *Breve Storia dell'Università di Pisa*, Pisa, Edizioni Plus – Pisa University Press, 2009.
- Del Gratta R., *L'età della dominazione fiorentina (1406-1543)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 33-78.
- Del Gratta R., *I docenti e le cattedre dal 1406 al 1543*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*\*, pp. 481-504.
- Dini D., *Pisa e la sua Università. Gloria e prestigio*, Pisa, Edizioni ETS, 1995.
- Dröscher A., *Le facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali dopo l'unità d'Italia (1860-1915). Repertorio delle cattedre e degli stabilimenti annessi, dei docenti, dei liberi docenti e del personale assistente e tecnico*, Bologna, CLUEB, 2013.
- Fedeli C., *L'insegnamento della Fisica nella Università di Pisa. Cenni Storici*, Pisa, Officina Arti Grafiche Folchetto, 1915. Pure in: *Misc. Discorsi e Relazioni, Università di Pisa*, XXXII, n. 4, pp. 3-37.
- Fioravanti G., *La filosofia e la medicina (1343-1543)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000),

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 259-288.
- Giorgioni C., *Dai Lorena all'Unità, 1737-1860*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., & Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP – Associazione Laureati Ateneo Pisano, Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 43-78
- Iofrida M., *La filosofia e la medicina (1543-1737)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, IT: Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 289-338.
- Liberti L., *Mossotti, Ottaviano Fabrizio*, in *Il Contributo Italiano alla Storia del Pensiero*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2013.
- Maccagni C., *La matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 339-362.
- Marrara D., *Letà medicea (1543-1737)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 79-187.
- Micheli E., *Storia dell'Università di Pisa dal MDCCXXXVII al MDCCCLIX. Ristampa anastatica dell'edizione del 1879*, Bologna, Arnaldo Forni Editore, 1988.
- Moretti M., *Dall'Unità alla Riforma Gentile, 1860-1923*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., & Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP – Associazione Laureati Ateneo Pisano, Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 79-104.
- Nagliati I., *Aspetti della Matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 823-837.
- Occhialini A., *Notizie sull'Istituto di Fisica Sperimentale dello Studio Pisano*, Pisa, Francesco Mariotti, 1914.
- Panicucci E., *Dall'avvento dei Lorena al Regno d'Etruria (1737-1807)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 3-134.
- Paschini P., *Vita e opere di Galileo Galilei*, II edizione, Roma, Casa Editrice Herder, 1965.
- Reeves Buck B., *Italian Physicists and Their Institutions*, a PhD thesis in History of Science presented to the Department of the History of Science of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA, 1980.
- Tangheroni M., *Letà della Repubblica (dalle origini al 1406)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 5-32.

Tangheroni M., *Una lontana e straordinaria eredità culturale*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., & Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP – Associazione Laureati Ateneo Pisano, Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 7-42.

Tomasi T., Sistoli Paoli N., *La Scuola Normale di Pisa dal 1813 al 1945. Cronache di un'istituzione*, Pisa, ETS Editrice, 1990.

Vergara Caffarelli R., *Le Scienze: Fisica, Chimica, Matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 759-822.

Vergara Caffarelli R., *Gli Strumenti Scientifici*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 1109-1128.



## Capitolo 2

# La matematica e la fisica nell'Ateneo pisano fino all'Unità d'Italia

### 2.1. Brevi cenni storici alla matematica nello *Studio pisano*, dalla fondazione al 1737

Una ricognizione storica delle attività didattiche dello Studio pisano nel periodo compreso fra il '300 e il '500 è resa alquanto difficile non solo per la natura della documentazione disponibile, scarsa e molto frammentaria, ma anche per la travagliata, irregolare e incostante vita istituzionale dello Studio, che non permetteva dunque la scrittura di alcun documento ufficiale. Tuttavia, l'aver fatto ricorso a fonti indirette e secondarie, ha permesso, spesso a livello congetturale, di colmare le lacune e permettere, dunque, una ricostruzione storica degli insegnamenti e delle cattedre dello Studio pisano a partire dai primi anni del '400 (Del Gratta 1993). L'insegnamento della Matematica era alquanto raro prima della riforma di Cosimo I, essendo stato affidato a pochissimi lettori: Tommaso dell'Abaco, che insegnò a Pisa dal 1362 al 1373, allievo di Fibonacci, Luca Pacioli, dal 1500-01 al 1505-06, e Luca Antonio Vaivaldi, dal 1516-17 al 1521-22. In questo contesto, la matematica era considerata relativamente alle tre arti liberali, cioè geometria, aritmetica e astronomia, tant'è che esse andavano tutte e tre sotto il nome di matematiche, con le prime due propedeutiche alla terza, ed erano insegnate nel *Collegio degli artisti* (comprendente le tre sezioni medica, filosofica e delle arti). Separata da queste era invece la meccanica, allora un capitolo della filosofia naturale. L'insegnamento di Astrologia venne richiesto già nel 1489, quando si mostrò disponibile a tenerlo Luchino Gerla, ordinario di medicina pratica, senza però alcun risultato fino al 1501, quando tale insegnamento fu effettivamente tenuto da Marsilio Rosati – già straordinario di Filosofia a Pisa – dal 1501 al 1503, su *l'Almagesto*, *l'Ipotesi dei Pianeti* e altre opere di Tolomeo (Barsanti 1993; Coppini 2009; Del Gratta 1993; 67; Maccagni 1993; Marrara 1993; Occhialini 1914).

Nel periodo medico (1543-1737), con la ripresa della vita istituzionale dello Studio pisano, nuove numerose cattedre, in tutti i collegi, furono istituite assieme alla nomina dei relativi docenti. Per quanto riguarda la fisica (ma ciò vale pure per la matematica), il suo insegnamento era ancora, come precedentemente, perlopiù impartito da filosofi in vari corsi aventi diverse denominazioni e finalità e tenuti prevalentemente nel collegio medico-fisico, alla sezione di fisica e matematica. Solo la matematica aveva una sua cattedra che, dopo Pacioli e Vaivaldi, fu retta da Giuliano Ristori, negli anni 1543-44 e 1549-59, Bartolomeo Gatteschi, nel 1544-45, Giovanni Leonardi, dal 1547 al 1550, Francesco Ottonari, negli anni 1547-48 e 1550-51,

dal 1555 al 1558 e dal 1559 al 1562, Massimo Aquilani, dal 1550 al 1554, Filippo Fantoni, dal 1560 al 1589, ma supplito da Giuseppe Nozzolini, dal 1567 al 1581, e da Francesco Pifferi nell'anno 1587-88, quindi Galileo Galilei, dal 1589 al 1592 e dal 1610 al 1642 (ma senza obbligo di leggere), Francesco Sanleonini, dal 1597 al 1600, Antonio Santucci, dal 1600 al 1613, Benedetto Castelli, dal 1613 al 1626, Niccolò Aggiunti, dal 1626 al 1636, Dino Peri, dal 1635 al 1640, Vincenzo Ranieri, dal 1640 al 1648, Famiano Michelini, dal 1648 al 1655, Giovanni Alfonso Borelli, dal 1655 al 1677, Alessandro Marchetti, dal 1677 al 1714, Guido Grandi, dal 1714 al 1737, Claudio Fromond, dal 1733 al 1737. L'astrologia fu tenuta da Giuliano Ristori, dal 1545 al 1548, mentre fu istituita un'apposita cattedra per la meccanica, assegnata ad Angelo Marchetti, che la resse dal 1704 al 1737 (Barsanti 1993<sub>1</sub>, 1993<sub>2</sub>; Coppini 2009; Occhialini 1914).

## 2.2. La matematica e la fisica nell'età dei Lorena

Dopo Guido Grandi, l'ultimo titolare della cattedra unica di Matematica, gli insegnamenti fisico-matematici e di scienze naturali subirono radicali cambiamenti: nel 1739 viene fondata la *Specola* astronomica, per cui si iniziò a porre attenzione anche ad insegnamenti dedicati all'astronomia. Nel 1740, compare, per la prima volta, un insegnamento di Aritmetica ed Algebra, quindi uno di Geometria nel 1747, che verrà poi unito a quello di Meccanica, nel 1752, in un'unica cattedra. Dunque, intorno alla metà del '700, erano attivi corsi di Meccanica, Geometria, Fisica teorica, Fisica sperimentale, Astronomia e Algebra, e tale situazione rimase invariata per parecchi decenni a venire (Barsanti 1993<sub>2</sub>; Coppini 2009; Maccagni 1993; Nagliatti 2000).

Nello *Studio pisano*, dal 1737 al 1799, il collegio filosofico comprendeva gli insegnamenti di Logica, Metafisica, Etica, Filosofia, Fisica, "Umanità", Scienze matematiche e naturali, Meccanica, Astronomia. Lettori straordinari di Filosofia e Fisica furono Celestino Rolli, dal 1722 al 1749, quindi Giovanni Gualberto De Soria, dal 1735 al 1748, Claudio Fromond, che condusse pure notevoli esperienze fisiche, dal 1745 al 1748, Bartolomeo Bianucci, dal 1750 al 1751. Dobbiamo ricordare anche Angelo Marchetti docente di Meccanica, Ottaviano Cametti, docente di Meccanica dal 1747 al 1789, Giovan Battista Caracciolo, docente di Aritmetica e Ottica dal 1740 al 1761, cui succedette poi Paolo Frisi, dal 1761 al 1764, che a Pisa insegnava prima Metafisica ed Etica (fino al 1755), quindi Aritmetica ed Algebra fino al 1761; ricordiamo poi Giovanni Andrea Tommasini, che succedette al Frisi, e insegnò Ottica da un punto di vista fisico-matematico, istituendo quindi per la prima volta un insegnamento di Fisica matematica. Antonio Nicola Branchi fu il primo ad insegnare Chimica nello *Studio pisano*, nel 1757, e a lui succedette poi il figlio Giuseppe, nel 1801.

Andrea Ostili fu prima lettore di Logica, poi di Fisica e Filosofia dal 1765 al 1784, quando si trasferì a Firenze. Felice Fontana fu prima lettore di Logica, poi di Fisica dal 1766 al 1805, ma fu solo nominalmente allo *Studio pisano*, in quanto passò subito allo *Studio fiorentino*. Lorenzo Pignotti fu professore di Fisica prima a Firenze poi a Pisa dal 1774 al 1801; a lui succederà, nel 1804, Ranieri Gerbi, già straordinario di Algebra dal 1789; Tommaso Comparini fu lettore di Etica dal 1785, poi di Fisica dal 1790; Giorgio Santi, anch'egli medico, fu a lungo in Francia per seguire le lezioni di Antoine Lavoisier, insegnò Botanica, Storia naturale e Chimica a Pisa dal



1782 al 1812. Fino al 1746, comunque, si parlava di filosofia, non di fisica, e anche in seguito ci si limitava spesso a considerare le opere di Aristotele; molte erano le esperienze di fisiologia sperimentale, di chimica e alchimia che venivano passate per esperienze fisiche. Tuttavia, Guido Grandi, Angelo Marchetti e Giovanni Gualberto De Soria furono i tre maggiori esponenti del galileismo pisano e toscano, che condussero all'introduzione delle idee illuministiche, newtoniane e leibnitziane, pur rimanendo fedeli alla tradizione galileiana (Bassani 2000; Coppini 2009; Di Bono 2000; Dini 1995: 307-310; Fedeli 1915; Iofrida 1993: 325-338; Micheli 1988: 56-60; Occhialini 1914; Savorelli 2000: 583-610; Vergara Caffarelli 2000a,b).

La prima cattedra di Fisica sperimentale dello *Studio pisano*, predisposta su volere del granduca Francesco I per affiancare gli insegnamenti teorici (costituenti il corso di fisica teorica)<sup>1</sup>, fu istituita solo nel 1748 ed assegnata a Carlo Alfonso Guadagni. Nato a Firenze nel 1722 e laureatosi in Medicina, Guadagni insegnò a Pisa per non meno di 47 anni, fino al 1795. Prima straordinario, poi ordinario dal 1757, fu il primo a dotare il Gabinetto di Fisica, istituito nel 1749, di un ricco equipaggiamento di macchine, ben 173 nel 1795, alcune delle quali costruite da lui stesso; egli tenne pure con zelo l'insegnamento di Fisica, non discostandolo mai dalla controparte sperimentale, fedele al metodo galileiano, consuetudine, questa, che, purtroppo, andrà a perdersi successivamente al suo magistero (Barcaro & Maccagni 1987: 29).

Nel 1795 gli succedette prima Francesco Pietri, poi Leopoldo Vaccà Berlinghieri, che mantenne la cattedra fino al 1799. Solo verso la fine dell'anno 1800, dopo una breve supplenza di Gaetano Cioni, la cattedra venne assegnata a Gaetano Savi, che la tenne fino al 1810, quando gli subentrò Giuseppe Gatteschi che, ritiratosi nel 1827, la lasciò a Olinto Dini che vi rimase fino al 1831, quando venne sostituito da Luigi Pacinotti, inizialmente coadiuvato da Francesco Puccinotti che poi passò ad insegnare Medicina secondo il metodo sperimentale galileiano. Sempre nel 1831 Giovanni Battista Amici fu nominato professore di Astronomia a Pisa, ove rimase fino al 1859; qui, Amici compì notevoli ricerche di spettroscopia stellare avvalendosi di strumentazione ottica da lui stessa inventata e costruita (e poi usata nelle ricerche di Mossotti).

Molto efficace, nonostante la sua semplicità, fu l'insegnamento del Guadagni, mentre Vaccà Berlinghieri, "in tutt'altre faccende affaccendato" (siamo negli anni delle repubbliche napoleoniche) si disinteressò all'insegnamento. Il Savi si occupò più di botanica che di fisica sperimentale, mentre dell'insegnamento del Gatteschi restò solo un modesto lavoro sul magnetismo; non lasciò tracce profonde quello del Dini, diversamente da quello del Pacinotti che, anche se poi nel 1840 passò alla nuova cattedra di Fisica tecnologica istituita appositamente per lui, tenne, dal 1831 al 1840, un corso di Fisica sperimentale avanzato, completo ed innovativo.

Un altro personaggio di rilievo per la fisica pisana del primo Ottocento fu il già citato Ranieri Gerbi, che fu anche attivo riformatore nel campo della didattica, avendo egli usato la matematica come mezzo di dimostrazione e di controllo delle leggi fisiche; docente dell'U-

<sup>1</sup> Come testimonia Angelo Fabroni, il corso di Esperimentazione fisica tenuto dal Guadagni divenne irrinunciabile complemento di quelli di Fisica teorica (allora chiamata *Fisica ordinaria*), con i lettori (di Fisica teorica) che obbligavano continuamente gli studenti ad assistere agli esperimenti di laboratorio del corso di fisica sperimentale, e concordando preventivamente col collega le materie da trattare per non separare le teorie dalle esperienze, separazione che renderebbe inutile lo studio della fisica (Panicucci 2000: 84; Vergara Caffarelli 2000a,b).

niversità pisana fin dal 1789, quando fu nominato lettore straordinario di Fisica ancor prima della laurea in Medicina conseguita col Bianucci. Dopo aver insegnato Algebra e Astronomia, dal 1797 Gerbi si dedicò definitivamente agli studi di fisica, con notevoli studi e ricerche che lo porteranno ad essere nominato presidente del I Congresso nazionale degli scienziati italiani, svoltosi a Pisa nel 1839. Uomo di cultura polivalente, di grande competenza in tutte le scienze ed anche nelle lettere, alle quali si era dedicato all'inizio dei suoi studi nel seminario di Pistoia, è ricordato non per ricerche sperimentali o particolari scoperte, ma per il rivoluzionario metodo didattico. Infatti, fino ad allora le lezioni erano basate sulla dettatura degli appunti del docente o sulla lettura di libri ormai superati che non tenevano conto delle nuove scoperte, quali per esempio quelle di Charles Augustin de Coulomb, Luigi Galvani e Alessandro Volta. Il suo *Corso elementare di fisica*, pubblicato per la prima volta nel 1818 e riedito in cinque volumi nel 1833 col titolo *Lezioni elementari di fisica*, ebbe varie e successive edizioni proprio per essere, come manuale di fisica, sempre aggiornato ed al passo con le nuove scoperte ed invenzioni, acquisendo così un alto valore sia didattico che scientifico.

Lo stato di generale decadenza ed abbandono, che per molti anni caratterizzò, per buona parte, sia il Gabinetto di Fisica sperimentale che l'annessa cattedra, fu però definitivamente superato soltanto con la nomina di Carlo Matteucci, avvenuta nel 1840 in sostituzione di Luigi Pacinotti al Gabinetto di Fisica e di Ranieri Gerbi alla cattedra di Fisica. (Barcaro & Maccagni 1987: 29-33; Bassani 2000; Coppini 2009; Del Gratta 1993; Dini 1995: 307-310; 369-379; Marrara 1993; Micheli 1988: 56-74; Occhialini 1914; Panicucci 2000: 82-88; Puccianti 1939; Savorelli 2000; Tangheroni 1993; Vergara Caffarelli 2000a,b; Di Bono 2000; Fedeli 1915; Reeves Buck 1980).

Il Matteucci subito si premurò affinché si avesse una sede stabile e ben organizzata per l'Istituto di Fisica, cosicché ne promosse e ne avviò, rendendolo operativo, il progetto di costruzione nel 1841, terminato poi nel 1844. Per impegni politici, Matteucci abbandonò l'insegnamento attivo nel 1859, lasciandolo a Riccardo Felici, già suo aiuto dal 1846 (Bassani 2000; Di Bono 2000; Dini 1995: 379-380; Occhialini 1914; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Per quanto riguarda poi gli insegnamenti impartiti nello *Studio pisano* dal 1799 al 1860, il *collegio medico-fisico* comprendeva una sezione di fisica e matematica che, negli anni accademici compresi fra il 1799-1880 e il 1809-10, prevedeva gli insegnamenti di Algebra, Astronomia, Chimica, Fisica, Fisica sperimentale, Fisica matematica, Logica, Logica e Metafisica, Storia naturale e Chimica, Geometria e Meccanica, mentre, a partire dal 1810, con la istituzione di nuove facoltà, ovvero quella di Teologia, Diritto, Medicina, Scienze e Lettere, la facoltà di Scienze comprendeva gli insegnamenti di Astronomia, Chimica, Fisica sperimentale, Fisica teorica, Fisica vegetale e Botanica, Matematiche pure (o sublimi), Mineralogia e Geologia. Con la reintroduzione dei collegi negli anni accademici compresi fra 1814-15 e il 1839-40, la sezione di fisica e matematica del collegio medico-fisico comprendeva gli insegnamenti di Algebra, Astronomia, Botanica, Clinica e Materia medica, Fisica sperimentale, Fisica teorica generale, Fisica teorica particolare, Geometria e Aritmetica, Storia naturale e Trigonometria, Meccanica e Idraulica (a partire dall'anno accademico 1827-28), Analisi dei finiti, Analisi infinitesimale, Meccanica dei solidi e dei fluidi (Bassani 2000; Coppini 2009; Di Bono 2000; Dini 1995: 323-324; Occhialini 1914; Vergara Caffarelli 2000a,b).

Con la riforma del sovrintendente e lettore di Matematica Pietro Paoli, del 1828, si individuano, all'interno del collegio medico-fisico, quattro ben distinti corsi di laurea ad indirizzo

scientifico: Matematica, Fisica, Scienze fisiche e naturali, Scienze naturali, prefiguranti distinte facoltà, come avverrà in seguito con la riforma del 1840, grazie alla quale un nuovo e più articolato piano di studi venne stabilito, e che comprendeva gli insegnamenti: Geometria e Trigonometria, Algebra, Geometria analitica e Geodesia, Geometria descrittiva e Architettura civile e idraulica, Fisica tecnologica e Meccanica sperimentale, Calcolo differenziale e integrale, Matematica applicata alla meccanica e all'idraulica, Fisica matematica e Meccanica celeste, Fisica e Chimica inorganica. Quest'ordinamento rimase in vigore per molti decenni. Già a partire dal 1830-31, nella volontà generale di svecchiare il collegio medico-fisico con le sue due sezioni, come pure per specializzare i saperi, l'insegnamento di Algebra universale veniva suddiviso in Analisi dei finiti e Analisi infinitesimale, così come venne creata, negli stessi intenti, la cattedra di Geometria, Aritmetica e Trigonometria (Coppini 2000: 176-177; Coppini 2009; Nagliati 2000).

Negli anni accademici compresi fra il 1840-41 e il 1850-51, con l'introduzione di nuove sezioni nella facoltà di Scienze, quella di scienze matematiche comprendeva gli insegnamenti di Algebra dei finiti, Algebra infinitesimale, Fisica matematica e Meccanica celeste, Fisica tecnologica e Meccanica sperimentale, Geometria analitica e Geodesia, Geometria descrittiva e Architettura civile, Geometria e Trigonometria, Meccanica e Idraulica, Istituzioni fisiche matematiche dell'arte dell'ingegnere; mentre la sezione di scienze naturali comprendeva aveva gli insegnamenti di Agraria e Pastorizia, Anatomia comparata e Zoologia, Botanica, Chimica, Fisica, Geografia fisica, Mineralogia e Geologia. Infine, a partire dall'anno accademico 1848-49, la Scuola Normale teneva, oltre ai corsi di Filologia e Filosofia, anche quello di Fisica e Matematica. Infine, negli anni accademici fra il 1851-52 ed il 1858-59, la sezione di scienze matematiche della facoltà di Scienze attivava gli insegnamenti di Algebra dei finiti, Algebra infinitesimale, Astronomia (a partire dal 1848-49, tenuto a Firenze), Fisica matematica, Meccanica celeste e Geodesia, Fisica tecnologica e Meccanica sperimentale, Geometria analitica, Geometria e Trigonometria, Meccanica e Idraulica; mentre la sezione di scienze naturali teneva i corsi di Anatomia comparata e Zoologia, Botanica, Chimica, Fisica, Geografia fisica relativa alla mineralogia e alla geologia, Mineralogia e Geologia (Bassani 2000; Coppini 2009; Di Bono 2000; Dini 1995: 325-326; Occhialini 1914; Vergara Caffarelli 2000a,b).

### **2.3. Materie e docenti di Matematica e Fisica dello *Studio pisano* dal 1737 al 1861**

Dal 1737 al 1861, la fisica (ma ciò vale anche per la matematica come per molte altre discipline scientifiche) continuò ad essere insegnata in vari corsi tenuti – fino a primi decenni del XIX secolo – perlopiù da filosofi nel collegio medico-fisico, alla sezione di fisica e matematica, quindi, nel periodo compreso fra il 1810 e il 1814, nella facoltà di Scienze, per ritornare quindi ad essere insegnata nel collegio medico-fisico, alla sezione di fisica e matematica, dal 1815 al 1839, quando, con la riforma Giorgini del 1838, subentrarono nuovamente le facoltà (in numero di sei) al posto dei collegi, per cui la fisica veniva ora impartita, stavolta non più da filosofi, sia nella facoltà di Scienze naturali che nella facoltà di Scienze matematiche dell'Università pisana oltreché alla Scuola Normale Superiore a partire dal 1847 da altri docenti, oltre quelli dell'Università di Pisa che insegnavano pure alla Scuola Normale, cosiddetti *ripetitori* i

quali non avevano alcun altro ruolo all'università. Dal 1737 al 1861, diversi furono gli insegnamenti che rientravano comunque nell'ambito della fisica, di cui qui di seguito ne riportiamo l'elenco coi relativi docenti e l'annesso periodo di insegnamento<sup>2</sup>. Inoltre, per le questioni storico-epistemologiche di cui all'ultimo paragrafo, si è ritenuto altresì utile elencare pure i vari insegnamenti matematici attivati nello Studio pisano (Barsanti 1993<sub>1</sub>, 1993<sub>2</sub>, 2000; Coppini 2000, 2009; Occhialini 1914).

Per maggior chiarezza, suddivideremo questa parziale elencazione, inerente solo le discipline fisiche e matematiche, in due periodi, il primo compreso fra il 1737 e il 1806, il secondo che va dal 1807 al 1861. Per una lista completa, poi, dei laureati nello Studio pisano, che conseguirono il titolo negli anni compresi fra il 1737 e il 1861, rimandiamo all'opera (Barsanti 1995). Per un elenco completo ed esaustivo, invece, relativo sia alle cattedre che ai docenti dello Studio pisano, coi rispettivi ruoli ed incarichi, relativi al suddetto periodo 1737-1861, rimandiamo a (Barsanti 1993<sub>1</sub>, 1993<sub>2</sub>, 2000; Coppini 2009; Del Gratta 1993<sub>2</sub>).

In particolare, (Barsanti 1993<sub>1</sub>: 279-381) contiene pure un elenco completo degli insegnamenti impartiti nei vari collegi e – in altri periodi – nelle diverse facoltà dello Studio pisano, attuati durante il periodo compreso fra la fine del '700 ed il 1860 e menzionati assieme ai relativi docenti, che può ritornare senz'altro utile allorché si vuol effettuare un confronto diretto fra le diverse facoltà o i vari collegi nella loro alternanza istituzionale e la correlativa variazione dell'offerta didattica, confronto che, a sua volta, risulterà utile soprattutto per rendere maggiormente plausibili, ancorché lecite, alcune considerazioni epistemologiche che verranno delineate nell'ultimo paragrafo di questo capitolo in merito ad alcuni aspetti particolari, ma tuttavia fondamentali da un punto di vista socio-culturale, inerenti la storia della fisica nello Studio pisano focalizzata proprio su questo periodo storico.

### **Periodo compreso fra il 1737 e il 1806**

#### *• Fisica straordinaria*

Giovanni Alberto De Soria, dal 1746-47 al 1747-48;

Claudio Fromond, dal 1746-47 al 1747-48;

Celestino Rollo, dal 1746-47 al 1748-49;

Bartolomeo Bianucci, nel 1750-51;

Andrea Ostili, dal 1765-66 al 1796-97;

Felice Fontana, dal 1766-67 al 1804-05 (a Firenze);

Lorenzo Pignotti, dal 1774-75 al 1793-94;

Tommaso Comparini, dal 1789-90 al 1796-97 e dal 1802-03 al 1806-07;

Ranieri Gerbi, dal 1797-98 al 1803-04;

Francesco Pacchiani, dal 1802-03 al 1806-07;

Giuseppe Gatteschi, dal 1803-04 al 1806-07.

#### *• Fisica ordinaria*

Carlo Taglini, nel 1746-47;

Claudio Fromond, dal 1748-49 al 1764-65;

<sup>2</sup> Nelle elencazioni che seguiranno, laddove non è indicato alcun docente nelle eventuali lacune fra anni accademici consecutivi, si intende che quella cattedra rimase vacante proprio in quegli anni formanti tali lacune.

Giovanni Alberto De Soria, dal 1748-49 al 1766-67;  
Bartolomeo Bianucci, dal 1751-52 al 1790-91;  
Lorenzo Pignotti, dal 1794-95 al 1801-02;  
Ranieri Gerbi, dal 1804-05 al 1806-07.

• *Fisica sperimentale straordinaria*

Carlo Alfonso Guadagni, dal 1748-49 al 1756-57.

• *Fisica sperimentale ordinaria*

Carlo Alfonso Guadagni, dal 1757-58 al 1794-95;  
Leopoldo Vaccà Berlinghieri, dal 1795-96 al 1798-99;  
Luigi Melegari, dal gennaio al marzo del 1801;  
Gaetano Savi, dal 1801-02 al 1806-07;  
Francesco Pietri, dal 1782-83 al 1790-91;  
Leopoldo Vaccà Berlinghieri, dal 1791-92 al 1794-95.

• *Astronomia straordinaria*

Giuseppe Antonio Slop, dal 1771-72 al 1782-83.

• *Astronomia ordinaria*

Tommaso Perelli, dal 1739-40 al 1779-80;  
Giuseppe Antonio Slop, dal 1783-84 al 1806-07;  
Francesco Slop, dal 1790-91 al 1795-96;  
Giuseppe Piazzini, dal 1803-04 al 1806-07.

• *Fisica matematica*

Luigi Melegari, dal marzo al giugno del 1801.

• *Algebra universale straordinaria*

Pietro Paoli, dal 1784-85 al 1803-04;  
Ranieri Gerbi, dal 1789-90 al 1796-97;  
Vincenzo Brunacci, dal marzo al giugno del 1801.

• *Algebra universale ordinaria*

Paolo Frisi, dal 1761-62 al 1763-64;  
Giacomo Andrea Tommasini, dal 1764-65 al 1788-89;  
Pietro Paoli, dal 1804-05 al 1806-07.

• *Aritmetica e algebra universale ordinaria*

Giovan Battista Caracciolo, dal 1740-41 al 1748-49.

• *Aritmetica, algebra universale e ottica ordinaria*

Giovan Battista Caracciolo, dal 1749-50 al 1760-61.

- *Geometria*

Ottaviano Cametti, dal 1747-48 al 1751-52.

- *Geometria e meccanica*

Ottaviano Cametti, dal 1752-53 al 1788-89;

Angiolo Marcucci, dal 1786-87 al 1788-89;

Ramiro Bianchi, dal 1789-90 al 1788-89;

Tommaso Comparini, dal 1797-98 al 1802-03;

Giuseppe Piazzini, dal 1803-04 al 1806-07.

- *Matematica*

Guido Grandi, dal 1737-38 al 1741-42;

Claudio Fromond, nel 1737-38;

Pietro Ferroni, dal 1773-74 al 1806-07;

Girolamo Pontecchi, dal 1803-04 al 1806-07;

Giovanni Pieraccioli, nel 1806-07.

- *Meccanica*

Angelo Marchetti, dal 1737-38 al 1748-49;

Vittorio Seravallini, dal 1749-50 al 1750-51.

- *Idrometria*

Giuseppe Fondelli, dal 1805-06 al 1807-08 (a Firenze).

## **Periodo compreso fra il 1807 e il 1861**

- *Astronomia*

Giuseppe Antonio Slop, nel 1807-08;

Giuseppe Piazzini, dal 1808-09 al 1832-33;

Luigi Giovanni Pons, dal 1825-26 al 1830-31;

Ranieri Gerbi, dal 1833-34 al 1838-39;

Giovan Battista Amici, dal 1831-32 al 1858-59;

Fabrizio Ottaviano Mossotti<sup>3</sup>, dal 1840-41 (fino al 1862-63).

- *Fisica*<sup>4</sup>

Ranieri Gerbi, dal 1807-08 al 1838-39;

Giuseppe Gatteschi, dal 1807-08 al 1809-10;

Francesco Pacchiani, dal 1807-08 al 1809-10 e dal 1814-15 al 1820-21;

Pietro Petrini, nel 1822-23;

Guglielmo Libri, nel 1823-24;

Luigi Pacinotti, nel 1839-40;

<sup>3</sup> Questo insegnamento, durante la reggenza di Mossotti, si chiamò, fino al 1844-45, *Fisica matematica e meccanica celeste*, poi *Fisica matematica, meccanica celeste e geodesia*.

<sup>4</sup> Si chiamò pure *Fisica teorica ordinaria/starodiana*, come anche *Fisica teorica generale/particolare*, nonché *Fisica matematica* (Barsanti 2000: 415).

Ottaviano Fabrizio Mossotti, dal 1840-41 (fino al al 1862-63);

Giovan Battista Amici, dal 1840-41 al 1844-45.

• *Fisica sperimentale*

Gaetano Savi, dal 1807-08 al 1809-10;

Giuseppe Gatteschi, dal 1810-11 al 1826-27;

Olinto Dini, dal 1827-28 al 1830-31;

Luigi Pacinotti, dal 1831-32 al 1839-40;

Carlo Matteucci, dal 1840-41 (fino al al 1862-63)<sup>5</sup>;

Riccardo Felici, dal 1857-58 (fino al 1892-93).

• *Fisica tecnologica e meccanica sperimentale*

Luigi Pacinotti, dal 1840-41 (fino al 1880-81).

• *Idraulica*<sup>6</sup>

Giuseppe Fondelli, nel 1807-08;

Geminiano Poletti, dal 1826-27 al 1832-33;

Vincenzo Amici, dal 1833-34 al 1844-45;

Pietro Obici, dal 1844-45 al 1848-49;

Giovanni Barsotti, dal 1849-50 al 1858-59;

Fabrizio Ottaviano Mossotti, nel 1843-44 e dal 1848-49 al 1849-50.

• *Fisica terrestre e geografia fisica*

Giuseppe Meneghini, dal 1859-60 (fino al 1871-72).

• *Fisica e matematica*<sup>7</sup> (alla *Scuola Normale Superiore*)

Enrico Galli, dal 1850-51 al 1851-52;

Riccardo Felici, a partire dal 1853-54.

• *Scienze*<sup>8</sup> (alla *Scuola Normale Superiore*)

Giuliano Frullani, nel 1813-14;

Tito Gonnella, nel 1813-14.

• *Analisi geometrica superiore*

Enrico Betti, dal 1859-60 (fino al 1869-70).

<sup>5</sup> Negli ultimi anni, Matteucci tenne in realtà soltanto un corso libero denominato *Fenomeni fisico-chimici dei corpi viventi*, mentre il corso ufficiale di Fisica sperimentale era tenuto da Felici.

<sup>6</sup> Assunse variamente i nomi di *Idrometria*, *Meccanica e idraulica*, *Matematiche applicate o Meccanica dei solidi e dei fluidi* (Barsanti 2000: 416).

<sup>7</sup> Come ripetitori.

<sup>8</sup> Come ripetitori.

• *Algebra dei finiti*

Pietro Paoli<sup>9</sup>, dal 1807-08 al 1813-14;  
Giuliano Frullani<sup>10</sup>, dal 1814-15 al 1818-19;  
Giovanni Pieraccioli<sup>11</sup>, dal 1814-15 al 1818-19;  
Ferdinando Foggi<sup>12</sup>, dal 1830-31 al 1842-43;  
Giuseppe Doveri, dal 1843-44 al 1856-57;  
Enrico Betti, dal 1857-58 al 1858-59;  
Giovanni Novi, dal 1859-60 (fino al 1865-66).

• *Algebra infinitesimale*<sup>13</sup>

Giuliano Frullani<sup>14</sup>, dal 1814-15 al 1818-19;  
Giovanni Pieraccioli<sup>15</sup>, dal 1819-20 al 1842-43;  
Filippo Corridi, dal 1839-40 al 1858-59;  
Giovanni Maria Lavagna<sup>16</sup>, dal 1843-44 al 1858-59;  
Giuseppe Doveri, nel 1849-50;  
Gaspere Botto<sup>17</sup>, dal 1849-50 al 1858-59.

• *Calcolo differenziale ed elementi di calcolo integrale*

Gaspere Botto, dal 1859-60 (fino al 1871-72).

• *Calcolo integrale*

Giovanni Maria Lavagna, dal 1859-60 (fino al 1861-62).

• *Geometria analitica*

Pietro Obici<sup>18</sup>, dal 1840-41 al 1850-51;  
Gaspere Botto, dal 1845-46 al 1844-45;  
Fabio Sbragia, dal 1859-60 al 1860-61.

• *Geometria, aritmetica, trigonometria e sezioni coniche*

Giovanni Pieraccioli<sup>19</sup>, dal 1807-08 al 1809-10 e dal 1814-15 al 1818-19;  
Ferdinando Foggi, dal 1819-20 al 1829-30;  
Filippo Corridi, dal 1830-31 al 1839-40;

<sup>9</sup> Insegnamento che denominò *Algebra universale* fino al 1810-11, quindi *Matematiche pure o sublimi*.

<sup>10</sup> Insegnamento che fu dato sotto la denominazione di *Algebra universale*.

<sup>11</sup> Insegnamento chiamato *Algebra universale*.

<sup>12</sup> Insegnamento impartito col nome di *Analisi dei finiti*.

<sup>13</sup> Questa materia era prima compresa in *Algebra universale*, poi si chiamò anche *Calcolo differenziale nell'algebra infinitesimale* o *Analisi infinitesimale*, od anche *Algebra infinitesimale per il calcolo integrale*.

<sup>14</sup> Insegnamento impartito col nome di *Algebra universale*.

<sup>15</sup> Insegnamento denominato *Algebra universale* fino al 1829-30, quindi *Analisi infinitesimale*.

<sup>16</sup> Insegnamento per lo più incentrato sul *Calcolo integrale*.

<sup>17</sup> Che, per lo più, trattò del *Calcolo differenziale*.

<sup>18</sup> Denominato *Geometria analitica e geodesia*.

<sup>19</sup> Pure denominato variamente *Geometria* o *Geometria e meccanica*, od anche *Geometria, aritmetica e trigonometria*.



Giovanni Maria Lavagna<sup>20</sup>, dal 1840-41 al 1842-43;

Guglielmo Martolini<sup>21</sup>, dal 1843-44 al 1847-48;

Fabio Sbragia<sup>22</sup>, dal 1845-46 (fino al 1885-86).

• *Geometria descrittiva*<sup>23</sup>

Guglielmo Martolini, dal 1839-40 (fino al 1884-85);

Angelo Nardi Dei<sup>24</sup>, nel 1860-61.

• *Matematiche*

Pietro Ferroni<sup>25</sup>, dal 1807-08 al 1824-25;

Pietro Paoli<sup>26</sup>, dal 1810-11 1813-14.

• *Meccanica analitica e razionale*

Giovanni Barsotti, dal 1859-60 (fino al 1869-70).

## 2.4. Il percorso umano e scientifico di Carlo Matteucci, Ottaviano Fabrizio Mossotti ed Enrico Betti

Daremo ora le principali notizie sulla biografia umana e scientifica di tre personaggi centrali della storia della fisica e della matematica a Pisa, la cui opera, che fu spesso esplicata in modo sinergico e proficuo, si rivelò cruciale per la storia dell'Ateneo pisano, in quanto segnò la nascita di due importanti scuole, quella di fisica sperimentale e quella di fisica matematica, che si imposero anche nel contesto internazionale.

### 2.4.1. Carlo Matteucci

Carlo Matteucci nacque a Forlì il 20 giugno del 1811, dove, compiuti gli studi liceali, si iscrisse, nel 1825, alla Facoltà di Scienze dell'Università di Bologna dove si laureò in Fisica e Matematica nel 1828 con Francesco Orioli, discutendo una dissertazione finale in Meccanica generale. Prima ancora di laurearsi, pubblicò, nel 1826, un saggio di meteorologia intitolato *Cenni sulla influenza della elettricità sulla formazione delle principali meteore acquee*. Quindi, ritornato a Forlì, dopo varie ricerche ed esperienze – compiute privatamente da sé – in geologia, biologia, chimica ed elettricità, nel 1829 si recò a Parigi per frequentare l'ambiente scientifico di allora, in particolare François J.D. Arago, Antoine C. Becquerel e Michel E. Chevreul. L'anno

<sup>20</sup> Tenendo un corso denominato *Geometria e trigonometria*.

<sup>21</sup> Tenendo un corso denominato *Geometria, trigonometria e geometria grafica* e, dal 1845-46, *Geometria grafica e descrittiva*.

<sup>22</sup> Dal 1848-49, corso chiamato *Geometria e trigonometria*.

<sup>23</sup> Corso variamente denominato in *Geometria descrittiva e architettura civile*, o *Geometria, trigonometria e geometria descrittiva*, ovvero pure *Istituzioni fisico-matematiche nell'arte dell'ingegnere*, o *Istituzioni di fisica matematica, arte meccanica e geometria descrittiva*, od anche *Geometria descrittiva ed architettura civile e idraulica*.

<sup>24</sup> Corso chiamato pure *Applicazioni di geometria descrittiva e topografia*.

<sup>25</sup> Insegnamento denominato *Matematiche* od anche *Geometria e meccanica*.

<sup>26</sup> Corso chiamato variamente *Matematiche pure* o *sublimi*.

successivo ritorna a Forlì, dove inizia una serie di studi e ricerche compiendo alcune esperienze di biofisica inerenti l'elettrofisiologia, dove collabora pure alla «Rivista delle scienze fisiche». Dal 1834 in poi, Matteucci fu a Firenze, dove, ospite del *Museo di fisica e storia naturale* per invito dell'agronomo Cosimo Ridolfi e del fisico Leopoldo Nobili, continuò le sue ricerche e i suoi studi fino al 1836, quando rientrò in Forlì per fondare un'industria chimica la cui attività, tuttavia, non ebbe fortuna, ragion per cui, già a partire dall'anno dopo, Matteucci fu costretto ad accettare un incarico presso il laboratorio di chimica e farmaceutica dell'Ospedale di S. Maria delle Croci di Ravenna, laureandosi nel frattempo pure in Chimica farmaceutica nel 1839 (Bassani 2000: 863-867; Capannelli & Insabato 2000; Dini 1995: 373-375; Farnetani & Monsagranti 2009; Occhialini 1914; Vergara Caffarelli 2000: 812-813).

Sotto consiglio di Alexander von Humboldt, il granduca di Toscana Leopoldo II nel 1840 chiamò Matteucci alla cattedra di Fisica sperimentale dello *Studio pisano* che fu del Gerbi, cattedra che resse fino al 1859, quando gli subentrerà Riccardo Felici, suo aiuto fin dal 1846, poi aggiunto dal 1857. A Pisa, anzitutto, il Matteucci si premurò affinché il Gabinetto di Fisica – creato appositamente per lui, parallelamente all'altro pensato per Luigi Pacinotti – avesse una più stabile, ampia e dignitosa sede, cosicché egli promosse ed attuò, nel 1841, il progetto di costruzione di un proprio Istituto di Fisica, struttura che vide effettivamente realizzarsi nel 1844. Nell'anno accademico 1841-42, sostituì Raffaele Piria nell'insegnamento della Chimica, mentre, dal 1843 in poi, iniziò ad interessarsi di meteorologia, allora ritenuta un settore importante della ricerca fisica. La sua attività di studio e di ricerca continuò comunque fino agli anni '60, parallelamente a quella politico-istituzionale, che lo vide anche assumere, per quasi un anno nel corso del 1862, la carica di ministro dell'Istruzione. Durante il mandato ministeriale elaborò un ampio progetto di riforma di tutta l'istruzione pubblica, che però non ebbe seguito per la caduta del governo. Carlo Matteucci morì ad Ardenza, presso Livorno, il 25 giugno 1868 e fu tumulato nel Camposanto monumentale di Pisa.

Dal punto di vista scientifico, nonostante la vasta, intensa (ma altrettanto importante e proficua) attività istituzionale, politica ed organizzativa, svolta sia a livello locale che nazionale, Matteucci non abbandonò mai gli iniziali studi e ricerche in biofisica e fisiologia che, condotti sulla scia dei precedenti lavori di Luigi Galvani, Alessandro Volta e Michael Faraday, apriranno poi la strada all'elettrofisiologia moderna, materia su cui Matteucci tenne dei corsi universitari nonché scrisse i primi manuali. Pionieristici furono dunque i risultati sperimentali da lui conseguiti in questo settore della fisica applicata, di cui verrà ricordato come uno dei fondatori, ma senza però eccellere nella relativa interpretazione fisico-teorica in quanto interessato più a una mera sperimentazione di laboratorio – condotta in modo interdisciplinare con altre scienze naturali – che ad una trattazione galileiana dei fenomeni naturali<sup>27</sup>. Dopo la dispensa dall'insegnamento da parte dell'Università di Pisa nel 1859, per la

<sup>27</sup> Come affermò Luigi Puccianti, sebbene la scuola di Fisica pisana assurse, con Matteucci, a rilevanza internazionale, istituendovi nuove ed inaspettate quanto fruttuose convergenze interdisciplinari, tuttavia egli mantenne tale connubio a un livello più sperimentale che teorico (cioè, matematico), fedele ai suoi maestri indiretti, ovvero Galvani, Volta e Farady, lungo una tradizione – allora – volta a dare maggior peso più alla fase sperimentale che non a quella teorica del metodo galileiano (Puccianti 1939: 326-327). Come vedremo, sarà proprio un allievo di Matteucci – il Felici – a cambiare questa tendenza, ristabilendo, nella sua più piena ed equilibrata funzionalità ed operatività, il tradizionale metodo galileiano.

sua sempre più intensa ed ampia attività politica, tenne alcuni liberi corsi di elettrofisiologia a Torino a partire dal 1860, mentre nel 1865 fu nominato pure direttore dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze. Fu membro di numerose società ed accademie scientifiche, italiane e straniere, ricevendo altresì vari riconoscimenti nazionali ed esteri.

Compi altresì ricerche di chimica fisica, molte delle quali ancora applicate alla fisiologia, secondo una metodologia improntata al principio di interdisciplinarietà fra chimica, fisica e fisiologia come, per esempio, esposto nel suo *Discorso sul metodo razionale scientifico* del 1835, ovvero sia il manifesto programmatico di alcune delle sue linee di ricerca. Nel 1855, assieme al chimico Raffaele Piria, fondò la nuova rivista scientifica «Il Nuovo Cimento», la prima rivista italiana ufficiale di fisica<sup>28</sup>. Inoltre, studiò sperimentalmente la distribuzione di correnti di un conduttore in movimento in un dato campo magnetico, aprendo la via ad una linea di ricerca che avrà seguito nell'Istituto di Fisica pisano, soprattutto sotto la direzione del suo allievo prediletto, il Felici. Altre opere del Matteucci, sono il *Trattato dei fenomeni elettrofisiologici degli animali*, le *Lezioni di Fisica date nella Imperiale e Reale Università di Pisa* (redatte dall'aiuto Fabio Sbragia), il *Corso sui fenomeni fisico-chimici*, le *Lezioni di elettricità applicata* (Barcaro & Maccagni 1987: 33-38; Barcaro & Grosso 1990; Bassani 2000: 863-867; Capannelli & Insabato 2000; Dini 1995: 373; Farnetani & Monsagranti 2009; Fedeli 1915; Occhialini 1914; Puccianti 1939; Vergara Caffarelli 2000: 812-813).

## Pubblicazioni di Matteucci

Lezioni di fisica, 2 voll., Pisa, 1841, IV ediz., 1851.
Lezioni sui fenomeni fisico-chimici dei corpi viventi, <i>Ib.</i> 1844, II ediz. 1846 (in francese: Paris 1845; 1846).
Manuale di telegrafia elettrica, 8°, <i>Ib.</i> 1850, II ediz., 1851.
Cours special sur l'induction, le magnétisme de rotation, le diamagnétisme et sur les relations entre la force magnétique et les actions moléculaires, 8°, Paris, 1854.
Sur la putrefaction ( <i>Ann. Chim. Phys.</i> , XLII, 1829).
Examen chimique d'un cerveau ossifié ( <i>Ib. id.</i> ).
Action de la pile sur les substances animales vivantes ( <i>Ib.</i> XLIII, 1830).
Sur l'action de la pile ( <i>Ib.</i> XLV, 1830).
Sur la décomposition des sels métalliques a l'aide de la pile voltaïque ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur la composition de l'acide acetique ( <i>Ib.</i> LII, 1833).
Sur l'odeur developpée par l'action de l'acide sulfurique sur le sang ( <i>11. id.</i> ).

<sup>28</sup> Questa rivista trae origine dal «Giornale toscano per le scienze mediche, fisiche e naturali» fondato, nel 1840, da Giovan Battista Amici, Gaetano Giorgini, Francesco Puccinotti, Paolo Savi e Maurizio Bufalini, poi denominato, nel 1843, «Miscellanee medico-chirurgico-farmaceutiche», pubblicate da Rocco Vannucchi, che, pochi mesi dopo, comprenderà una seconda sezione detta *Miscellanea di Chimica, Fisica e Storia Naturale*, prima rivista ufficiale dei fisici, chimici e naturalisti pisani. Quest'ultima, sarà poi rinominata «Il Cimento», fino al 1855, quando verrà rifondata, sotto il nome de «Il Nuovo Cimento», da Matteucci e Raffaele Piria, con l'assistenza di Riccardo Felici e Cesare Bertagnini (Reeves Buck 1980: 78-80; Vergara Caffarelli 2000a: 819-820).

Sur les mouvements de rotation du camphre ( <i>Ib.</i> LIII, 1833).
Sur l'influence de l'électricité sur la germination ( <i>Ib.</i> LV, 1833).
Sur la formation des couches de soufre et de sulfate de chaux ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur l'existence de l'ammoniaque dans les alcalis végétaux ( <i>Ib. id.</i> ).
Mém. sur l'électricité animale ( <i>Ib.</i> LVI, 1834).
Sur la force électrochimique de la pile ( <i>Ib.</i> LVIII, 1835).
Sur la propagation du courant électrique à travers les liquides et les lames métalliques ( <i>Ib.</i> LXIII, 1836).
Sur la propagation du courant électrique dans les liquides ( <i>Ib.</i> LXVI, 1837).
Récherches physiques, chimiques et physiologiques sur la torpille ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur le courant électrique propre de la grenouille; second Mém. sur l'électricité animale ( <i>Ib.</i> LXVIII, 1838).
De la force chimique du courant électrique et de ses rapports avec le mode de combinaison des corps décomposés ( <i>Ib.</i> LXXI, 1839).
De l'action chimique du courant voltaïque ( <i>Ib.</i> LXXIV, 1840).
Sur l'induction de la décharge de la bouteille ( <i>Ib.</i> Ser. III, T. IV, 1842).
Second Mém. sur le courant électrique propre de la grenouille etc. ( <i>Ib.</i> VI, 1842).
Sur un phénomène physiologique produit par les muscles en contraction ( <i>Ib. id.</i> ).
Mém. sur l'existence du courant électrique musculaire dans les animaux vivants ou récemment tués ( <i>Ib.</i> VII, 1843).
Sur l'électricité animale ( <i>Ib.</i> VIII, 1843).
Sur la phosphorescence des vers luisants ( <i>Ib.</i> IX, 1843).
Sur la production de l'électricité voltaïque ( <i>Ib.</i> X, 1844).
Mesure de la force nerveuse développée par le courant électrique ( <i>Ib.</i> XI et XII, 1844).
Sur le Mém. de E. Becquerel: Des lois de la décomposition électro-chimique ( <i>Ib.</i> XII, 1844).
Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues
à ce courant; avec A. Longet ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs; avec Demselben ( <i>Ib. id.</i> ).
Mém. sur l'endosmose ( <i>Ib.</i> XIII, 1845).
Sur les phénomènes de la contraction induite ( <i>Ib.</i> XV, 1845). Sur la conductibilité électrique ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur le développement de l'électricité par l'action chimique (10 XVI, 1846).
Recherches électro-physiologiques: cinq parties ( <i>Ib.</i> XVIII, 1846; XIX, 1847 et XXIII, 1848). Considérations générales sur la fonction des poisons électriques ( <i>Ib.</i> XXI, 1847).
Sur l'influence du magnétisme sur le pouvoir rotatoire de quelques corps ( <i>Ib.</i> XXIV, 1848).

Sur la matiere phosphorescente des poissons et sur la phosphorescence de la mer ( <i>Ib. id.</i> ).
Nouv. experiences sur l'arc voltaique ( <i>Ib. XXVII, 1849</i> ).
Mem. sur la propagation de l'electricité dans les corps solides isolants ( <i>Ib. id. et XXVIII, 1850</i> ).
Sur la rotation de la lumiere polarisee sous l'influence du magnetisme, etc. ( <i>Ib. XXVIII, 1350</i> ).
Sur la propagation du courant electrique dans la terre ( <i>Ib. XXXII, 1851</i> ).
Sur l'arc lumineux de la pile ( <i>Ib. id.</i> ).
Mem. sur le developpement de l'électricité dans les combinaisons chimiques et sur la theorie des piles formées avec un seul métal et deux liquides différents ( <i>Ib. XXXIV, 1852</i> ).
Sur la distribution des courants electriques dans le disque tournant d'Arago ( <i>Ib. XXXIX, 1853 et XLIX, 1857</i> ).
Sur le magnetisme de rotation dans des masses de bismuth cristallisées ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur le magnetisme de rotation developpé dans des masses formées de particules metalliques tres petites isoiées entre elles ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur la resistance electrique de la terre ( <i>Ib. XLI, 1854</i> ).
Sur certaines proprietes physiques du bismuth cristallisé ou soumis à la compression ( <i>Ib. XLIII, 1855</i> ).
Sur les phenomenes physiques et chimiques de la contraction musculaire ( <i>Ib. XLVII, 1856</i> ).
Sur l'induction axiale ( <i>Ib. XLIX, 1857</i> ).
Sur les phenomenes electro-magnetiques developpes par la torsion ( <i>Ib. LIII, 1858</i> ).
Sur les relations des courants induits et du pouvoir mécanique de l'electricité ( <i>Ib. LIV, 1858</i> ).
Recherches expr. sur le diamagnetisme ( <i>Ib. LVI, 1859</i> ).
Recherches faites en Italie sur la composition de l'atmosphère (Compt rend. I, 1835).
Sur une anomalie observée dans les phenomenes thermo-electriques ( <i>Ib. V, 1837</i> ).
Expr. sur les courants thermo-electriques ( <i>Ib. VI, 1838</i> ).
Sur les polarités secondaires ( <i>Ib. VII, 1838</i> ).
Sur l'action des grands feux pour prevenir la formation des orages ( <i>Ib. IX, 1839</i> ).
Sur les courants electriques secondaires ( <i>Ib. XI, 1840 et XII, 1841</i> ).
Mém. sur la phosphorescence ( <i>Ib. XV, 1842</i> ).
Courants electriques développés par l'action des corps gazeux sur le platine ( <i>Ib. XVI, 1843</i> ).
Sur les taches circulaires de Priestley etc. ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur le parallelisme qui existe entre la fonction des organes electriques de la torpille et la contraction musculaire ( <i>Ib. id.</i> ).

Phénomène produit, sur une personne affectée de paralysie, par un courant électrique tres-faible ( <i>Ib. id.</i> ).
Observations relatives a la temperature des couches terrestres dans la maremme toscane ( <i>Ib. id.</i> ).
Ditto dans les puits de Monte Massi ( <i>Ib. XIX, 1844</i> ).
Sur la phosphorescence du lampyre d'Italie ( <i>Ib. XVII. 1843</i> ).
Sur l'électricité de la vapeur ( <i>Ib. XX, 1845</i> ).
Sur l'emploi de la terre comme conducteur pour le telegraphie électrique ( <i>Ib. id.</i> ).
Sur l'induction électrostatique ou de la decharge de la bouteille de Leyde ( <i>Ib. XXI, 1845</i> ).
Examen de la constitution de la partie troublée de la veine liquide au moyen d'une lumière instantanée ( <i>Ib. XXII, 1846</i> ).
Sur l'état électrique des corps cohibents ( <i>Ib. XXIII, 1846</i> ).
Sur l'aimantation, par les hélices, de barreaux placés dans leur interieur, etc. ( <i>Ib. XXIV, 1847</i> ).
Note sur l'état des corps idio-électriques à contact avec les corps conducteurs électriques ( <i>Ib. XXV, 1847</i> ).
Sur la propagation de l'électricité dans les Corps gazeux ( <i>Ib. XXVIII, 1849</i> ).
Notes relatives aux expériences de Mr. du Bois-Reymond ( <i>Ib. id. et XXX, 1850</i> ).
Sur la perte de l'électricité dans l'air plus ou moins humide ( <i>Ib. XXIX, 1849</i> ).
Nouv. recherches sur la cause de la contraction induite et sur celle des courants organiques ( <i>Ib. XXXI, 1850</i> ).
Sur les figures d'équilibre et sur les mouvements de certaines masses liquides et gazeuses ( <i>Ib. XXXVI, 1853</i> ).
Sur un appareil destiné a démontrer et mesurer la difference de conductibilité du bismuth cristallise ( <i>Ib. XLII, 1836</i> ).
Nouv. recherches sur certains cas de magnetisme par rotation ( <i>Ib. XLV, 1857</i> ).
Sur un nouv. phenomene d'induction electromagnétique ( <i>Ib. XLVI, 1858</i> ).
Electro-physiolog. Researches, IX Memoirs (I-III Phil. Tr. 1845; IV <i>Ib.</i> 1846; V-VII <i>Ib.</i> 1847; VIII et IX <i>Ib.</i> 1850).
Sopra alcune proprietà fisiche del bismuto cristallizzato, o che vi sono sviluppate dalla compressione (Nuovo Cim. 1, 1855).
Esperienze sulla scarica elettrica del Siluro del Nilo del prof. Ranzi (Nuovo Cim. 2, 1855).
Sopra alcuni casi d'induzione elettro-dinamica (Nuovo Cim. 1, 1855).
Risposta ad un quesito del Presidente della Società Agraria di Bologna, sulla efficacia dei paragrindini (Nuovo Cim. 1, 1855).
Sui fenomeni elettrici della contrazione muscolare (lezione di C. Matteucci) (Nuovo Cim. 4, 1856).
Dell'azione fisiologica dell'elettricità (Nuovo Cim. 4, 1856).

Sopra un'esperienza relativa alla questione del passaggio simultaneo di due correnti elettriche, dirette in senso contrario nello stesso filo metallico (Nuovo Cim. 3, 1856).
Sulla funzione elettrica di alcuni pesci (lezione di C. Matteucci) (Nuovo Cim. 3, 1856).
Sull'elettricità animale (Nuovo Cim. 3, 1856).
Nota all'articolo di Wartmann sulla corrispondenza telegrafica fra due stazioni comunicanti con un solo filo conduttore (Nuovo Cim. 3, 1856).
Nuova applicazione di un circuito telegrafico sempre chiuso (Nuovo Cim. 4, 1856).
Trattato dell'elettricità teorica e applicata; di A. De La Rive, vol. II (Nuovo Cim. 3, 1856).
Sui fenomeni fisici e chimici della contrazione muscolare (Nuovo Cim. 3, 1856).
Correlazione delle forze fisiche. Opera di Guglielmo Grove colle note di Seguin seniore (Parigi, 1856) (Nuovo Cim. 4, 1856).
Sulla forza elettromotrice del cuore della rana di Kölliker e Enrico Muller (osservazioni di C. Matteucci) (Nuovo Cim. 5, 1857).
Sopra alcuni fenomeni di magnetismo di rotazione (Nuovo Cim. 6, 1857).
Ricerche sperimentali sul diamagnetismo (Nuovo Cim. 8, 1858).
Ricerche sperimentali sul diamagnetismo (continuazione) (Nuovo Cim. 8, 1858).
Sui fenomeni elettromagnetici sviluppati dalla torsione (Nuovo Cim. 7, 1858).
Sulle variazioni della corrente muscolare nell'atto della contrazione dei professori Valentin e Schiff (Nuovo Cim. 8, 1858).
Sulle proprietà elettriche dei corpi isolanti (Nuovo Cim. 9, 1859).
Sopra una comunicazione fatta all'I. e R. Istituto Lombardo dal prof. Luigi Magrini, intitolata: notizia storica sulla scoperta delle correnti elettriche continue a circuito aperto ecc. (Nuovo Cim. 9, 1859).
Sulla induzione elettro-statica; V e VI comunicazione del prof. P. Volpicelli (Nuovo Cim. 9, 1859).
Sull'induzione assiale (Nuovo Cim. 10, 1859).
Esperienze da farsi negli uffizi telegrafici allorché si presentano nei fili dei fenomeni attribuiti al magnetismo e all'elettricità atmosferica (Nuovo Cim. 10, 1859).
Sui fenomeni che si sono manifestati nei fili telegrafici di Toscana in seguito dell'aurora boreale osservata nella notte dal 28 al 29 agosto 1859 (Nuovo Cim. 10, 1859).
Sulle cagioni delle nebbie sui fiumi (Nuovo Cim. 10, 1859).
Sulla piroelettricità degli acidi destro-racemico e levo-racemico (Nuovo Cim. 9, 1859).
Sul potere elettromotore dell'organo della torpedine (Nuovo Cim. 12, 1860).
Sulla forza elettromotrice secondaria dei nervi e di altri tessuti organici (Nuovo Cim. 11, 1860).
Sull'azione fisiologica della corrente elettrica; considerazioni ed esperienze (Nuovo Cim. 11, 1860).
Sull'endosmosi elettrico (Nuovo Cim. 12, 1860).
Sull'imbibizione (Nuovo Cim. 13, 1861).

Sopra il potere elettromotore secondario dei nervi, e le sue applicazioni all'elettrofisiologia (Nuovo Cim. 14, 1861).
Influenza della contrazione sul potere elettromotore dei muscoli (Nuovo Cim. 13, 1861).
Sopra alcuni fenomeni d'endosmosi gassoso (Nuovo Cim. 17, 1863).
Sulle correnti elettriche della terra (Nuovo Cim. 18, 1863).
Dell'uso dello solfo in polvere nelle pile (Nuovo Cim. 19, 1864).
Studi di meteorologia (Nuovo Cim. 22, 1865).
Sull'origine del potere muscolare (Nuovo Cim. 22, 1865).
Sopra le straordinarie depressioni barometriche osservate in Italia nei mesi d'aprile e di maggio di quest'anno (1866) (Nuovo Cim. 24, 1866).
Sulla memoria del prof. Frankland sull'origine del potere muscolare (Nuovo Cim. 24, 1866).
Sulle correnti elettriche della terra (Nuovo Cim. 26, 1867).
Sulla teoria fisica dell'elettrotono dei nervi (Nuovo Cim. 27, 1868).
Sopra dei nuovi fenomeni elettrochimici prodotti nelle azioni capillari (commenti sui lavori di Becquerel) (Nuovo Cim. 27, 1868).

## 2.4.2. Ottaviano Fabrizio Mossotti

Sempre su volere del granduca Leopoldo II, nel 1840 venne chiamato, a Pisa, Ottaviano Fabrizio Mossotti, nato a Carpignano Sesia (Novara) il 18 aprile 1791 e laureatosi in Fisica e Matematica all'Università di Pavia, nel 1811, con Vincenzo Brunacci<sup>29</sup>; Alessandro Volta fu uno dei suoi insegnanti. Dopo un periodo come uditore dell'Università di Pavia, dove pubblicò il suo primo lavoro sull'idrodinamica dell'ariete idraulico, nel 1813 fu assunto dall'Osservatorio astronomico di Brera, a Milano, dove si occupò di astronomia e meccanica celeste sotto la direzione di Francesco Carlini<sup>30</sup>. Nel 1816, pubblicò un importante lavoro in cui espone un nuovo metodo per il calcolo delle orbite celesti, che attrasse l'attenzione dello stesso Gauss, che ne diede un esteso resoconto nel 1817. La notorietà internazionale che acquisì in breve tempo con questi pochi lavori, gli valse, nel 1822, già la nomina all'Ac-

<sup>29</sup> Secondo Giovanni Sansone, i precursori della futura scuola di Matematica pisana furono Giovanni Alfonso Borelli, Guido Grandi, Pietro Paoli, Vincenzo Brunacci, Giuliano Frullani e Guglielmo Libri. In particolare, nel 1788 Brunacci insegnò Fisica a Pisa, per poi insegnare Matematica, nel 1790, all'Accademia Granducale della Marina di Livorno, fino al 1800, quando, morto il suo maestro Pietro Paoli, ne assunse la cattedra. Nel 1801, tuttavia, si trasferì a Pavia, per ricoprire la cattedra di *Matematica sublime*, dove rimase fino alla morte, avvenuta il 16 giugno 1818 (Sansone 1977: 3-7). Da qui si evince come il Brunacci tenesse in debita considerazione anche la fisica oltretutto la matematica, molto verosimilmente quindi influendo, in tale direzione, anche sulla formazione del suo allievo, Mossotti.

<sup>30</sup> Nato a Milano il 7 gennaio 1783, si laureò – da esterno – in Scienze matematiche a Pavia nel 1803, dal momento che fin dal 1797, aveva frequentato, come allievo volontario, l'Osservatorio di Brera, pervenendo ad una formazione tale da permettergli di sostenere solo gli esami finali di laurea. E all'Osservatorio astronomico di Brera, di cui sarà direttore a partire dal 1832, si svolse l'intera sua vita professionale e scientifica, fino al 1862, quando gli subentrò Giovanni V. Schiaparelli. Morì il 29 agosto 1862, a Crodo, vicino Domodossola.



*Accademia Italiana della Scienze*. Negatagli la cattedra a Pavia, oltreché per i gravi sospetti di irredentismo da parte della polizia austriaca, decise di esiliare: dopo un periodo trascorso in Inghilterra a partire dal 1825, dove fu in contatto con Thomas Young ed altri scienziati dell'epoca nonché nominato membro della *Royal Astronomical Society* di Londra, si recò, nel 1827, in Argentina, dove insegnò all'Università di Buenos Aires, quindi, nel 1834, l'Università di Bologna gli offrì la cattedra di astronomia che, tuttavia, non fu ufficialmente mai presa ancora per un veto dovuto alle sue idee politiche, sicché egli fu costretto ad accettare, nel 1835, dopo un breve periodo trascorso a Torino con l'astronomo Giovanni Plana, l'offerta di una cattedra di Matematica da parte dell'Università Ionia di Corfù, che tenne fino al 1841, quando, nominato socio dell'*Accademia delle Scienze di Torino* già nel 1840, fu poi chiamato dall'Università di Pisa per ricoprire la cattedra di Fisica matematica, Meccanica celeste e Geodesia, dove rimase fino alla morte, avvenuta il 20 marzo 1863. Fu tumulato al Camposanto monumentale. Sulla base delle note di lezione dei suoi corsi tenuti a Corfù, scrisse, negli anni compresi fra 1843 e il 1845, le *Lezioni elementari di fisica matematica*, un importante manuale in due volumi sulla materia, pubblicato a Firenze, e molto auspicato sia in Italia che all'estero (Capannelli & Insabato 2000; Di Bono 2000: 881-882; Nagliati 2000: 835-836; Sansone 1977: 7-8).

Dotato di notevoli capacità matematiche<sup>31</sup> (e di abilità fisiche, anche per la formazione universitaria ricevuta), a Pisa Mossotti compì vari importanti studi e ricerche di fisica matematica, secondo un metodo simile a quello della scuola francese di allora<sup>32</sup>, contribuendo – secondo il parere di Henri J. Poincaré – alla nascita della moderna teoria dell'elettromagnetismo dovuta a James Clerk Maxwell; di questa opinione è pure il Puccianti. Nel periodo pisano, egli diede infatti una dettagliata analisi della problematica fisico-matematica inerente un mezzo dielettrico soggetto all'azione di un campo elettrico, fornì le prime espressioni analitiche per la forza di un elemento infinitesimo di dielettrico in funzione della sua distribuzione molecolare, di cui ne aveva già stabilito una formula (poi detta *relazione di Clausius-Mossotti*) nel lavoro *Sur les forces qui règissent la constitution intérieure des corps* del 1836 risalente al suo periodo a Corfù, e successivamente ripresa sia dal suo allievo Enrico Betti che da Rudolf J.E. Clausius, la quale mette in relazione due importanti parametri fisici dei corpi materiali elettrizzati, ovvero la polarizzazione molecolare, che è una quantità microscopica, e la costante dielettrica, che è una quantità macroscopica. Quest'indirizzo di studi, prevalentemente fisico-matematico, verrà successivamente ripreso, con risultati importanti ed originali, da alcuni suoi allievi, fra i quali Betti (nell'ambito della fisica matematica) e Riccardo Felici<sup>33</sup> (nell'ambito della fisica sperimentale ed applicata). Come già

<sup>31</sup> Secondo Enrico Betti, che a Pisa sarà un suo allievo, egli preferiva le applicazioni dell'analisi matematica alla fisica, alla meccanica razionale, alla meccanica celeste. Seppur modesto fu il numero delle sue pubblicazioni, rilevanti furono invece i risultati conseguiti con correttezza di calcolo e chiarezza espositiva: l'idrodinamica, le teorie della capillarità e delle forze molecolari, l'elettricità, l'ottica e i suoi strumenti, nonché la meccanica celeste, debbono a lui considerevoli progressi e notevoli perfezionamenti (Sansone 1977: 8).

<sup>32</sup> Soprattutto, secondo i lavori di Siméon-Denis Poisson degli anni '20 (dell'Ottocento) che, a loro volta, si rifacevano a quelli di C. Augustin de Coulomb della fine del '700.

<sup>33</sup> Infatti, come ricorda Luigi Puccianti alla fine della sezione dedicata a Matteucci nella sua relazione sulla storia della scuola di Fisica pisana, all'indirizzo prettamente sperimentale da egli impresso ad essa, Puccianti sottolinea la presenza pure dell'opera del Mossotti che, forte della sua

detto, notevoli furono i suoi studi di meccanica e idraulica iniziati quand'egli era uditore a Pavia, e condotti sotto la guida del suo maestro Brunacci; quindi, quelli successivi in astronomia teorica e meccanica celeste, molto apprezzati dalla comunità astronomica europea, compiuti prima Milano, indi proseguiti in Inghilterra, in Argentina e, infine, a Corfù, dove, come già visto, iniziò ad occuparsi pure di fisica molecolare, stimolando l'interesse, fra gli altri, anche di Faraday e, poi, Maxwell. Infine, oltre alle notevoli e pionieristiche ricerche sui dielettrici, ed altre in fisica terrestre<sup>34</sup>, astronomia teorica ed elettromagnetismo, sono da menzionare pure alcuni lavori di ottica e la relativa strumentazione compiuti a Pisa, dove peraltro scrisse un apprezzato manuale di meccanica razionale ed uno sulla strumentazione ottica<sup>35</sup>. Per Puccianti, poi, Mossotti fu – persino – il primo vero fisico che utilizzò la matematica in senso galileiano, e di questa opinione fu pure il Betti il quale – riferendosi, in occasione della sua commemorazione, all'opera del proprio maestro – affermò che, se egli si fosse dedicato più alla matematica che alla fisica, avrebbe senz'altro ottenuto risultati notevoli, ricordando, tra l'altro, come egli ebbe – in merito ai suoi studi di astronomia teorica – l'idea di invertire, ancor prima dei risultati conseguiti poi da N.H. Abel e C.G.J. Jacobi, gli integrali ellittici di prima specie, argomento, questo, su cui Betti stesso, poi, otterrà rimarchevoli risultati. Fu tra i fondatori de «Il Cimento» prima (1844) e de «Il Nuovo Cimento» poi (1855), le prime riviste scientifiche italiane sulle scienze fisiche e le loro applicazioni (Barcaro & Maccagni 1987: 38-40; Barcaro & Grosso 1990; Bassani 2000: 858-863; Capannelli & Insabato 2000; Liberti 2013; Nagliati 2000: 835-836; Puccianti 1919, 1939; Reeves Buck 1980: 75).

nomea, richiamando a Pisa giovani studiosi da ogni parte d'Italia, non poteva non instaurare uno stretto collegamento tra la fisica sperimentale e la matematica, conformemente al pensiero galileiano, legame che darà i suoi migliori frutti con il principale allievo del Matteucci e suo successore, Riccardo Felici che, prendendo l'eredità spirituale e culturale dei suoi maestri Matteucci e Mossotti, riuscì ad unirle armoniosamente e proficuamente. Ancora nelle parole di Puccianti, «con Felici abbiamo una fisica pensata matematicamente, e con Betti una matematica che si va concentrando in fisica. Dopo la morte del Betti, la sua tradizione scolastica fu continuata in Pisa, ma per pochi anni, da Vito Volterra, che era stato suo scolaro». Dopodiché, l'insegnamento di Fisica matematica, a Pisa, venne preso da Antonio Garbasso, che cercò di mantenere questa fertile tradizione di connubio fra fisica e matematica operando in sinergia con Angelo Battelli, successore di Felici, quindi da Gian Antonio Maggi (1856-1937), fisico e matematico, che rimarrà a Pisa fino al 1924 (Puccianti 1939: 327-328: 336). È da ricordare, comunque, che, in quel periodo, spesso gli ambiti della fisica matematica, della meccanica razionale e della meccanica superiore non erano nettamente distinti e, anzi, spesso si sovrapponevano se non coincidevano del tutto, per cui, nella tradizione pisana della fisica matematica, inaugurata dunque da Mossotti e Betti, vanno pure ricordati i nomi di Vito Volterra e di Ernesto Padova (1845-1896) – cfr. Capitolo successivo.

<sup>34</sup> Fra le quali spicca ancora una volta il lavoro *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps*, scritto a Torino nel 1836, in merito ad una possibile interpretazione della gravitazione newtoniana attraverso la costituzione fisica delle masse gravitanti, in particolare ricorrendo alle proprietà attrattive delle cariche elettriche. Questa teoria fu poi ripresa da Johann Carl Friedrich Zöllner nel 1882, quindi rielaborata più approfonditamente, dal punto di vista matematico, da Wilhelm E. Weber verso la fine del XIX secolo, per essere quindi ripresa da Hendrik A. Lorentz e Wilhelm Wien ai primi del '900 (Straneo 1975).

<sup>35</sup> Che risulterà di estremo giovamento per le successive ricerche in ottica di Giovan Battista Amici.

## Publicazioni di Mossotti

Nuova analisi del problema di determinare le orbite dei corpi celesti, Milano, 1817 (Effemeridi di Milano; Zeitschr. f. Astr. III u. V).
Sur les forces qui régissent la constitution interieure des corps, apperçu pour servir à la determination de la cause et des lois de l'action moleculaire, Turin, 1836.
Sulla costituzione del sistema stellare di cui fa parte il sole, Corfù, 1840.
Dell'azione delle forze molecolari nella produzione dei fenomeni della capillarità, Milano, 1840 (Anche in: Bibl. italiana, T. XCVIII, in: Nuov. Ann. delle Scienze Nat. di Bologna, e in R. Taylor's Scientif. Memoirs).
Lezioni elementari di fisica matematica, 2 voll., Firenze, 1843-45.
Lezioni di meccanica razionale, <i>Ib.</i> 1850.
Del movimento di un fluido elastico che sorte da un vaso, e della pressione che fa sulle pareti di esso (Mem. Soc. Ital. XVII, 1815).
Sul moto dell'acque sui canali ( <i>Ib.</i> XIX, 1821).
Formola per rappresentare le tensioni del vapore acqueo ( <i>Ib.</i> XXI, 1836).
Discussione analitica che l'azione di un mezzo dielettrico ha sulla distribuzione dell'elettricità alla superficie di più corpi elettrizzati, disseminati in esso ( <i>Ib.</i> XXIV, pt. II, 1850).
Sulle proprietà degli spettri di Fraunhofer formati dai reticoli ed Analisi della Luce che somministrano (Annali delle Univ. Toscane, T. I, 1845, deutsch Pogg. Ann. LXII).
Nuova teoria degli stromenti ottici ( <i>Ib.</i> IV, 1857, anche: Il Nuovo Cimento, T. V-VIII, 1837-38).
Sulle macchie di disco solare (Il Nuovo Cimento, I, 1855).
Sulla scintillazione delle stelle ( <i>Ib.</i> II, 1855).
On the variation in the mean motion of the comet of Encke, produced by the resistance of an ether (Mem. Astron. Soc., II, 1826).
Places of Encke's comet, and transit of Mercurius 1832, Mai 5, observed at Buenos Ayres ( <i>Ib.</i> VIII, 1835).
Proprietà dei centri coniugati principali, etc. (Ann. di Matem. 1, 1858).
Rifrazione di una supposta atmosfera lunare (Ann. di Matem. 5, 1863).
Teoria degli strumenti ottici (Pisa, Univ. Ann., 4-5, 1855-1861).
Teoria e applicazione delle funzioni circolari e iperboliche (Pisa, Univ. Ann. 6, 1861).
Determinazione delle orbite dei corpi celesti per mezzo di tre osservazioni (Pisa, Univ. Ann. 8, 1866).
Nota all'articolo precedente (Nuovo Cim. 2, 1855).
Sulle macchie del disco solare. Discorso di promozione a laurea letto il 26 Giugno 1854 (Nuovo Cim. 1, 1855).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 6, 1857).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 6, 1857).

Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 6, 1857).
Nuova teoria degli stromenti ottici (Nuovo Cim. 6, 1857).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 8, 1858).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 7, 1858).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 7, 1858).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 7, 1858).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 10, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 10, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 10, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 9, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 10, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 9, 1859).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione) (Nuovo Cim. 11, 1860).
Nuova teoria degli stromenti ottici (continuazione e fine) (Nuovo Cim. 11, 1860).
Azione dei parafulmini (Nuovo Cim. 16, 1862).

### 2.4.3. Enrico Betti

Allievo di Mossotti e di Matteucci fu poi Enrico Betti, nato a Pistoia il 21 ottobre 1823, laureatosi in Matematica a Pisa (ma sostenendo la dissertazione finale di laurea con Giuseppe Doveri) nel 1846. Dopo l'insegnamento liceale a Pistoia e a Firenze, nel 1857 ottenne la cattedra di Algebra dell'Università di Pisa per i suoi notevoli studi sulle equazioni algebriche condotti, a partire dal 1849, sulla scia dei lavori di Niels H. Abel ed Evariste Galois, quindi, nel 1859, passò a quella di Analisi e Geometria superiore. Nel 1868, alla morte di Mossotti<sup>36</sup>, ne assunse la cattedra di Fisica matematica, che mantenne fino alla morte. Diresse la Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1865 al 1892, fondando, nel 1871, gli «Annali della Scuola Normale Superiore. Classe di scienze»<sup>37</sup>. Negli anni compresi fra il 1850 e il 1859, Betti si occupò principalmente di questioni inerenti l'algebra, riscoprendo e valorizzando i pionieristici lavori sulla teoria dei gruppi fatti da Galois; subito dopo, stimolato dai lavori di Riemann, si occupò di funzioni di variabile complessa, contribuendo notevolmente alla teoria delle funzioni ellittiche ed algebriche nel campo complesso, oggetto del corso di Analisi superiore tenuto nell'anno accademico 1859-60. Poiché già a partire dal 1864, Betti assume l'incarico di insegnamento di Fisica matematica che fu del suo maestro Mossotti, da quel momento in poi egli si dedicherà a questo nuovo campo della matematica applicata, ad eccezione di alcuni lavori del 1871, anno in cui si volse ad affrontare e risolvere notevoli questioni di topologia, e di altri dedicati alla geometria differenziale applicata (fra cui alcuni assegnati come argomento di tesi al suo allievo Ulisse Dini, che proprio con Betti si laureò in Matematica nel 1864). Molti argomenti di fisica matematica di cui si occupò furono peraltro suggeriti, oltre che dalle precedenti ricerche del suo maestro

<sup>36</sup> Sotto la cui guida pubblicò i suoi primissimi lavori in fluidodinamica.

<sup>37</sup> Nel 1873, saranno fondati gli omonimi «Annali» ma relativi alla Classe di Lettere.

Mossotti, anche stavolta dalla conoscenza delle ricerche compiute da Riemann in questo settore, in primo luogo quelle riguardanti la teoria del potenziale, condotte attraverso il metodo della funzione di Green che Betti estese oltre l'ambito dell'elettromagnetismo, applicandolo alla branca oggi detta termodinamica dei materiali ed alla teoria dell'elasticità; si occupò quindi di meccanica celeste (fra cui, il problema dei tre corpi), meccanica dei continui (con originali vedute sulla capillarità)<sup>38</sup> e della teoria dell'equilibrio di masse fluidi autogravitanti, quindi di idrodinamica, termodinamica, teoria del potenziale, elettricità e magnetismo<sup>39</sup>.

Del 1872 sono i primi lavori di teoria dell'elasticità, che aprirono nuovi fruttuosi indirizzi di studio e di ricerca, con notevoli risultati e nuove prospettive – pervenendo, tra l'altro, a una formulazione generale delle equazioni dell'equilibrio elastico in coordinate generali –, che segneranno, in modo pervasivo, gli indirizzi di ricerca dei prossimi decenni della scuola italiana di Fisica matematica. Infine, nel 1879, pubblica un importante trattato di teoria del potenziale, applicata all'elettricità ed al magnetismo, fornendo così un modello originale di trattazione mirabile per chiarezza espositiva, precisione analitica e perfetta impostazione delle inerenti problematiche fisiche. Morì in località Soiana di Terricciola (Pisa), l'11 agosto 1892, quindi inumato al Camposanto monumentale di Pisa. Fra i suoi tanti allievi, ricordiamo Ernesto Padova, Eugenio Bertini, Cesare Arzelà, Guido Ascoli, Ulisse Dini, Gregorio Ricci-Curbastro, Luigi Bianchi, Vito Volterra, Valentino Cerruti, Giuseppe Lauricella, Carlo Somigliana, Salvatore Pincherle, Mario Pieri, Federigo Enriques (Barcaro & Maccagni 1987: 43-44; Capannelli & Insabato 2000; Carlucci 2010; Connor & Robertson 2005; Nagliati 2000: 836-837; Puccianti 1939; Sansone 1977: 8-10).

### **Pubblicazioni di Betti sul «Nuovo Cimento»**

Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, e sua applicazione alla elettricità statica, 18 (1863) 385-402.
Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione), 19 (1864) 59-75.
Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione), 19 (1864) 77-95.
Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione), 19 (1864) 149-175.
Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione), 19 (1864) 357-377.

<sup>38</sup> Ancora una volta, seguendo, verosimilmente, le metodologie di studio e le linee di ricerca dei suoi maestri, Matteucci e Mossotti.

<sup>39</sup> È plausibile che le ricerche prettamente fisiche condotte dal Betti, o comunque le argomentazioni fisiche presenti nella sua opera, siano state influenzate dal Matteucci come pure dal Felici che, sebbene non fu suo diretto insegnante, certamente fu in contatto personale e professionale con lui, come attestano le molte lettere che i due si scambiarono ovvero 48, una delle corrispondenze più consistenti fra le molte presenti nel “fondo Betti”, conservato presso la Scuola Normale Superiore di Pisa, e consistente di ben 1535 lettere in totale; fra i molti che furono in corrispondenza con lui, ricordiamo in particolare i fisici Galileo Ferraris, Pietro Blaserna, Luigi Pacinotti, Karl Neumann e Gustav Heinrich Weidemann.

Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione), 20 (1864) 19-39.
Teorica delle forze che agiscono secondo la legge di Newton, etc. (continuazione e fine), 20 (1864) 121-141.
Teoria della capillarità, 25 (1867) 81-105.
Teoria della capillarità (continuazione), 25 (1867) 225-237.
Sopra la elettrodinamica, 27 (1868) 402-407.
Sopra la determinazione delle temperature variabili di una lastra terminata, quando la conducibilità non è la stessa in tutte le direzioni, 28 (1868) 115-124.
Sopra la distribuzione delle correnti elettriche in una lastra rettangolare, 3 (1870) 91-98.
Teoria della elasticità, 8 (1872) 5-21.
Teoria della elasticità (continuazione), 8 (1872) 69-97.
Teoria della elasticità (continuazione), 8 (1872) 158-180.
Teoria della elasticità (continuazione), 8 (1872) 357-367.
Teoria della elasticità (continuazione), 9 (1873) 34-43.
Teoria della elasticità (continuazione), 10 (1873) 58-84.
Un teorema sopra le funzioni potenziali, 12 (1874) 75-78.
Sopra il potenziale di un sistema di conduttori isolati carichi di elettricità e di coibenti elettrizzati comunque, 2 (1877) 249-252.
Sopra la teoria dei condensatori, 5 (1879) 119-133.
Sopra l'equilibrio di una massa di gas perfetto isolata nello spazio, 7 (1880) 26-70.
Sopra il moto di un ellissoide fluido eterogeneo, 9 (1881) 218-220.
Sopra il moto dei fluidi elastici, 14 (1883) 43-51.
Sopra la entropia di un sistema Newtoniano in moto stabile (Nota I), 25 (1889) 5-7.
Sopra la entropia di un sistema Newtoniano in moto stabile (Nota II), 25 (1889) 7-11.

## 2.5. Altri fisici pisani del periodo pre-unitario

Nel periodo caratterizzato dall'insegnamento di Matteucci e Mossotti, si formarono alcune figure di studiosi che meritano, per un verso o per l'altro, di essere brevemente ricordati.

Luigi Ridolfi (1824-1909), fiorentino, figlio del marchese Cosimo, si laureò a Pisa nel 1844 in Scienze fisiche e matematiche sotto la guida di Mossotti, ma presto passò agli studi di agronomia, seguendo le orme paterne.

Angelo Forti (1818-1900) si laureò a Pisa in Scienze fisico-matematiche pure e applicate il 7 luglio 1845 e fu poi ammesso alla Scuola Normale Superiore (1848-1851) ottenendo l'abilitazione all'insegnamento nel 1851; fu collaboratore di Matteucci e Mossotti, amministratore dei Telegrafi dal 1849 al 1860, quindi insegnante al Liceo di Pisa dal 1859. Pubblicò sei articoli sul «Nuovo Cimento».

Olinto Cocchi si laureò il 9 novembre 1847 e fu assistente e aiuto al Gabinetto di Fisica di Pisa fino al 1866, per poi passare all'insegnamento secondario al Liceo e alle Scuole tecniche di Pisa (almeno fino al 1880). Nel 1855 pubblicò un articolo di fluidodinamica sul «Nuovo Cimento» con L. Pacinotti e Antonio Gianni, laureato l'8 novembre 1848 e in seguito insegnante di Fisica al Liceo di Pistoia.

Enrico Tabani fu tra i primi studenti di fisica ammessi alla Scuola Normale Superiore (1848-1851); si laureò nel 1851 e in quello stesso anno pubblicò l'interessante saggio *Sull'induzione elettro-dinamica*. Partì poi per perfezionarsi a Parigi, dove però morì, probabilmente l'anno successivo<sup>40</sup>.

Antonio Pacinotti (1841-1912), figlio di Luigi, si laureò a Pisa in Matematiche applicate il 28 giugno 1861 sotto la guida di Enrico Betti, e fece ritorno a Pisa soltanto nel 1881 sulla cattedra di Fisica tecnologica lasciata dal padre.

Giacinto Pacinotti (1843-1871), fratello di Antonio, si laureò a Pisa in Scienze fisico-matematiche, quindi fu assistente alla cattedra di Chimica negli anni 1865-1867, poi professore di Fisica e Chimica nella scuola secondaria a Livorno, ma morì precocemente.

Merita qui ricordare anche alcuni collaboratori di Luigi Pacinotti che operarono per qualche tempo come assistenti nel Gabinetto di Fisica tecnologica, tra cui in particolare, oltre al figlio Antonio nel 1861-62, menzioniamo Carlo Desideri (1840-1878), di Uzzano, studente della Scuola Normale Superiore, laureato nel 1862, assistente dal 1862 al 1865, in seguito insegnante alle scuole tecniche, morto suicida, e Piero Donnini (1842-1897) di Siena, anch'egli assistente dal 1862 al 1865 e in seguito insegnante nella scuola, direttore dell'Istituto Tecnico e Sindaco della città di Livorno.

## 2.6. Alcune considerazioni storico-epistemologiche

Il lungo periodo storico del granducato lorenese in Toscana coincise all'incirca con l'affermazione del pensiero scientifico nella cultura europea del periodo compreso fra il '600 e il '700, che influenzerà profondamente i successivi sviluppi e le future sorti dell'intera società. In questo rapido processo di rinnovamento culturale e di innovazione tecnologica, la fisica giocò un ruolo di primissimo piano, nata, come scienza naturale esatta, con l'opera fondante di Galileo Galilei, e successivamente sostenuta dalle nuove concezioni cartesiane sulla formalizzazione della geometria. Da questo momento in poi, nel giro di qualche secolo, la fisica raggiungerà un livello tale da avere un *corpus* autonomo ricco e comprensivo di dottrine e metodi che trasformeranno radicalmente e definitivamente la visione che ha l'uomo della natura e dell'universo. Quasi tutti i restanti settori scientifici riceveranno poi forti stimoli, nuove prospettive e profonde revisioni delle loro teorie, idee e dei loro metodi, proprio grazie alla nuova visione positivista impressa alla scienza soprattutto dalla rivoluzione galileiana (Bassani 2000: 839).

<sup>40</sup> Cfr. Nota 1 alla Lettera 18 della Corrispondenza Giovanni Novi-Enrico Betti, edita da N. Palladino e M. Mercurio.

Tuttavia, secondo (Bassani 2000), il contributo dello Studio pisano a questo enorme fervore di pensiero che pervase tutta l'Europa, fu decisamente marginale e modesto. La Toscana – e l'Italia in generale – avevano infatti perduto, già alla fine del '600, in concomitanza allo scioglimento dell'*Accademia del Cimento* (del 1667), quell'indiscusso primato scientifico che avevano acquisito con Galilei e la sua scuola. Fra le possibili cause, spesso si invocano alcuni motivi interni alla stessa scienza, in primo luogo il fatto che il metodo galileiano rimase a privilegiare una formalizzazione geometrica delle leggi fisiche, secondo una visione filosofica che si avvicinerà sempre più a quella cartesiana, ignorando così le nuove prospettive analitiche che provenivano dalle altrettanto rivoluzionarie idee newtoniane e leibniziane sul calcolo infinitesimale, che fornivano nuovi, più potenti metodi di formalizzazione delle leggi fisiche oltre quella prospettiva meramente geometrica del Galilei e dei suoi successori (Bassani 2000: 839-840).

Questo scollamento fra un empirismo positivistico, che si limitava all'analisi sperimentale dei dati della sperimentazione fisica per la frequente difficoltà di trovare il giusto quadro geometrico in cui collocarli (secondo l'originaria visione galileiana), ed un astrattismo analitico, spesso eccessivo, con cui formalmente vedere ed interpretare i fenomeni fisici, più vicino alla matematica che alla fisica, permarrà, ma a suo detrimento, nella tradizione accademica pisana<sup>41</sup> per molti anni, fino ai tempi più recenti, nonostante la presenza attiva di numerosi fisici sperimentali che, comunque, condurranno esperienze notevoli e decisive per il progresso della fisica sperimentale (Bassani 2000: 840). Fra questi, si distinse la figura di Matteucci, contraddistinta da una capacità di affrontare i problemi fisici cruciali del suo tempo attraverso opportuni esperimenti, evitando, a differenza di Mossotti, l'utilizzo degli strumenti offerti dal calcolo infinitesimale ed integrale (che si riveleranno invece preziosi ed indispensabili per il Mossotti), ma limitandosi piuttosto ad una discussione ragionata dei dati sperimentali, rifuggendo comunque dal ricorso ad un modello fisico-teorico (per non dire fisico-matematico) del fenomeno in esame (Barcaro & Grosso 1990; Bassani 2000: 867).

Quanto appena sopra detto, tuttavia, sintetizza un'opinione, più o meno condivisibile, espressa in (Bassani 2000), la quale potrebbe ricevere una parziale conferma per esempio dal fatto che, con l'avvento della riforma "Giorgini", si ebbe una netta separazione degli insegnamenti di Fisica e Matematica con l'istituzione della nuova struttura didattica dell'ateneo, con la dismissione dei collegi – dove gli insegnamenti di Matematica e Fisica erano tutti impartiti all'interno di un unico collegio, quello medico-fisico, nella sezione di fisica e matematica – e l'attuazione di nuove sezioni di corsi prefiguranti le varie facoltà – che verranno

<sup>41</sup> È plausibile ipotizzare che il passaggio di assetto istituzionale da un'organizzazione strutturale di tipo collegiale, qual era quella del collegio medico-fisico, sezione di fisica e matematica, con quasi tutte le materie scientifiche del tempo impartite in modo più unitario con la possibilità di presentare piani di studi più variegati nella scelta fra discipline fisiche e matematiche, ad un'altra, tipo facoltà (sul modello francese), con saperi più autonomi e quindi con piani di studi più specifici e settoriali, quindi meno interdisciplinari, abbia potuto influire sullo scostamento fra gli insegnamenti fisici e matematici, con reciproco detrimento nella possibilità di acquisizione di pluralistiche conoscenze e di differenti metodi. Per quanto riguarda poi la possibilità di una effettiva comparazione delle offerte didattiche dello Studio pisano istituzionalmente strutturato in collegi e facoltà lungo il periodo cruciale compreso fra la fine del '700 e il 1860 circa, si rimanda alla esaustiva elencazione degli insegnamenti impartiti nello Studio pisano, ricordati ai relativi docenti assieme al corrispondente periodo di insegnamento, riportata in (Barsanti 1993: 279-434).



ufficialmente istituite solo dopo l'Unità d'Italia con la riforma "Casati" del 1859-60, ma effettivamente attuata, su tutto il nuovo Regno d'Italia, solo intorno al 1867-68 – all'interno delle quali si dava maggior preminenza alle materie d'indirizzo a scapito della interdisciplinarietà, fra cui quella di Scienze matematiche e quella di Scienze naturali, comprendente fra le altre anche le discipline fisiche ma non quelle matematiche (raccolte in facoltà autonoma), per cui può anche darsi il caso che i relativi piani di studi previsti da quest'ultima facoltà potevano pure non prevedere necessariamente l'obbligo d'inserire insegnamenti matematici in quanto impartiti in un'altra, autonoma facoltà (quella di Scienze matematiche, appunto).

Questo assetto strutturale comunque verrà poi, come già detto, modificato dalla riforma "Casati" del 1859-60, con l'istituzione della nuova facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, che, a sua volta verrà suddivisa in quattro classi, quella di Fisica, quella di Matematica, quella di Chimica e quella di Storia naturale, all'interno delle quali, però, soprattutto nelle prime tre, erano comunque previsti, come obbligatori, degli insegnamenti matematici, peraltro numerosi e diffusi assieme a quelli di fisica<sup>42</sup> (Reeves Buck 1980: 126-136), ragion per cui le eventuali risposte alle questioni epistemologiche di cui sopra, andrebbero forse ricercate non nella mancata presenza o integrazione degli insegnamenti matematici con quelli fisici – fatto peraltro non sussistente, in quest'ultimo caso<sup>43</sup> – quanto piuttosto nella metodologia intrinseca di studio e di ricerca fisica – e la relativa *forma mentis* – che era allora, di prassi, adottata per consuetudine. D'altra parte, da un punto di vista sociologico, è da tener pure in considerazione come sia i pochi contatti dei fisici italiani con quelli stranieri sia la scarsità di supporti finanziari, dovuta alla generale instabilità politica che interessò il periodo post-lorenese e quello risorgimentale, abbiano senz'altro influito negativamente sullo sviluppo della fisica (e delle scienze, in generale) in Italia, rispetto alle altre principali nazioni europee (Reeves Buck 1980: 287-88). Tuttavia, a partire dal 1840, grazie soprattutto all'opera di Matteucci, Mossotti e Piria, a Pisa venne a crearsi una scuola di Fisica sperimentale (oltreché di fisica matematica) che si distinse rispetto alle altre sedi universitarie italiane (Pisa fu tra l'altro una delle prime sedi a modernizzare il Gabinetto di Fisica sperimentale annesso alla relativa cattedra, e ad attivare corsi di Esperimentazioni fisiche, allora chiamate Esercitazioni di fisica), con innovativi studi e feconde ricerche, apprezzati anche all'estero, innovativi (Reeves Buck 1980: 92-93: 278-288).

<sup>42</sup> Insegnamenti peraltro già impartiti nelle scuole superiori pre-universitarie, come previsto dalla riforma "Casati-Matteucci" degli anni 1859-62; cfr. pure il paragrafo 1.3 del precedente capitolo, nonché (Dröscher 2013).

<sup>43</sup> Cfr. infatti quanto già detto al paragrafo 1.3 del precedente capitolo, come pure (Dröscher 2013).

## Bibliografia

- Barcaro U., Maccagni C., *Physics in Pisa 1202-1938. A Survey*, Pisa, ETS Editrice, 1987.
- Barcaro U., Grosso G., *Il modello di Mossotti per la stabilità della materia*, in *La situazione delle scienze al tempo della "Prima Riunione degli Scienziati Italiani"*, a cura di G. Rossi. A cura dell'A.I.T.O.M. (Delegazione di Pisa), Pisa, Giardini Editori e Stampatori, 1990, pp. 81-107.
- Barsanti D., *L'Università di Pisa dal 1800 al 1860. Il quadro politico e istituzionale, gli ordinamenti didattici, i rapporti con l'Ordine di S. Stefano*, Pisa, Edizioni ETS, 1993.
- Barsanti D., *I docenti e le cattedre dal 1543 al 1737*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*\*, pp. 505-568.
- Barsanti D., *Lauree dell'Università di Pisa, 1737-1826*, tomo I: 1737-1826, tomo II: 1826-1861, Pisa, Pacini Editore, 1995.
- Barsanti D., *I docenti e le cattedre*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 505-568.
- Bassani F., *La Fisica nell'età dei Lorena*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 839-867.
- Capannelli E., Insabato E. (a cura di), *Guida agli archivi delle personalità della cultura toscana tra '800 e '900. L'area pisana*, Firenze, Leo S. Olschki Editore, 2000.
- Carlucci P., *La Scuola Normale Superiore. Percorsi del merito 1810-2010*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 2010.
- Coppini R.P., *Dall'amministrazione francese all'Unità (1808-1861)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, IT: Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 135-267.
- Coppini R.P., *Breve Storia dell'Università di Pisa*, Pisa, Edizioni Plus - Pisa University Press, 2009.
- Del Gratta R., *L'età della dominazione fiorentina (1406-1543)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 33-78.
- Del Gratta R., *I docenti e le cattedre dal 1406 al 1543*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*\*, pp. 481-504.
- Di Bono M., *L'Astronomia*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 869-882.

- Dini D., *Pisa e la sua Università. Gloria e prestigio*, Pisa, Edizioni ETS, 1995.
- Dröscher A., *Le facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali dopo l'unità d'Italia (1860-1915). Repertorio delle cattedre e degli stabilimenti annessi, dei docenti, dei liberi docenti e del personale assistente e tecnico*, Bologna, CLUEB, 2013.
- Farnetani F., Monsagranti G., Matteucci, Carlo, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 72, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2009.
- Fedeli C., *L'insegnamento della Fisica nella Università di Pisa. Cenni Storici*, Pisa, Officina Arti Grafiche Folchetto, 1915. Pure in: *Misc. Discorsi e Relazioni, Università di Pisa*, XXXII, n. 4, pp. 3-37.
- Fioravanti G., *La filosofia e la medicina (1343-1543)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 259-288.
- Giorgioni C., *Dai Lorena all'Unità, 1737-1860*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP – Associazione Laureati Ateneo Pisano. Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 43-78.
- Gliozzi M., *Storia della fisica*, a cura di Alessandra e Ferdinando Gliozzi, Torino, Bollati Boringhieri Editore, 2005.
- Iofrida M., *La filosofia e la medicina (1543-1737)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 289-338.
- Liberti L., Mossotti, Ottaviano Fabrizio, in *Il Contributo Italiano alla Storia del Pensiero*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2013.
- Luperini C., *Luigi Pacinotti (1807-1889). Professore di Fisica all'Università di Pisa*, Saarbrücken, Edizioni Accademiche Italiane, 2013.
- Maccagni C., *La matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 339-362.
- Marrara D., *Letà medicea (1543-1737)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 79-187.
- Micheli E., *Storia dell'Università di Pisa dal MDCCXXXVII al MDCCCLIX. Ristampa anastatica dell'edizione del 1879*, Bologna, Arnaldo Forni Editore, 1988.
- Moretti M., *Dall'Unità alla Riforma Gentile, 1860-1923*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP – Associazione Laureati Ateneo Pisano. Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 79-104.
- Nagliati I., *Aspetti della Matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 823-837.

- Occhialini A., *Notizie sull'Istituto di Fisica Sperimentale dello Studio Pisano*, Pisa, Francesco Mariotti, 1914.
- O'Connor J.J., Robertson E.F., Betti, Enrico, *The MacTutor History of Mathematical Archive*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland, UK, 2005.
- Panicucci E., *Dall'avvento dei Lorena al Regno d'Etruria (1737-1807)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*, pp. 3-134.
- Pitoni R., *Storia della fisica*, Torino, Edizioni S.T.E.N., 1913.
- Puccianti L., *Fisici dell'università pisana alla guerra del 1848*, in «Il Nuovo Patto. Rassegna Italiana di Pensiero e di Azione», II, 3, (1919), pp. 3-19.
- Puccianti L., *Il contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana*, in *Relazioni della XXVIII Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS)*, Pisa, 11-15 Ottobre 1939, Roma, Arti Grafiche Aldo Chicca, 1939, pp. 321-338.
- Reeves Buck B., *Italian Physicists and Their Institutions*, a PhD thesis in History of Science presented to the Department of the History of Science of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA, 1980.
- Rossi P., La Rana A., *Dizionario biografico dei Fisici italiani*, in corso di pubblicazione, 2018.
- Sansone G., *Algebristi, analisti, geometri differenzialisti, meccanici e fisici-matematici ex-normalisti del periodo 1860-1929*, Pisa, Pubblicazioni della Scuola Normale Superiore, 1977.
- Savorelli A., *La filosofia*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*, pp. 571-634.
- Straneo P., *Teoria generale delle dimensioni fisiche e sue caratteristiche applicazioni*, in *Enciclopedia delle Matematiche Elementari e Complementi*, a cura di L. Berzolari, vol. III, parte I<sup>a</sup>, ristampa anastatica dell'edizione del 1947, Milano, Ulrico Hoepli Editore, 1975, Art. XLI, pp. 39-95.
- Straneo P., *Le teorie della fisica nel loro sviluppo storico*, Brescia, Editrice Morcelliana, 1959.
- Tangheroni M., *Letà della Repubblica (dalle origini al 1406)*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 1\*, pp. 5-32.
- Tangheroni M., *Una lontana e straordinaria eredità culturale*, in *L'Università di Pisa. Docenti e studenti nella sua storia*, a cura di Tangheroni M., Giorgioni C., Moretti M., Gelli G. Supplemento al n. 1/94 de «Il Rintocco del Campano». Rassegna periodica dell'ALAP - Associazione Laureati Ateneo Pisano. Pisa, Edizioni ETS, 1994, pp. 7-42.
- Tomasi T., Sistoli Paoli N., *La Scuola Normale di Pisa dal 1813 al 1945. Cronache di un'istituzione*, Pisa, ETS Editrice, 1990.
- Vergara Caffarelli R., *Le Scienze: Fisica, Chimica, Matematica*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 759-822.
- Vergara Caffarelli R., *Gli Strumenti Scientifici*, in *Storia dell'Università di Pisa*, a cura della Commissione rettorale per la storia dell'Università di Pisa, Tomi 1\* (1993), 1\*\* (1993): 1343-1737, Tomi 2\* (2000), 2\*\* (2000), 2\*\*\* (2000): 1737-1861. Pisa, Pacini Editore (Tomi 1\*, 1\*\*), Edizioni Plus-Università di Pisa (Tomi 2\*, 2\*\*, 2\*\*\*), tomo 2\*\*\*, pp. 1109-1128.

## Capitolo 3

### Riccardo Felici

Ricostruendo la storia della fisica a Pisa, dalla fondazione dell'Università al periodo in questione, in rapporto contestuale con l'evoluzione della fisica altrove, emergono senz'altro delle discontinuità storiche che segnarono – contingentemente – la storia locale pisana in modo incisivo: fra queste, la congiunzione delle personalità e degli interessi sia professionali che culturali di tre figure eminenti del mondo scientifico dell'epoca, ovvero Carlo Matteucci, Fabrizio Ottaviano Mossotti e Riccardo Felici che, nella quasi complementare unità dei loro percorsi accademici e scientifici – ovvero, fisico-sperimentale (e soprattutto istituzionale, nonché politico-organizzativo) del Matteucci, fisico-matematico del Mossotti e fisico-sperimentale/teorico del Felici –, gettarono le basi per la formazione di una scuola di Fisica che rinnoverà la grande tradizione galileiana nei suoi più tipici aspetti metodologici di studio, di ricerca e di sperimentazione, a partire soprattutto dai lavori del Felici sull'induzione elettromagnetica, i quali permisero di far nascere una vera scuola di Fisica pisana<sup>1</sup>, accanto alla contemporanea nascita di un'altrettanto importante scuola di Fisica matematica – portata avanti soprattutto da Enrico Betti e Vito Volterra, i quali molto risentirono comunque dell'influsso del loro comune professore, il Felici<sup>2</sup> – che avrà illustri tradizioni e notevoli riconoscimenti nel quadro internazionale.

Alfredo Pochettino ricorda come, a fronte del sì non elevato numero di pubblicazioni del Felici – a cui forse basta controbattere ricordando il motto gaussiano *pauca, sed matura* – ma quasi tutte però aventi un carattere di compiutezza, non può essere certo elusa, accanto alla figura del ricercatore, quella di docente: invero, Pochettino ribadisce, per molti anni, nell'I-

<sup>1</sup> Nelle parole di Alfredo Pochettino, «Egli [Felici] non dimentica di essere anzitutto fisico: si appoggia sempre all'esperimento, sia per fissare il punto di partenza dei suoi sviluppi matematici, sia per controllare egli stesso i risultati di questi; non parte da ipotesi più o meno plausibili, oppure di indole più o meno metafisica, ma esclusivamente dai fatti e da questi giunge a dedurre la legge elementare che sarà poi il fondamento di tutto l'ulteriore edificio teorico e sperimentale. Lo strumento matematico non viene da lui neppure usato come mezzo per giustificare modelli o postulati più o meno ragionevoli circa l'essenza e la ragione prima dei fenomeni o per prendere da qualunque delle teorie preesistenti quanto gli possa far comodo, nella pretesa di giungere alla spiegazione dei fenomeni dell'induzione, ma unicamente quale mezzo per descrivere quantitativamente come in effetti quei fenomeni si svolgono sotto i nostri occhi. Anche da tale punto di vista queste ricerche possono citarsi davvero a modello di un metodo di indagine dalla limpidezza tutta latina» (Pochettino 1930: 487).

<sup>2</sup> Come ricorda Antonio Ròiti, «[...] si può dire che, con la severità dell'esempio e l'oculatezza del consiglio, fu ininterrottamente, per una lunga serie d'anni, l'ispiratore di ogni savio provvedimento in favore dei buoni studi a Pisa» (Ròiti 1902: 291), cioè egli era considerato in un certo senso come un "anziano" della comunità universitaria pisana.

talia di quel periodo: «non vi fu che un solo Istituto fisico, quello di Pisa, diretto da Felici, e la scuola non poteva essere migliore perché da costui, del pari eminente sia dal punto di vista matematico che dal punto di vista sperimentale, la gioventù poteva ben imparare a conoscere il vero modo di lavorare nel campo della fisica; contemperare cioè in giusta misura l'elemento teorico con quello sperimentale onde l'inopportuno prevalere eccessivo dell'uno sull'altro non conduca o alla metafisica astrusa o all'empirismo disordinato» (Pochettino 1930: 488). Tale testimonianza noi crediamo sia sufficiente a supportare, scansando al contempo eventuali sospetti di campanilismo accademico, quanto sopra sostenuto circa il ruolo cruciale svolto dal Felici nel fondare la prima, vera scuola di Fisica italiana del XIX secolo, quella pisana.

Nonostante ciò, al pionieristico lavoro del Felici non vi sarà un seguito accademico continuo, in parte per motivazioni e disposizioni personali del Felici stesso, le quali comporteranno una sorta di diaspora dei suoi allievi in molte parti del Paese, con una conseguente discontinuità cui si cercherà di ovviare chiamando Angelo Battelli alla sua cattedra che, tuttavia, subirà quasi una analoga sorte fin quando verrà chiamato Luigi Puccianti che, presa la cattedra di Battelli, suo maestro, imprimerà alla scuola di Fisica pisana quella giusta e dovuta stabilità di indirizzi, metodi e prospettive che garantiranno, per lascito della propria eredità spirituale, una certa continuità didattica e di ricerca in sede, che si manterrà fino agli anni più recenti, pur senza tuttavia impedire quel fisiologico e naturale ricambio di persone e idee che mantengono in vita una scuola accademica nel rispetto della propria tradizione locale ancorché inserita nella più vasta comunità scientifica internazionale.

Tale continuità storica, così come rinnovata da Puccianti, consistette in una riconnessione – sebbene indiretta – all'opera del Felici in quanto, anche se egli fu un allievo del Battelli, in un certo qual senso tenne sempre in grande stima e considerazione l'insegnamento del Felici, i suoi studi e le sue ricerche, come implicitamente lascia presagire il suo percorso scientifico così come pure alcune sue esplicite testimonianze – (cfr. Puccianti 1939) – in cui si attesta che, proprio con Felici, la scuola di Fisica pisana raggiunse il più alto livello della ricerca scientifica, rinnovando così la grande tradizione galileiana. Con sue testuali parole, rammentando dapprima la famosa massima galileiana sul principio del metodo sperimentale [i.e., «la filosofia è scritta in questo grandissimo libro...»], il Puccianti ribadisce che,

forse, nessun fisico moderno, come il nostro [i.e., Felici], si è mai conformato con altrettanta severità alla celebre massima di Galileo. [...] Ma se facile è ammirare la profonda verità contenuta in questa massima, e vedere in essa una norma generale e invariabile del metodo [sperimentale], assai difficile è seguirla rigorosamente, senza lasciarsi scoraggiare dalla astrattezza logica di quegli enti puramente matematici, o lasciarsi indurre a trasformarli con la fantasia (come troppo spesso è avvenuto nella storia della scienza) in enti fisici fittizi, attribuendo loro una concretezza immaginaria, che dia nel trattarli la confortante illusione di trattare cose reali: dal che appunto rifuggiva la mentalità di R. Felici, che [...] pur sedendo nella cattedra di fisica sperimentale non fu meno matematico che sperimentatore<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Cfr. (Puccianti 1939: 333-335-336).

### 3.1. Il percorso umano di Riccardo Felici

Nei documenti ufficiali, Riccardo Felici risulta nato a Parma l'11 giugno 1819, ma le circostanze della sua nascita risultano alquanto incerte, giacché non v'è traccia della sua nascita in documenti parmensi originali, mentre esiste un atto di battesimo, richiesto poi dallo stesso Felici, che attesta la nascita a Pisa, in quella stessa data, di Rinaldo Felice [sic], figlio di genitori incogniti. Alcune circostanze inducono a ritenere che Felici fosse il figlio illegittimo della nobildonna pisana Isabella Roncioni, personaggio dai trascorsi burrascosi che non renderebbero implausibile l'ipotesi. Di certo, v'è una "fraterna", per quanto cauta, corrispondenza con Enrichetta Bartolommei, figlia di Isabella, e non sembra casuale nemmeno la scelta del nome di Isabella per l'unica figlia di Felici. Di certo, comunque, egli trascorse l'infanzia e l'adolescenza a Parma, in condizioni a quanto pare non facili, e si iscrisse dapprima, il 30 novembre del 1838, all'Università cittadina – dove seguì, tra gli altri, gli insegnamenti di: Matematica elementare; Matematica sublime ed Elementi di astronomia; Meccanica applicata all'architettura, alla statica e all'idrodinamica; Fisica teorica e pratica; Fisica sperimentale – fin quando il professor Michele Leoni (1776-1858), che in passato era stato amante della Roncioni, lo spinse a trasferirsi, l'anno successivo, al corso di laurea in Scienze matematiche della Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, quale allievo di Filippo Corridi, Vincenzo Amici, Luigi Pacinotti, Ottaviano Frabrizio Mossotti e Carlo Matteucci. Nel suo articolato piano di studi comparvero sia insegnamenti di Fisica che di Matematica, assieme a varie altre materie tecnico-scientifiche, fino alla laurea il 12 luglio 1843, conseguita in soli tre anni anziché negli usuali quattro del corso di studi ordinario. Nel 1846, avendo già pubblicato alcuni lavori scientifici, Felici venne nominato aiuto alla cattedra di Fisica sperimentale del Matteucci, nonché esercitatore e preparatore agli esami, quindi professore aggregato nel 1856 fino al 1859 quando, per i sempre maggiori impegni politici del Matteucci, ne prese la cattedra di Fisica sperimentale – reggendo pure l'annesso Gabinetto – come professore effettivo.

Dal 1848 al 1849, partecipò, con il grado di tenente, alla Prima Guerra d'Indipendenza, combattendo valorosamente a Curtatone. Al rientro a Pisa, per le sue idee risorgimentali, venne osteggiato dalla Chiesa nel riprendere il suo posto di aiuto all'università, e fu solo per intercessione del professor Silvestro Centofanti, con cui condivideva molte idee politiche e manteneva rapporti di amicizia, che riuscì presto a ripristinare il suo iniziale ruolo accademico. Nel 1852, tenne sia per incarico che per supplenza, alcuni corsi e seminari alla Scuola Normale Superiore di Pisa, fino ad essere designato ripetitore nel 1853. Nel 1854, nominato professore aggregato, si sposa con Elisa Frullini, pisana, da cui ebbe, nel 1856, l'unica figlia, Isabella. Nei bienni 1870/71 e 1882/83, Felici fu anche Rettore dell'Università di Pisa, assumendo al contempo altre varie cariche organizzative e direttive – fra le quali, la presidenza della Facoltà di Scienze e la carica di consigliere della Scuola Normale Superiore – che lo porteranno man mano ad abbandonare la ricerca fisica attiva. Ufficialmente, lasciò l'insegnamento universitario nel 1893, quindi nominato emerito dell'Università di Pisa nel 1894.

Ebbe rapporti di amicizia e di collaborazione con numerosi scienziati italiani dell'epoca, come pure con personalità della scienza di altri paesi europei<sup>4</sup>. Molti poi furono i riconoscimenti alla carriera, fra cui: presidente della *Società Italiana di Fisica* e direttore della sua principale rivista «Il Cimento» (fondata nel 1844, e poi, dal 1855, ridenominata «Il Nuovo Cimento»), fu membro pure di varie altre società ed accademie scientifiche sia italiane che straniere, fra cui la *Società Italiana delle Scienze* di Modena (1861), la *Physical Society of London* (1868), l'*Accademia delle Scienze* di Bologna (1873), la *Physicalisch-Medicinische Gesellschaft* di Wurzburg (1874), l'*Accademia dei Lincei* (1875), l'*Istituto Veneto* (1875), l'*Accademia delle Scienze* di Torino (1881), l'*Istituto Lombardo di Scienze e Lettere* (1882), l'*Accademia Lucchese di Scienze, Lettere e Arti* (1883), come pure ebbe varie onorificenze da parte di ordini cavallereschi nonché inviti ufficiali da parte di associazioni italiane e straniere, fra le quali, nel 1899, quello della *Royal Institution of Great Britain*. Morì in località Sant'Alessio di Lucca<sup>5</sup>, il 20 luglio 1902. La sua salma fu poi tumulata al Camposanto monumentale di Pisa.

### 3.2. L'opera scientifica di Riccardo Felici

Con Felici, si ha uno dei migliori ricercatori e docenti italiani di Fisica sperimentale della seconda metà del XIX secolo, formatosi alla prima scuola italiana – dell'Ottocento – di fisica, quella pisana, che ebbe come principali maestri Mossotti, (Luigi) Pacinotti e Matteucci, alla quale conferì, per primo, carattere sperimentale coi suoi pionieristici lavori. Se spesso v'è una certa continuità di metodi e di vedute nello studio e nella ricerca scientifica all'interno di una scuola di pensiero, a maggior ragione in ambito scientifico, questo non può dirsi del Felici rispetto al suo maestro, Carlo Matteucci. Infatti, le peculiarità caratteriali di quest'ultimo erano senz'altro all'origine delle molte e rapide iniziative che egli prendeva sia nel contesto scientifico e di ricerca che in quello politico-organizzativo ed istituzionale, in cui spesso prevaleva – soprattutto nel primo – una tendenza poco meditata e scarsamente autocritica verso la scoperta sperimentale immediata, unico suo obiettivo a cui spesso non faceva seguito né un adeguato inquadramento teorico né tantomeno una seppur minima riflessione critica.

Del tutto opposto era invece il temperamento del Felici, che, nelle parole di Alfredo Po-chettino, lo descrive come: «[...] di carattere calmo, modesto, costante; spirito metodico, critico, ingegno singolarmente acuto e disciplinato, cauto, equilibrato, talvolta anche scettico, contemperante in giusta misura nella ricerca l'elemento sperimentale e quello matematico. Uomo di raziocinio, il Felici non legò il suo nome ad un fenomeno da lui scoperto; ma le sue ricerche fondamentali sulle correnti d'induzione sono condotte con tale perfezione di

<sup>4</sup> Si rimanda ai documenti dell'Archivio "Riccardo Felici", depositato presso l'Università di Pisa, per le relative fonti comprovanti quanto qui di seguito affermato.

<sup>5</sup> Nel necrologio pubblicato sul giornale politico e amministrativo di Pisa, «Il Ponte di Pisa», nell'edizione di domenica 27 luglio 1902, fascicolo 30, c'è scritto che «[Felici] Fu scienziato di alto valore; dette alla fisica impulso sperimentale, ed educò alla scuola insigne illustri allievi che il nome del maestro hanno fatto più chiaro colle opere loro. Dell'Università di Pisa certo Egli fu lustro e decoro. Modesto, appartato da ogni rumore, nemico di ogni frastuono, condusse la vita intemerata fra gli affetti della famiglia e gli studi prediletti». Per questi motivi, la biografia umana del Felici non è molto ampia e dettagliata, ma essenziale e semplice.



metodo che meritavano l'onore di essere inserite nella collezione *Klassiker der exakten Wissenschaften* edita da Ostwald»<sup>6</sup>.

I suoi primi lavori di fisica risalgono agli anni immediatamente successivi alla laurea, con una prima memoria, del 1844, in cui esprimeva le sue considerazioni critiche, prettamente teoriche, in merito a delle ricerche condotte dal medico, biologo e fisiologo francese Henri Dutrochet su alcuni fenomeni di idrodinamica che egli spiegava introducendo *ad hoc* una nuova forza – detta *epipolica* – laddove il Felici invece le riconduceva all'azione delle forze di capillarità. Nominato quindi aiuto del Matteucci nel 1846, il Felici poté subito avvalersi della sperimentazione diretta, supportata dal prezioso lavoro del tecnico di laboratorio Mariano Pierucci, nel corroborare le sue considerazioni teoriche, cosicché pubblica, nel 1846, un secondo lavoro, più sperimentale, su alcuni fenomeni di termoelettricità del mercurio, dimostrando come la conducibilità elettrolitica poteva instaurarsi non solamente con la presenza di un gradiente termico ma necessariamente in concomitanza a fenomeni di ionizzazione della sostanza conduttrice.

L'anno successivo, continuando con studi e ricerche su fenomeni elettrochimici, pubblica un terzo lavoro su circuiti elettrici formati da elementi galvanici, mentre, nel 1850, pubblica un lavoro sulla propagazione della corrente elettrica all'interno di un conduttore di forma sferica<sup>7</sup>, quindi, nel 1851, in continuazione di quanto già fatto nei precedenti, pubblica un altro lavoro di elettrochimica in cui studia pure l'influenza dei fenomeni termici sulla conduzione elettrica nei liquidi, pervenendo, per la prima volta, a determinare la modalità di variazione con la temperatura della f.e.m. di polarizzazione. Si tratta, in buona sostanza, di lavori, questi, prettamente sperimentali, con aggiunte delle considerazioni teoriche non formali. Nello stesso anno – il 1851 – viene pubblicato pure un primo lavoro incentrato sulla spiegazione di fenomeni di induzione elettrodinamica, l'anno successivo poi tradotto e ripubblicato in francese nei famosi *Annales de chimie et de physique*, e noto anche a Maxwell<sup>8</sup>. Quest'ultima pubblicazione segnerà l'inizio della principale sequenza di lavori, che terminerà nei primi anni '60, sull'induzione elettrodinamica, e che consacreranno il Felici fra i grandi della storia dell'elettrodinamica.

Nei primi anni '50, dunque, Felici intraprende uno studio dei fenomeni elettromagnetici secondo un approccio sperimentale analogo a quello adoperato negli anni '20 da André-Marie Ampère nello studiare i fenomeni di attrazione e di repulsione fra elementi lineari di circuiti elettrici. Felici iniziò con una serie di esperienze in cui sistematicamente investigò le possibili variazioni dell'intensità delle correnti inducente e indotta al variare della natura, la grandezza, la posizione relativa e la forma dei circuiti elettrici inducente e indotto, pervenendo così ad una nuova teoria dell'induzione elettromagnetica che contribuì molto a completare il quadro teorico in cui collocare i fenomeni di induzione elettromagnetica, a cui contribuirono

<sup>6</sup> Cfr. Pochettino A., *Riccardo Felici*, in «L'Elettrotecnica», XVII, 21, (1930), p. 487.

<sup>7</sup> Con questo lavoro, il Felici contribuisce considerevolmente, ancor prima dei pionieristici lavori di G.R. Kirchhoff del 1857, sul calcolo della distribuzione delle cariche elettriche in conduttori di forma sferica.

<sup>8</sup> Citato nella Parte II del lavoro seminale *A Dynamical Theory of Electromagnetic Field*, del 1864. D'altra parte, come ricordano (Agastra & Selleri 2012: 250), Maxwell era in corrispondenza con Matteucci, che dunque, per quanto era possibile, lo teneva al corrente della fisica italiana.

soprattutto M. Faraday, F.E. Neumann, W.E. Weber e H.F. Lenz, oltrech  V. Antinori, L. Nobili, J. Henry, C.G. Page, F.W.H. Beetz, J-M. Gaugain e H.L. von Helmholtz.

Ma ci  che maggiormente distingue l'opera del Felici rispetto ai contributi, senz'altro notevoli, di quest'altri autori,   il metodo di lavoro con cui pervenne alla formulazione della sua teoria. Invero, soprattutto le teorie di Neumann, Lenz e Weber, presero le mosse da particolari ipotesi *ad hoc*, aventi pi  una natura aprioristica e giustificativa che una ragionevole motivazione fisica. Invece, il Felici, sulla base preliminare di semplici ma cruciali esperienze fisiche elementari, pervenne, analogamente al metodo seguito da Amper  negli anni '20 (come sopra accennato), alla costruzione formale – matematica – di una teoria generale dell'induzione elettromagnetica<sup>9</sup>, evitando il ricorso a previe ipotesi artificiose, non appurate sperimentalmente<sup>10</sup>. Questa teoria di Felici verr  poi ripresa da J.C. Maxwell nel costruire la sua teoria generale dell'elettromagnetismo<sup>11</sup>, come anche da A. Roiti, L. Puccianti e G. Polvani, che confermarono ulteriormente molti aspetti del lavoro di Felici. E proprio grazie a questi importanti risultati, Felici divenne, nel 1859, ordinario di Fisica sperimentale e direttore del laboratorio di fisica dell'Universit  di Pisa.

E proprio durante il periodo in cui vennero condotte queste pionieristiche ricerche sperimentali sulle correnti d'induzione, il Felici pubblic  dei lavori in cui spiegava, attraverso il ritardo dell'induzione elettromagnetica, la presenza di certe dissimmetrie nelle azioni meccaniche esercitantesi fra una data sfera conduttrice rotante ed un magnete disposto normalmente all'asse di rotazione di questo conduttore solido, nel caso in cui la velocit  angolare aumentava considerevolmente. E proprio da questi studi, anche ammettendo – e questo fu l'unico caso di trattazione fisico-matematica piuttosto che fisico-teorico di un problema empirico, condotta dal Felici – ipotesi non direttamente legate a fatti sperimentali, Felici pervenne pure ad una ingegnosa teoria del diamagnetismo.

Dai primi anni '60 in poi, egli indirizz  i suoi interessi verso altre questioni di elettromagnetismo, acustica ed ottica. Con i lavori degli anni compresi fra il 1862 e il 1866, Felici appronta, sulla base dei precedenti lavori sull'argomento, delle esperienze di laboratorio per la stima della velocit  della corrente elettrica, riuscendo, al contempo, a descrivere alcuni particolari della fenomenologia delle scintille elettriche, loro natura e durata, attraverso congeniali apparati tecnico-sperimentali da lui stesso approntati. Negli stessi anni,

<sup>9</sup> In (Enriques & De Santillana 1973), nel discutere dei lavori storici sull'induzione elettromagnetica, si menziona, oltre i classici nomi di Faraday, Neumann, Lenz, Weber e Felici, pure Mossotti, specificando la natura di lavori di fisica teorica da loro compiuti, quindi si menzionano le relative successive applicazioni tecniche di Antonio Pacinotti e Galileo Ferraris.

<sup>10</sup> Come hanno osservato, in loro rispettivi ricordi di Felici, sia Battelli che Pochettino, l'artificialit  delle ipotesi delle precedenti teorie sull'induzione elettromagnetica era tale che, anche mutando surrettiziamente dal solo punto di vista matematico le relative formule teoriche di queste teorie (ad esempio, aggiungendo opportuni termini formali ausiliari che poi, nei procedimenti d'integrazione, non fornivano alcun effettivo contributo formale al risultato fisicamente significativo, i.e. la f.e.m. indotta), sempre si riuscivano a trovare pure degli artifici sperimentali tramite i quali era ancora possibile mantenere il dovuto accordo fra dati sperimentali e previsioni teoriche, sicch  nulla cambiava nell'impianto teorico di queste teorie fisiche se variava l'insieme delle loro ipotesi di base, ad esempio aggiungendovi qualsivoglia nuova ipotesi legata appunto solo a questi termini matematici ausiliari i quali potevano essere dunque scelti in modo cos  arbitrario da risultare privi di qualsiasi significato fisico consistente (Battelli 1902: 239; Pochettino 1930: 488).

<sup>11</sup> Cfr. (Agastra & Selleri 2012).

pubblica, sulla scorta di quanto aveva già iniziato il suo maestro Carlo Matteucci, dei lavori inerenti alcune esperienze di laboratorio – costruendo, a tale scopo, un proprio elettrometro speciale basato su una bilancia di torsione<sup>12</sup> – sul comportamento fisico di dielettrici in presenza di altri corpi elettrizzati, con particolare attenzione al caso del coibente inserito fra i due conduttori di un condensatore, come pure pubblicò altri notevoli lavori sulla possibilità di avere fenomeni di polarizzazione dei dielettrici, ipotesi quest'ultima già avanzata da Amedeo Avodagro, quindi ripresa e ulteriormente sviluppata da G. Belli, M. Faraday e soprattutto da Mossotti ma da un punto di vista più teorico che empirico, lasciando così incomplete numerose questioni a cui risposero, con acume e originalità, i lavori sperimentali del Felici, che si protassero fino agli ultimi anni della sua attività di ricerca, portando, così, la polarizzazione dei dielettrici da semplice ipotesi *ad hoc* a realtà fisica valutabile sperimentalmente, confermando però molti aspetti teorici della teoria fisico-matematica del Mossotti.

Dopodiché, si ricordano alcune memorie sia sulla determinazione della forma geometrica di alcune superfici di liquidi modellate per l'azione di forze di capillarità, che sulla rappresentazione grafica della legge delle oscillazioni di un corpo elastico, tutti lavori questi pubblicati fra gli anni '60 e i primi anni '70. Quindi, verso la metà degli anni '70, per lo studio della legge di smagnetizzazione di certi materiali ferromagnetici (caso più complicato rispetto a quello di sostanze diamagnetiche e paramagnetiche), il Felici pensò ed ideò, assieme al tecnico del laboratorio fisico Mariano Pierucci, un apposito interruttore produttore un'intermittenza rapida (ad intervalli di ampiezza pari a 1/20.000 secondi) nelle correnti indotte fra due solenoidi concentrici in cui inserire un cilindretto di ferro. Ad un solenoide era collegata una pila, all'altro un galvanometro, cosicché, chiudendo il circuito della pila, il ferro si magnetizzava, inducendo così una corrente elettrica nell'altro solenoide collegato al galvanometro. L'interruttore approntato dal Felici, con il supporto tecnico del Pierucci, permetteva così di regolare appositamente i tempi di apertura e chiusura di questi due circuiti in modo da poter stimare nonché regolare i tempi di magnetizzazione e smagnetizzazione del tondino di ferro, quindi valutare le intensità delle varie correnti in gioco, le quali obbedivano a leggi della forma  $Ae^{-\alpha t}$  con  $A$  ed  $\alpha$  costanti numeriche non nulle. Queste esperienze, le quali verranno peraltro riprese ed estese da alcuni allievi del Felici<sup>13</sup>, possono considerarsi storicamente come prime esperienze in parte antesignane delle successive ricerche e teorie sulla smagnetizzazione dei materiali ferromagnetici, le quali sono principalmente basate proprio sull'uso di campi magnetici alternati di intensità decrescente, resi quest'ultimi necessari dall'occorrenza di fenomeni d'isteresi magnetica<sup>14</sup>.

Infine, si rammentano pure alcuni lavori minori, compiuti fra gli anni '70 e '80, su delle esperienze di laboratorio: i) per lo studio del potenziale di un conduttore in movimento sotto

<sup>12</sup> Cfr. pp. 11-12 di Donati L., *Sulla misura elettrostatica delle forze elettromotrici d'induzione - Studi sperimentali*, in «Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze», Serie I, 2, (1879), pp. 1-82.

<sup>13</sup> Quest'esperienze, pensate inizialmente per una verifica delle formule di Helmholtz sulla variabilità temporale delle correnti indotte, diede luogo ad altre, nuove formule empiriche che furono, qualche anno dopo, confermate da H. Schneebeli.

<sup>14</sup> Che, come vedremo (cfr. successivo § 9), costituiranno peraltro argomenti di ricerca di alcuni allievi del Felici, fra cui Bazzi e Cobianchi.

l'influenza di un campo magnetico; ii) sulla teoria della propagazione dell'elettricità in una sfera conduttrice omogenea quando gli elettrodi sono collocati sulla sua superficie; iii) per investigare altri aspetti fenomenologici dell'induzione elettromagnetica; iv) per lo studio di fenomeni elettromagnetici di fluidi in movimento; v) sulle "forze amperiane"; vi) per lo studio delle vibrazioni delle corde, nonché si ricordano pure alcune memorie su tematiche di termodinamica, acustica ed ottica, molte delle quali costituirono l'argomento di tesi dei suoi studenti ed allievi.

Ad ogni modo, da un esame retrospettivo dell'elenco dei suoi lavori, e come già anticipato sia nella premessa che nell'introduzione a questo libro, si ribadisce ancora una volta quale particolare attenzione il Felici riponesse sul precipuo ed indissolubile rapporto fra matematica e fisica<sup>15</sup>, visto non da una prospettiva assiomatica di tipo fisico-matematica, quale fu quella assunta per esempio da Neumann, Weber e Lenz nelle loro ricerche sull'induzione elettrodinamica, ma piuttosto da una prospettiva più propriamente fisico-teorica, prendendo le mosse da ipotesi teoriche aventi una chiara e precisa base sperimentale e non formulate in modo aprioristico e fideistico, quindi non fattuali. Questa posizione epistemologica del Felici, noi presupponiamo probabilmente scaturì da una fruttuosa combinazione sinergica fra gli insegnamenti ricevuti sia dal Mossotti che dal Matteucci, maturando così un sicuro, fermo e profondo convincimento in un necessario connubio fra matematica e fisica condotto più secondo le prescrizioni galileiane della fisica moderna piuttosto che dalla prospettiva assiomatica tipica della fisica matematica.

### 3.3. Pubblicazioni di Riccardo Felici

Qui di seguito presentiamo un elenco completo (al meglio delle nostre conoscenze) di tutti i lavori scientifici e le opere pubblicati dal Felici.

Titolo	Rivista	N.	Pag.	Anno
Alcune osservazioni intorno alle nuove ricerche del Sig. Dutmechet sulla forza epipodica	Cimento			1844
Nota sulla termo-elettricità del mercurio	Cimento			1846
Sul circuito galvanico	Cimento			1847
Sulla propagazione della corrente elettrica nell'interno di una sfera	Annali Tortolini			1850
Memoria sulle polarità galvaniche e sull'influenza del calore nella propagazione della corrente elettrica nei liquidi	Ann. Un. Toscane			1851
Saggio di una spiegazione dei fenomeni d'induzione elettro-dinamica	Ann. Un. Toscane			1851

<sup>15</sup> Infatti, nelle parole di Luigi Puccianti, «col Felici la [...] scuola [di fisica pisana] raggiunse la massima fusione dell'esperimento con la matematica e che egli pur sedendo nella cattedra di fisica sperimentale non fu meno matematico che sperimentatore» (Puccianti 1939: 335-36).

Mémoire sur l'induction électro-dynamique	Ann. ch. phys.			1852
Note sur les phénomènes d'induction	Ann. ch. phys.			1853
Saggio di un'applicazione del Calcolo alle correnti indotte dal magnetismo in movimento	Annali Tortolini			1853
Sopra i fenomeni d'induzione della bottiglia di Leyda	Annali Tortolini			1853
Sulla teoria matematica delle correnti indotte in un corpo di forma qualunque	Annali Tortolini			1854
Sulla propagazione della corrente in una sfera	Annali Tortolini			1854
Sulla teoria matematica della induzione elettrodinamica	Ann. Un. Toscane			1854
Terza memoria sull'induzione	Ann. Un. Toscane			1854
Sur les courants induits par la rotation d'un conducteur autour d'un aimant	Ann. ch. phys.			1855
Ricerche sulle leggi generali della induzione elettrodinamica	Nuovo Cim.	1	325	1855
Esperienze sopra un caso di correnti indotte, nel quale sarebbero nulle le forze elettro-d. esercitate dal conduttore inducente sull'indotto qualora fosse percorso da una corrente	Nuovo Cim.	2	321	1855
Sulle leggi delle scariche indotte dalla bottiglia di Leida	Nuovo Cim.	3	208	1856
Osservazioni sopra l'interpretazione di alcune esperienze moderne di elettro-statica	Nuovo Cim.	4	266	1856
Sulla legge di Lenz, e sopra alcune recenti esperienze del prof. Matteucci sull'induzione elettrodinamica	Nuovo Cim.	3	198	1856
Memoire sur la loi de Lenz	Ann. ch. phys.			1857
Esp. sur un cas d'induction où serait nulle l'action e.d. exercée par l'aimant inducteur, si le circuit était traversé par courant	Ann. ch. phys.			1857
Sur la cause des courants que l'on obtient dans un circuit dont les bouts immobiles s'appuient sur un conducteur tournant autour de l'axe d'un aimant cylindrique	Ann. ch. phys.			1859
Esperienza sopra un caso singolare della induzione elettrodinamica	Nuovo Cim.	9	75	1859

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Nota sopra una osservazione del Sig. A. De La Rive ad una delle esperienze fondamentali della teoria dell'induzione elettro-din	Nuovo Cim.	9	345	1859
Esperienze che dimostrano che quando un corpo ruota sotto la influenza di una calamita, la forza fra la calamita e il corpo è repulsiva od attrattiva a seconda della direzione del moto	Nuovo Cim.	10	5	1859
Sulla spiegazione del diamagnetismo, partendo dalla teoria dell'induzione elettro-dinamica	Nuovo Cim.	9	16	1859
Esperienze sulla velocità della elettricità, e sulla durata della scintilla	Nuovo Cim.	15	339	1862
Esperiences sur la vitesse de l'électricité et sur la durée de l'étincelle	Ann. ch. phys.			1862 1863
Nuove esperienze sopra la velocità della elettricità e sulla durata della scintilla	Nuovo Cim.	17	28	1863
Rivista di lavori sulla elettro-dinamica pubblicati all'estero	Nuovo Cim.	19	202	1864
Rivista di lavori sulla elettro-dinamica, pubblicati all'estero; (continuazione)	Nuovo Cim.	19	307	1864
Cenni di alcune esperienze di elettricità	Nuovo Cim.	19	345	1864
Cenni di alcune esperienze di elettricità; (continuazione)	Nuovo Cim.	20	73	1864
Rivista di lavori sulla elettro-dinamica, pubblicati all'estero; (continuazione e fine)	Nuovo Cim.	20	173	1864
Cenni di alcune esperienze di elettricità (continuazione)	Nuovo Cim.	22	380	1865
Cenni di alcune esperienze sulle superficie di capillarità	Nuovo Cim.	24	151	1866
Nuove esperienze sopra la velocità della elettricità e sulla durata della scintilla	Ann. Un. Toscane			1866
Esperienze per determinare la legge di oscillazione di un corpo elastico	Ann. Un. Toscane			1867
Esperienze per determinare la legge di oscillazione di un corpo elastico	Nuovo Cim.	26	255	1867
Sulle azioni elettriche dei corpi non conduttori soggetti alla influenza di un corpo elettrizzato; (Prima memoria)	Nuovo Cim.	6	5	1871
Nota al precedente lavoro del Sig. Helmholtz	Nuovo Cim.	6	71	1871
Sulle azioni elettriche dei corpi non conduttori soggetti alla influenza di un corpo elettrizzato (continuazione e fine)	Nuovo Cim.	6	73	1871

Esperienze sul tempo impiegato da un coibente per ritornare allo stato naturale, cessata che sia l'azione inducente esteriore	Nuovo Cim.	10	84	1873
Esperienze sulle forze elettromotrici indotte da un solenoide chiuso	Nuovo Cim.	9	5	1873
Sopra un nuovo interruttore e sul suo uso in alcune esperienze di induzione	Nuovo Cim.	12	115	1874
Modificazioni all'interruttore galvanico				1874
Exposé de quelques experiences qui interessent la théorie de l'induction	Journal de Phys.			1875
Un'altra esperienza sulla ruotazione del conduttore radiale	Nuovo Cim.	13	224	1875
Esperienza sull'azione esercitata da un corpo dielettrico in movimento sopra un corpo elettrizzato	Nuovo Cim.	16	73	1876
Notizie sulla vita e sugli scritti di Carlo Matteucci	Mem. Soc. XL			1876
Alcune avvertenze sopra una nota pubblicata nell'anno 1856 nel Nuovo Cimento, relativamente alla induzione elettrostatica	Nuovo Cim.	15	255	1876
Sopra un'esperienza di Ampère	Journal de Phys.			1876
Appunti per lezioni di fisica sperimentale	Pisa			1884
Sul potenziale di un conduttore in movimento sotto la influenza di un magnete	Nuovo Cim.	24	32	1888

### 3.4. Aiuti, assistenti, macchinisti

Di seguito, un elenco degli aiuti, assistenti, meccanici e tecnici di laboratorio del Felici, desunto dagli Annuari dell'Ateneo pisano e del Ministero dell'Istruzione (Roma).

A.A.	Aiuto	Assistente	Macchinista
1860/61	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1861/62	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1862/63	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1863/64	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1864/65	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1865/66	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1866/67	Cocchi Olinto		Pierucci Mariano
1867/68	Golfarelli Innocenzo		Pierucci Mariano

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1868/69	Roiti Antonio		Pierucci Mariano
1869/70	Roiti Antonio		Pierucci Mariano
1870/71	Roiti Antonio		Pierucci Mariano
1871/72	Donati Luigi		Pierucci Mariano
1872/73	Donati Luigi		Pierucci Mariano
1873/74	Donati Luigi		Pierucci Mariano
1874/75	Donati Luigi		Pierucci Mariano
1875/76	Donati Luigi		Pierucci Mariano
1876/77	Bazzi Eugenio (inc)		Pierucci Mariano
1877/78			Pierucci Mariano
1878/79	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1879/80	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1880/81	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1881/82	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1882/83	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1883/84	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1884/85	Bazzi Eugenio		Pierucci Mariano
1885/86	Bazzi Eugenio		Pierucci Giuseppe
1886/87	Bazzi Eugenio	Pitoni Rinaldo	Pierucci Giuseppe
1887/88		Pitoni Rinaldo	Pierucci Giuseppe
1888/89	Paladini B		Pierucci Giuseppe
1889/90	Paladini B		Pierucci Giuseppe
1890/91	Crescini Ezio		Pierucci Giuseppe
1891/92	Crescini Ezio	Bartorelli Antonio	Pierucci Giuseppe
1892/93	Crescini Ezio	Bartorelli Antonio	Pierucci Giuseppe

### 3.5. Cenni bio-bibliografici su allievi, assistenti e collaboratori di Riccardo Felici

Dopo gli anni '70 circa dell'Ottocento, la ricerca fisica attiva del Felici andò gradualmente a scemare, ragion per cui molti studenti iscritti al corso di laurea in Fisica, già a partire dalla loro tesi di laurea, si rivolgeranno ai fisici matematici della Facoltà di Scienze, soprattutto Betti e Volterra, i quali stavano creando le basi per la nascita di un'importante scuola di Fisica matematica. Molti degli argomenti di tesi, assegnati da Volterra, peraltro continueranno sulla scia di alcune grandi linee di ricerca già aperte e tracciate dal Felici, quali la teoria dell'induzione elettromagnetica e la teoria del magnetismo. Ciò spiega pure perché la maggior parte delle tesi assegnate da Felici nel periodo che va dagli anni '70 in poi, siano perlopiù compilative e non originali. È peraltro molto probabile che anche le tesi assegnate dal Betti possono essere state, in una qualche maniera, discusse col Felici.



Qui di seguito, si riportano brevi notizie bio-bibliografiche sia di quegli studenti che si laurearono con Felici sia di quelli che, in un certo qual modo, anche se laureatosi con altri relatori (soprattutto fisici-matematici), hanno avuto comunque una qualche forma di relazione accademica (didattica o di ricerca), più o meno diretta, con Felici. A questa lista, verranno aggiunti pure ricercatori, studiosi e collaboratori che ebbero comunque a lavorare col Felici, anche se non furono suoi diretti studenti, in quanto provenienti anche da altre sedi universitarie, ma che ebbero ciononostante dei contatti con Felici. Altresì nominati saranno matematici e fisici matematici che si formarono nell'ambiente culturale pisano nella seconda metà dell'Ottocento, periodo in cui, per l'Università di Pisa, il Felici era comunque una delle solide figure di riferimento e personalità di rilievo presenti nell'ambito della Facoltà di Scienze (e non solo) a cui era sempre possibile rivolgersi<sup>16</sup>, quando ancora studiosi come Betti, Volterra, Ricci Curbastro, Bianchi, Dini, Somigliana, Padova ed altri, erano agli inizi della loro carriera o si stavano formando, per raggiungere poi, di lì a breve, quei livelli a tutti noi oggi noti di rinomanza internazionale.

**Emilio Villari**<sup>17</sup> (Napoli, 25/9/1836 – Napoli, 20/8/1904). Conseguì la laurea in Medicina e Chirurgia all'Università di Firenze nel 1860, nel contempo avendo conosciuto il Felici, con cui studiò fisica. Dopo un periodo di studi e di ricerche in Germania presso H.G. Magnus, nel 1864 rientrò in Italia, dove compì importanti esperienze sul ferromagnetismo e la magnetomeccanica, pervenendo a tra l'altro a quel fenomeno poi noto come *effetto Villari*, avendo seguito alcune delle linee di ricerca del Felici. Insegnante, dal 1865 in poi, nei Licei e negli Istituti tecnici di Firenze, nel 1889 passò ad insegnare Fisica sperimentale all'Università di Napoli, fino alla morte prematura.

**Olinto Cocchi** (? – ?). Per scarsità di informazioni bio-bibliografiche, si può solo presumere che sia stato il primo assistente di Felici approssimativamente nel periodo compreso fra il 1859 ed il 1866, con alcuni lavori di idrodinamica e meteorologia pubblicati a partire dal 1855.

**Antonio Ròiti** (Argenta (FE), 26/5/1843 – Roma, 8/11/1921). Dopo gli studi superiori a Venezia e Lubiana (in Slovenia), ebbe dapprima un impiego ministeriale a Torino, quindi svolse un periodo di insegnamento della Lingua italiana in Germania, per essere infine pure precettore in un collegio di Milano, fin quando, nel 1864, si iscrisse al corso di laurea in Matematica dell'Università di Pisa, laureandosi nel 1868 con una dissertazione finale sull'idrodinamica teorica. Fu subito nominato aiuto di Felici alla cattedra di Fisica e, dopo solo qualche mese di insegnamento all'Istituto Navale di Livorno, passò, nel 1871, all'Istituto Tecnico di Firenze rimanendovi fino al 1877 quando vinse un concorso come ordinario all'Università di Palermo. Nel 1879 assunse la cattedra di Fisica dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze, dove rimase fino al 1913, quando venne collocato a riposo e nominato professore emerito. I suoi studi e le sue ricerche riguardarono prevalentemente l'elettromagnetismo<sup>18</sup> (nella linea di Felici) e

<sup>16</sup> Cfr. (Ròiti 1902: 291).

<sup>17</sup> Fratello dello storico Paquale Villari (Napoli, 3/10/1827 – Firenze, 7/12/1917), professore di Storia all'Università di Pisa dal 1859 al 1865, poi all'Istituto di Studi Superiori di Firenze, fino al 1913. Dal 1862 al 1865 diresse pure la Scuola Normale Superiore di Pisa.

<sup>18</sup> Nel 1873, Ròiti criticò (giustamente, viste poi le successive teorie relativistiche) l'ipotesi di H. Fizeau sull'esistenza di correnti elettriche prodotte dal trascinamento dell'etere, ma le sue argomenta-

l'elettrotecnica<sup>19</sup>, come pure la fluidodinamica, l'acustica e la spettroscopia. Fu uno principali eredi spirituali del suo maestro.

**Ernesto Padova** (Livorno, 17/2/1845 – Padova, 9/3/1896). Iscrittosi all'Università di Pisa nel 1862, quale convittore pure della Scuola Normale Superiore dal 1863, si laureò nel 1866, sotto la guida sia di Enrico Betti che di Eugenio Beltrami<sup>20</sup>, con una tesi sull'equilibrio di fluidi autogravitanti (una delle linee di ricerca di Betti). Dopo qualche anno di insegnamento nei licei, nel 1869 è nominato insegnante interno alla Scuola Normale Superiore di Pisa, quindi, nel 1872, professore straordinario di Meccanica razionale all'Università di Pisa, fino al 1881, quando diviene ordinario. Nel 1882, si trasferisce alla cattedra di Meccanica superiore dell'Università di Padova, quindi, nel 1892, a quella di Meccanica razionale, che tenne fino alla morte prematura, avvenuta a Padova il 9 marzo 1896. Molti dei suoi risultati, perlopiù ottenuti in geometria differenziale, meccanica dei continui e fisica matematica nel suo periodo padovano, riguardarono alcuni campi di ricerca dei suoi maestri, Betti e Beltrami. A Padova, invero, egli approfondì queste tematiche, anche assieme al suo allievo pisano Gregorio Ricci-Curbastro, poi suo collega nell'Ateneo patavino, contribuendo così allo sviluppo del calcolo differenziale assoluto. Allievo del Padova fu peraltro Tullio Levi-Civita.

**Luigi Pinto** (Castellana (BA), 6/5/1846 – Castellana (BA), 27/2/1920). Laureatosi all'Università di Pisa nel 1869, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore, si dedicò subito all'insegnamento nelle scuole medie, fin quando, nel 1876, fu dapprima incaricato di Fisica matematica, straordinario nel 1879, quindi ordinario, nel 1886, all'Università di Napoli dove rimase fino al pensionamento e di cui fu pure Rettore negli anni 1899-1901. Fu altresì socio dell'Accademia delle Scienze di Napoli, dell'Accademia Pontaniana, della Società Reale di Napoli.

**Luigi Donati**<sup>21</sup> (Fossombrone (PU), 4/4/1846<sup>22</sup> – Bologna, 7/3/1932). Dopo gli studi liceali nel suo paese natale, nel 1867 si iscrisse alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, quale convittore della Scuola Normale Superiore, dove ebbe come docenti Betti, Dini e Felici,

zioni – corrette e sperimentalmente fondate – vennero tuttavia attaccate dal fisico svedese Erik Edlund, definendole “inammissibili” (Reeves Buck 1980).

<sup>19</sup> Ròiti svolse pure importanti lavori sperimentali di metrologia sulla campionatura dell'ohm (Derenzini 1956).

<sup>20</sup> Eugenio Beltrami (Cremona, 16/11/1835 – Roma, 18/2/1900), dopo aver studiato a Pavia con Francesco Brioschi ed aver poi lavorato all'Osservatorio astronomico di Brera, ottiene nel 1862 una cattedra di Algebra e Geometria analitica, come professore straordinario, a Bologna, per poi passare, nel 1864, alla cattedra di Geodesia di Pisa, divenendo collega di Enrico Betti (che influì pure, assieme alla presenza di Riemann a Pisa, ospite di Betti, sui suoi successivi interessi di ricerca ricadenti in geometria differenziale applicata alla fisica matematica), quindi ritorna a Bologna, nel 1867, alla cattedra di Meccanica razionale, passando, nel 1873, alla stessa cattedra dell'Università di Roma. Nel 1876, Pavia gli conferisce la cattedra di Fisica matematica, ma vi rimane fino al 1891, quando nuovamente ritorna a Roma, dove rimarrà fino alla morte. Notevoli i suoi studi in geometria e in fisica matematica.

<sup>21</sup> Da non confondere con Giovan Battista Donati (Pisa, 16/12/1826 – Firenze, 20/9/1873), laureatosi in Scienze fisiche e matematiche a Pisa con Matteucci e Mossotti, si trasferì subito dopo a Firenze, come assistente di Giovanni Battista Amici all'Osservatorio astronomico di Firenze. Importanti furono i suoi studi in spettroscopia applicata all'astronomia.

<sup>22</sup> Secondo altre fonti, sarebbe nato il giorno successivo (5/4/1846).

laureandosi in Fisica nel 1871, e divenendo quindi assistente di Felici fino al 1876, quando fu nominato docente di Fisica al R. Istituto Tecnico Superiore di Milano. L'anno seguente si trasferì a Bologna come professore straordinario di Fisica tecnica prima ed elettrotecnica poi alla Scuola d'Applicazioni per Ingegneri dell'Università di Bologna, al contempo tenendo pure l'incarico d'insegnamento di Fisica matematica alla Facoltà di Scienze, fino al 1921, quando venne collocato a riposo. I suoi studi e le sue ricerche furono incentrati soprattutto sulla teoria dell'elasticità, sull'elettromagnetismo e sull'elettrotecnica, spesso sulla scia delle ricerche precedentemente svolte dai suoi maestri, Betti e Felici<sup>23</sup>.

**Giovanni Pennacchiotti** (Arcevia (AN), 25/7/1850 – Roma, 21/8/1916). Allievo della Scuola Normale Superiore (1869-74), laureato all'Università di Pisa nel 1874, passò poi all'insegnamento nelle scuole statali fino al 1888, quando vinse un concorso per una cattedra di Meccanica razionale all'Università di Catania, dove rimase fino al pensionamento. Si interessò perlopiù di elasticità.

**Giuseppe Poloni** (Martinengo (BG), 22/10/1851, Martinengo (BG), 1/1/1887). Frequenta il Liceo Classico a Bergamo, quindi, ammesso al collegio Ghislieri di Pavia, frequenta il primo biennio del corso di laurea in Matematica dell'Università di Pavia per completare poi gli ultimi due anni alla Scuola Normale Superiore di Pisa, laureandosi nel 1873 con una dissertazione finale sulla teoria meccanica del calore. Dopo un breve periodo di insegnamento nei Licei di Catania, ritornò a Pisa in qualità di aiuto del Felici, quindi, dal 1875 in poi, ritornò all'insegnamento nei licei, prima a Pavia poi a Palermo, per finire quindi a Milano, dove diventerà incaricato di Fisica tecnica all'Istituto Tecnico Superiore. Nel 1885 gli venne affidata la cattedra di Fisica dell'Università di Modena. Intensa fu la sua attività di ricerca, nonostante la morte prematura, soprattutto quella iniziata a Pisa subito dopo la laurea, sotto la guida di Felici, e poi condotta con Donati e Adolfo Bartoli. Ròiti anzi ricorderà Poloni, Bartoli e Donati come i principali assistenti che furono alla cattedra di Fisica sperimentale del Felici. Successivamente, lasciata Pisa, collaborò pure con Giuseppe Pisati. I suoi studi e le sue ricerche riguardarono anzitutto l'elettromagnetismo, negli indirizzi di ricerca aperti dal Felici, da ricordare soprattutto quelli inerenti le relazioni fra temperatura e magnetizzazione, lavori che avranno poi una conferma dai pionieristici studi condotti da P. Curie sul magnetismo<sup>24</sup>.

**Adolfo Bartoli** (Firenze, 19/3/1851 – Pavia, 18/7/1896). Ammesso alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1869, si laurea in Fisica e Matematica nel 1873, avendo avuto Betti e Felici come docenti. Dopodiché, fu assistente di Emilio Villari a Bologna fino al 1876 quando andò ad insegnare Fisica all'Istituto Tecnico di Arezzo. Nel 1878 insegnò all'Università di Sassari, per poi tornare a Firenze, nel 1879, alla cattedra di Fisica dell'Istituto Tecnico. Nel 1886 insegnò all'Università di Catania dove rimase fino al 1893 quando fu chiamato a Pavia per succedere alla cattedra che fu di Giovanni Cantoni, quando morì improvvisamente nel 1896. La sua attività scientifica si focalizzò soprattutto attorno all'elettromagnetismo e la termodinamica (l'irraggiamento delle onde elettromagnetiche, in particolare, con importanti studi

<sup>23</sup> Cfr. Rimini C., *In memoria di Luigi Donati*, in «Il Nuovo Cimento», IX (1932), pp. 189-195.

<sup>24</sup> Cfr. Serra Perani L., *Giuseppe Poloni e gli studi sul magnetismo*, in «Atti dell'Ateneo di Scienze, Lettere e Arti di Bergamo», LXXV (2012-13), pp. 267-274.

sulla pressione di radiazione e i suoi aspetti termodinamici)<sup>25</sup>, l'elettrochimica (con lavori che precorsero la teoria della dissociazione elettrolitica), l'ottica e la calorimetria, con parecchi lavori molti dei quali scritti in collaborazione con Enrico Stracciati.

**Giuseppe Bongiovanni** (Lugo (RA), 26/7/1851 – Siena, 24/8/1918). Dopo aver intrapreso gli studi universitari a Bologna, li completò a Pisa, dove, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore fin dal 1870, si laureò in Scienze fisiche e matematiche nel 1874, con Felici, presentando una dissertazione finale sull'elettricità statica. L'anno successivo, intraprese l'insegnamento della Fisica e della Chimica nei Licei di L'Aquila e, dal 1877 al 1917, in quello di Ferrara, dove fu pure incaricato di Fisica sperimentale all'Università dal 1885 al 1888, quindi professore straordinario fino al 1905, quando conseguì l'ordinariato in Fisica sperimentale; qui, assunse pure la direzione sia dell'Osservatorio Meteorologico, occupandosi dunque di meteorologia e fisica terrestre, che del Gabinetto fisico dell'Università.

**Dino Padelletti** (Firenze, 10/1/1852 – Napoli, 10/3/1892). Dopo gli studi liceali a Firenze, si laureò in Matematica all'Università di Pisa nel 1871, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore fin dal 1867, e, dopo aver trascorso un periodo di studi e di ricerche all'estero, nel 1876 vinse un concorso a cattedra bandito dall'Università di Palermo per la Meccanica razionale, rimanendovi fino al 1879 quando passò all'Università di Napoli, come incaricato di Meccanica razionale fino al 1884, quando conseguì l'ordinariato. All'Università di Napoli vi rimase fino alla prematura scomparsa. Si occupò prevalentemente di fisica matematica, nonché fu socio dell'Accademia delle Scienze di Napoli e dell'Accademia Pontaniana.

**Adolfo Venturi** (Firenze, 22/9/1852 – Palermo, 28/12/1914). Dopo la laurea all'Università di Pisa nel 1875, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore fin dal 1873, fu subito dopo professore al Liceo di Como, quindi iniziò ad interessarsi di astronomia e geodesia sotto la guida di Giovanni Schiaparelli, allora direttore della Specola Astronomica di Brera. Nel 1888, vinse una cattedra di Geodesia presso l'Università di Palermo, divenendo pure direttore della Specola. Qui creò una scuola di Geodesia.

**Gregorio Ricci Curbastro** (Lugo (RA), 12/1/1853 – Bologna, 6/8/1925). Dopo gli studi liceali, iniziò a Roma gli studi universitari, per poi, dal 1873, completarli alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1875, conseguendo la laurea in Scienze fisico-matematiche presso l'Università di Pisa con Dini; fra i suoi insegnanti più influenti, oltre Dini, vi furono pure Enrico Betti ed Ernesto Padova<sup>26</sup>, che lo introdussero a tematiche di ricerca legate all'elettromagnetismo e alle equazioni differenziali. Dopo un periodo di studi in Germania, nel 1878 divenne assistente del Dini all'Università di Pisa, quindi straordinario di Meccanica razionale all'Università di Padova nel 1880, indi di Fisica matematica nel 1881, occupandosi principalmente di fisica matematica e geometria differenziale, ed avendo ivi, tra gli altri, come allievo Tullio Levi-Civita, nonché, come collega, Ernesto Padova. Nel 1890, divenne ordinario di Algebra

<sup>25</sup> In particolare, tra i suoi contributi più importanti, va ricordato uno studio del 1876 in cui stabilì la connessione tra il secondo principio della termodinamica e l'allora ipotetica "pressione di radiazione". Cfr. D'Agostino S., Leva S., Morando A.P., Rossi A., *Adolfo Bartoli e la pressione di radiazione*, in *Atti del XXV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Milano, 10-12 Novembre 2005, SISFA, Milano, 2008, pp. C20.1-C20.4; Carazza B., Kargh H., *Adolfo Bartoli and the problem of Radiant Heat*, in «Annals of Science», 46 (1989), pp. 183-194.

<sup>26</sup> Cfr. Dell'Aglio L., *Padova, Ernesto*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 80, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2015.

all'Università di Padova. Importantissimi – e ben noti – sono stati i suoi lavori in geometria differenziale applicata alla fisica matematica.

**Oreste Murani** (Monterubbiano (FM), 26/5/1853 – Monterubbiano (FM), 18/8/1937). Dopo il Liceo a Fermo, si iscrisse al corso di laurea in Matematica all'Università di Pisa, laureandosi nel luglio del 1876 con Antonio Pacinotti. Dopodiché, iniziò ad insegnare Fisica nei licei e negli istituti tecnici, prima a Lonigo (VI), poi a Chieti e L'Aquila, quindi, nel 1886, a Roma e, infine, a Milano. L'anno successivo fu incaricato di Fisica tecnica all'Istituto Tecnico Superiore di Milano (poi Politecnico), quindi straordinario, dal 1899 al 1907, quando conseguì l'ordinariato. Al contempo, ebbe l'incarico di Fisica sperimentale in varie facoltà dell'Università di Milano, nonché diresse il Gabinetto fisico. I suoi principali interessi di ricerca riguardarono perlopiù l'elettricità e le sue applicazioni tecniche, ma si dedicò costantemente, con impegno ed abnegazione, alla didattica, seguendo numerosi allievi e scrivendo importanti testi di fisica. Si occupò prevalentemente di elettrotecnica, elettrochimica e termodinamica.

**Eugenio Bazzi** (Dicomano (FI), 17/11/1854 – Firenze, 10/3/1921). Dopo il diploma del R. Istituto Tecnico di Firenze, conseguito nel 1873, vince l'ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1874, quindi si iscrive al corso di laurea in Fisica, laureandosi nel 1877, con Felici, con una tesi sulla dispersione anomala. A Pisa, è quindi aiuto al Gabinetto di Fisica, dal 1878 al 1887. Dopodiché, sarà ininterrottamente direttore di laboratorio all'Istituto Tecnico Superiore di Firenze, fino alla messa a riposo. Le sue ricerche verterono su argomenti di termodinamica ed applicazioni dell'elettrotecnica, come anche su argomenti trattati dal suo maestro (in particolare, sulle correnti indotte).

**Giuseppe Cobiانchi** (Montecchio Emilia (FE), 25/5/1855 – ?). Dopo aver conseguito, nel 1874, la licenza fisico-matematica al R. Istituto Tecnico di Modena, vinse nello stesso anno il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa, laureandosi in Fisica nel 1877 con Felici, con una tesi dal titolo "Sulla teoria delle correnti indotte", su cui poi pubblicò pure alcuni lavori. Dopodiché, passò ad insegnare al R. Liceo di Pisa.

**Luigi Bianchi** (Parma, 18/1/1856 – Pisa, 6/6/1928). Iscrittosi nel 1873 all'Università di Pisa, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore, ebbe come docenti più influenti Betti e Dini, con cui si laureò in Matematica nel 1877 con una tesi di geometria differenziale. Dopo un periodo di studi in Germania, rientrò a Pisa nel 1881, come insegnante interno alla Scuola Normale Superiore, quindi come ordinario di Geometria differenziale all'Università di Pisa dal 1886. Successe a Dini nel 1918, anche nella direzione della Scuola Normale Superiore. Fondamentali i suoi studi e le sue ricerche di geometria differenziale con le sue applicazioni alla relatività ed alle equazioni differenziali.

**Augusto Antonelli** (Spello (PG), 28/10/1857 – ... 1941). Dopo gli studi liceali ad Arezzo, si iscrive prima all'Università di Perugia nel 1877, quindi viene ammesso alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1879, conseguendo la licenza in Scienze fisico-matematiche nel 1881, la laurea in Matematica nel 1882, ed una seconda laurea in Fisica nel 1889 con Felici, redigendo una tesi sulla nuova teoria elettromagnetica della luce secondo la trattazione dovuta a J.C. Maxwell. Dal 1893 in poi, passò ad insegnare Fisica e Matematica nei licei di varie città, per finire ad Arezzo.

**Paolo Aussen-Carà** (Parigi, 5/11/1858 – Livorno, ... 1922). Frequentò l'Istituto Tecnico di Livorno dove conseguì la licenza fisico-matematica nel 1877, quindi si iscrisse alla Scuola d'Applicazioni per Ingegneri di Pisa, per poi passare, dopo aver conseguito la licenza bienna-

le nel 1879, al corso di laurea in Fisica dell'Università di Pisa, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore, laureandosi, con Felici, nel 1881. Andò poi ad insegnare all'Istituto Tecnico di Messina fino al 1890, quando si trasferì a Livorno.

**Vito Volterra** (Ancona, 3/5/1860 – Roma, 10/11/1940). Dopo gli studi tecnici a Firenze e un primo anno trascorso all'Università di Firenze<sup>27</sup>, vinse, nel 1879, il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa, quindi si iscrisse al corso di laurea in Fisica, dove ebbe, fra gli altri, come docenti Betti, Dini, Felici e Ernesto Padova. Si laureò con il Betti nel 1882, con una tesi dal titolo “Sopra un'applicazione del principio delle immagini ad alcuni problemi di idrodinamica”, frutto delle ricerche di Betti condotte sul “metodo delle immagini” dell'elettrostatica introdotto da Lord Kelvin. Fu quindi nominato assistente di Betti per un anno, dopodiché, vinta una cattedra di Meccanica razionale a Pisa nel 1887, si trasferì a Torino nel 1893, dove rimase fino al 1900, quando passò all'Università di Roma, quale ordinario di Fisica matematica fino al 1931. Ebbe numerosi incarichi istituzionali ed organizzativi, sia accademici (tra l'altro, fu uno dei fondatori della *Società Italiana di Fisica* nel 1897, sotto precedente interessamento appunto di Volterra, Battelli e Felici) che politici, oltre a svolgere notevoli studi e ricerche in matematica pura ed applicata di primissimo piano, con risultati tali da portarlo ad essere uno dei maggiori matematici e fisico-matematici del periodo a cavallo fra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo.

**Enrico Stracciati** (Arezzo, 29/12/1858 – Roma, 3/4/1937). Nella sua città natale, frequentò la sezione fisico-matematica del R. Istituto Tecnico, dove all'epoca insegnava Adolfo Bartoli, e conseguì la licenza il 15/7/1878. Nello stesso anno, si iscrive alla Scuola d'Applicazioni per Ingegneri dell'Università di Pisa, licenziandosi nel 1879. L'anno successivo, ammesso alla Scuola Normale Superiore di Pisa, si iscrive al corso di laurea in Fisica, laureandosi poi con Felici il 2/12/1882, con una tesi (l'anno successivo pubblicata sul «Nuovo Cimento») intitolata “Sulla rapidità con cui si smagnetizza il ferro al cessare dell'azione inducente di una spirale voltaica”, che riprende e approfondisce l'esperienza del Felici sulla smagnetizzazione del ferro mediante il suo interruttore. Dopodiché, iniziò a insegnare negli Istituti Tecnici e nei Licei di varie città, fra cui Catania (dove peraltro le sue lezioni furono seguite da Orso Mario Corbino), Venezia e Roma, e collaborò a lungo nella ricerca col Bartoli, con cui pubblicò numerosi lavori. Nel 1928, appena pensionato, fu assunto dallo stesso Corbino come suo assistente temporaneo durante l'assenza di Rasetti e Segrè.

<sup>27</sup> Volterra ebbe proprio Antonio Ròiti come docente di Fisica al R. Istituto Tecnico di Firenze, e che, se non fosse stato per l'insistenza del Ròiti sui genitori del Volterra a farlo proseguire negli studi anziché assecondare le loro volontà di indirizzarlo verso un impiego bancario, è molto probabile che il destino del ragazzo sarebbe stato certamente diverso da quello che fu il suo notevole percorso scientifico e professionale – cfr. Dragoni G., *Per una storia della fisica italiana tra la seconda metà dell'Ottocento e la prima guerra mondiale*, in *La storia sociale e culturale d'Italia*, vol. V: *La storia delle scienze*, a cura di Maccagni C., Freguglia P., Busto Arsizio, Bramante Editrice, 1989, pp. 306-353. In ogni modo, il Volterra tenne sempre in grande considerazione la fisica, come testimonia la sua attività di ricerca scientifica, anche verosimilmente in dipendenza della sua formazione accademica iniziale, in cui ebbe, come docenti più influenti, Betti, Mossotti e Padova, che, integrata con quella matematica fornita dal Dini, fornì al Volterra una formazione poliedrica e multiprospettica, verosimilmente alla base del successo che ebbe come grande matematico e fisico-matematico. D'altra parte, Volterra, ancora studente normalista, pubblicò sul «Nuovo Cimento» tre articoli su alcuni argomenti di fisica teorica e fisica matematica (Derenzini 1956).

**Carlo Somigliana** (Como, 20/9/1860 – Como, 19/6/1955). Iniziati gli studi universitari a Pavia con Eugenio Beltrami e Felice Casorati, si trasferì poi all'Università di Pisa nel 1879 dove, quale allievo pure della Scuola Normale Superiore, si laureò in Matematica nel 1881 con Betti. Nel 1887, è assistente di calcolo infinitesimale all'Università di Pavia, quindi, nel 1892, professore di Fisica matematica. Nel 1903 si trasferisce all'Università di Torino, dove rimarrà fino al pensionamento, avvenuto nel 1935. Si occupò soprattutto di fisica matematica classica, con notevoli risultati.

**Carlo Polvani** (Pisa, ... 1860 – ?). Iscrittosi alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa nel 1878, ivi conseguì la licenza in Scienze fisico-matematiche nel 1880, quindi si laureò in Fisica, con Felici, nel 1883, con una tesi in acustica dal titolo "I battimenti e i suoi risultati secondo l'Helmholtz e il Koenig".

**Alessandro Sandrucci** (Livorno, 13/4/1861 – ?). Iscrittosi dapprima alla Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università di Pisa nel 1878, nello stesso anno si trasferì alla Facoltà di Scienze della stessa università, ottenendo la licenza in Scienze fisico-matematiche nel 1882 e laureandosi in Fisica con Felici nel 1884 con una tesi sulla termodinamica. Insegnò quindi nei licei dal 1885, fin quando nel 1901 divenne libero docente di Fisica sperimentale all'Università di Messina. I suoi studi e le sue ricerche riguardarono la termodinamica, l'ottica e la spettroscopia.

**Enrico Boggio-Lera** (Bardonecchia (TO), 6/3/1862 – Catania, 7/11/1956). Nel 1881 venne ammesso alla Scuola Normale Superiore di Pisa, laureandosi in Scienze fisico-matematiche nel 1885 con Betti, che gli assegnò una tesi dal titolo "Sulla cinematica dei mezzi continui". Nel 1875 iniziò ad insegnare presso l'Istituto Tecnico di Sassari, dove fu anche assistente al Gabinetto di Fisica ed al locale Osservatorio Meteorologico, fin quando, nel 1892, venne trasferito a Catania, dove, oltre ad insegnare all'Istituto Tecnico della città, ebbe altresì l'incarico di insegnamento della Fisica alla scuola di Viticoltura ed Enologia di Catania. Qui, dal 1904 al 1943, fu libero docente di Fisica sperimentale all'Università di Catania, dove tenne vari incarichi d'insegnamento di diverse materie scientifiche in più facoltà. Nella sua attività di studio e di ricerca, si occupò principalmente di fisica matematica, elettrotecnica, meteorologia e chimica fisica.

**Augusto Sebastiani** (Pisa, 4/10/1862 – ?). Dopo gli studi liceali, si iscrisse, nel 1882, alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, conseguendo dapprima la licenza fisico-matematica nel 1884, poi la laurea in Fisica con Felici nel 1886, con una tesi in termodinamica statistica, dal titolo "La teoria cinetica dei gas".

**Enrico Salvioni** (Milano, 10/3/1863 – Milano, 22/10/1936). Laureatosi in Fisica presso l'Università di Pavia nel 1886, fu assistente al Gabinetto di Fisica dell'Università di Firenze fino al 1889, quindi aiuto fino al 1892, quando fu nominato straordinario di Fisica sperimentale all'Università di Perugia ove rimase fino al 1898, allorché conseguì la libera docenza all'Università di Firenze, rimandendovi fino al 1903. Insegnò perciò all'Università di Messina, dal 1898 fino al 1904, quando conseguì l'ordinariato in Fisica sperimentale all'Università di Pavia, dove rimase fino al 1924, quando venne messo fuori ruolo. Si occupò prevalentemente di spettroscopia, elettricità, chimica fisica.

**Franco Magrini** (Argenta (FE), 21/5/1863 – ?). Dopo gli studi liceali a Firenze, vinse un posto alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1881, laureandosi in Fisica, con Felici, nel 1885 con una tesi sulla teoria elettromagnetica della luce secondo la trattazione di J.C. Maxwell. L'anno



seguinte fu nominato aiuto di Fisica all'Istituto di Studi Superiori di Firenze, dove rimase fino al 1890. Molte le sue pubblicazioni su argomenti e linee di ricerche aperti dal suo maestro.

**Bernardo Paladini** (Lucca, 26/11/1863 - ?). Vinto il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1883, si laurea in Fisica con Felici nel 1886, dopodiché fu subito nominato aiuto di Fisica sperimentale all'Università di Torino, dove rimase fino al 1888, quando rientrò a Pisa in qualità di assistente di Felici, fino al 1890. In seguito, si dedicò all'insegnamento nelle scuole pubbliche.

**Riccardo Malagoli** (Modena, 3/4/1864 - Pavullo nel Frignano (MO), 11/9/1937). Ammesso alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1883, consegue la laurea in Scienze fisiche e matematiche nel 1887, laureandosi con Betti con una tesi sui corpi autogravitanti, dal titolo "Sulle configurazioni di equilibrio di una massa fluida omogenea che ruota con velocità angolare costante intorno ad un asse", un argomento, quello della teoria delle figure di equilibrio, che interessò le ricerche del Betti. Dal 1887 in poi, Malagoli insegnò negli Istituti Tecnici di varie città, fin quando, nel 1901, conseguì la libera docenza in Fisica sperimentale all'Università di Modena, dove, fino al 1938, tenne, per incarico, insegnamenti di Matematica e Fisica per varie facoltà, nonché per l'Accademia Militare.

**Francesco Rinaldo Pitoni** (Livorno, 27/5/1864 - ?). Dopo la licenza fisico-matematica del R. Istituto Tecnico di Livorno, conseguita nel 1881, si iscrisse al corso di laurea in Scienze fisico-matematiche dell'Università di Pisa, conseguendo la licenza nel 1883, quindi la laurea in Fisica, nel 1885, con Felici, con una tesi dal titolo "La polarizzazione rotatoria magnetica", centrata sull'effetto Faraday. Dal 1885 al 1888, fu assistente del Felici al Gabinetto di Fisica, quindi passò all'insegnamento al R. Liceo di Livorno. Scrisse pure due libri di storia, uno sulla chimica (Sten, Torino, 1911) l'altro sulla fisica (Sten, Torino, 1913).

**Modesto Cinelli** (Vinci (FI), 14/6/1864 - ?). Laureatosi in Fisica all'Università di Pisa nel 1893 con una tesi dal titolo "Sulla diffrazione della luce", fu subito dopo aiuto al Gabinetto di Fisica della Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università di Siena dal 1894 al 1896, per poi rivolgersi all'insegnamento nei licei.

**Francesco Piola** (Venezia, 18/2/1865 - Bologna, 5/8/1926). Allievo della Scuola Normale Superiore di Pisa a partire dal 1884, si laureò in Fisica nel 1888 con Betti, con una tesi in idrodinamica, dal titolo "Casi particolari di moto vorticoso". Quindi, iniziò subito a insegnare negli istituti tecnici di varie città, fin quando conseguì la libera docenza in Fisica sperimentale all'Università di Roma nel 1908. Nel 1925 fu incaricato di Fisica complementare e Misure fisiche all'Università di Bologna, nonché straordinario di Fisica tecnica alla scuola d'Ingegneria di Bologna e direttore del relativo laboratorio. Si occupò prevalentemente di fisica applicata e fisica tecnica, e sono da segnalare pure alcuni suoi lavori, in parte condotti con Laureto Tieri, sul magnetismo e l'isteresi magnetica.

**Giulio Noccioli** (Visignano di Cascina (PI), 11/11/1865 - ?). Si laureò in Fisica con Betti nel 1889, con una tesi sulla teoria dell'elasticità dal titolo "Sopra alcuni casi del problema di De Saint-Venant integrabili mediante le funzioni ellittiche", sulla scia di una delle tante linee di ricerca del Betti. Fu poi insegnante.

**Ezio Crescini** (Lucca, 8/2/1866 - Firenze, 28/2/1956). Dopo gli studi liceali a Pisa, fu allievo della Scuola Normale Superiore di Pisa a partire dal 1885, laureandosi in Fisica con Felici nel 1889 con una tesi dal titolo "Sul moto di un sistema rigido che si appoggia su di



un piano fisso". Fu quindi aiuto del Felici al Gabinetto di Fisica dal 1890 al 1894, oltreché insegnante nei licei.

**Ernesto Mei** (Tunisi, 22/5/1866 – ?). Dopo la licenza fisico-matematica dell' R. Istituto Tecnico di Arezzo, si iscrive alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, conseguì, nel 1886, la licenza in Scienze fisico-matematiche, quindi la laurea in Fisica nel 1889 con una tesi in termodinamica datagli dal Felici, intitolata "Liquefazione dei gas".

**Adolfo Campetti** (Lucca, 2/6/1866 – Pavia, 26/2/1947). Allievo della Scuola Normale Superiore di Pisa a partire dal 1884, si laureò in Fisica con Betti nel 1888, con una tesi di termoelettromeccanica dal titolo "Sopra alcuni problemi della teoria del calore e dell'elettricità in un anello". Nel 1890, fu incaricato di Fisica sperimentale presso l'Università di Torino, quindi nominato assistente di Andrea Naccari nel 1891, incarico che mantenne fino al 1909, quando conseguì la libera docenza in Fisica sperimentale. Al contempo, fu pure assistente alla cattedra di Geometria descrittiva dell'Accademia Militare di Torino. Passò poi, dal 1920, ad insegnare in varie altre sedi universitarie italiane, fra cui Sassari e Siena, fin quando, nel 1922, venne chiamato come professore straordinario dall'Università di Catania, dove conseguì l'ordinariato nel 1924 e dove diresse pure l'Osservatorio Meteorologico e l'Istituto di Fisica dell'Università. Nel 1929 si trasferì all'Università di Pavia, dove insegnò fino al 1936. I suoi principali interessi di ricerca, ricaddero nella termodinamica, la teoria dell'elettricità, la spettroscopia e la chimica fisica (in cui scrisse apprezzati manuali).

**Carlo Del Lungo** (Firenze, 9/9/1867 – ?). Dopo gli studi liceali a Firenze, si iscrive, nel 1886, alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, conseguendo la licenza in Scienze fisico-matematiche nel 1887, quindi la laurea in Fisica nel 1890 con Felici che gli assegnò una tesi di termodinamica dal titolo "Della pressione e del volume specifico dei vapori saturi", argomento su cui poi pubblicò alcuni articoli. Dopodiché, passò all'insegnamento nel R. Liceo di Urbino.

**Carlo Bonacini** (Modena, 15/8/1867 – Modena, 1/1/1944). Ammesso, come allievo, alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1885, consegue, nel 1888, la laurea in Scienze fisiche e matematiche con Betti, con una tesi sulla teoria del potenziale newtoniano, dal titolo "Sul moto di un punto soggetto all'azione di due centri fissi secondo la legge di Newton". Dal 1889, insegnò ai licei di varie città italiane, fino ad arrivare a Modena, dove insegnò pure Fisica tecnica all'Accademia Militare di Modena, nonché divenne libero docente di Fisica sperimentale all'Università di Modena, con vari incarichi di insegnamento che resse fino al 1934, fra cui Fisica terrestre. Diresse pure il locale Osservatorio Geofisico. Si occupò prevalentemente di fisica terrestre e geofisica.

**Antonio Bartorelli** (Pisa, 14/4/1868 – ?). Terminati gli studi liceali nella sua città natale, fu allievo della Scuola Normale Superiore di Pisa a partire dal 1886, laureandosi quindi in Fisica nel 1890 con Felici con una tesi dal titolo "Del moto di una goccia liquida". Fu quindi assistente al Gabinetto di Fisica dell'Università di Pisa dal 1891 al 1894, dunque aiuto fino al 1896. Dal 1898 al 1903, fu aiuto all'Osservatorio Meteorologico di Parma, quindi, conseguita la libera docenza in Fisica sperimentale all'Università di Parma, insegnò per incarico varie discipline scientifiche in diverse facoltà della Università di Parma. Insegnò pure negli istituti tecnici di Piacenza fin dal 1891. Sono da ricordare, in particolare, alcuni suoi lavori sull'isteresi magnetica del periodo in cui insegnò a Parma.

**Fortunato Florio** (Gela (CL), 11/5/1868 - ?). Dopo la licenza fisico-matematica conseguita presso il R. Istituto Tecnico di Palermo nel 1887, si iscrisse alla Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa, al corso in laurea in Matematica, laureandosi con Volterra nel 1891 con una tesi dal titolo "Sulla teoria matematica del magnetismo". Fu quindi assistente al Gabinetto di Fisica dell'Università di Firenze, dal 1894 al 1896, per poi volgersi all'insegnamento negli Istituti Tecnici.

**Giuseppe Picciati** (Piombino (LI), 30/10/1868 - Venezia, 11/3/1908). Dopo gli studi liceali a Pisa, fu allievo della Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1886, fino alla laurea in Fisica con Volterra nel 1890, con una tesi in meccanica razionale dal titolo "Dell'equilibrio e del moto per spostamenti infinitesimi della posizione d'equilibrio delle superfici flessibili ed estendibili". Fu quindi assistente del Volterra alla cattedra di Statica grafica e Meccanica razionale dell'Università di Pisa. Conseguì poi una seconda laurea in Matematica nel 1895 presso l'Università di Padova, dove conseguì poi la libera docenza in Meccanica razionale nel 1902, iniziando così ad insegnare alla Scuola Macchinisti di Venezia. Nel 1907, fu pure nominato professore straordinario di Meccanica razionale a Bologna. Si occupò prevalentemente di fisica matematica, idrodinamica, elettromagnetismo.

**Aristide Fiorentino** (Livorno, 26/5/1892 - Milano, 31/3/1937). Si laureò in Fisica all'Università di Pisa nel 1892 con una tesi in mineralogia dal titolo "La durezza nei corpi cristallizzati". Fu poi incaricato di Fisica sperimentale all'Università di Urbino dal 1898 al 1901, quindi assistente al Gabinetto di Fisica dell'Università di Parma dal 1901 al 1906. Svolse pure insegnamento nei licei.

Infine, ricordiamo pure i seguenti allievi fisici e matematici, laureati a Pisa entro la fine del XIX secolo, perlopiù con Betti e Volterra: fra questi, Antonio Pacinotti (su cui esiste già un'ampia letteratura storica cui si rimanda) allievo di Felici, Mossotti e Betti, Guido Alessandri, Paolo Lami, Annibale Stefanini (di cui parleremo in seguito), Giulio Tolomei, Giovanni Cresci, Ferruccio Niccolini, Venceslao Dolfin, Leopoldo Crecchi, Luigi Civinini, per i quali rimandiamo alle referenze citate a fine capitolo.

### 3.6. Pubblicazioni (sul «Nuovo Cimento») di laureati e collaboratori di Felici

Nella tabella seguente, si riportano le pubblicazioni scientifiche di allievi e collaboratori del Felici apparse sul «Nuovo Cimento», che all'epoca rappresentava la sede principale per la presentazione dei risultati scientifici dei fisici italiani.

<b>Autore</b>	<b>Titolo</b>	<b>Rivista</b>	<b>N.</b>	<b>Pag.</b>	<b>Anno</b>
Roiti A.	Del movimento dei liquidi nei tubi cilindrici. Studi teorico sperimentali	Nuovo Cim.	4	215	1870
Roiti A.	Esperienza da lezione	Nuovo Cim.	4	336	1870

Donati L.	Di una memoria del Sig. Helmholtz sulla teoria matematica dell'elettricità dinamica	Nuovo Cim.	6	58	1871
Bartoli A. e Poloni G.	Sopra un fenomeno dell'elettrolisi	Nuovo Cim.	6	292	1871
Roiti A.	Dell'ascensione dei liquidi nei tubi capillari	Nuovo Cim.	8	181	1872
Bartoli A.	Metodo per dimostrare in lezione, le leggi di gravità	Nuovo Cim.	10	14	1873
Poloni G.	Sulla distribuzione della corrente voltaica in alcuni corpi di forma determinata	Nuovo Cim.	11	271	1874
Poloni G.	Sulla distribuzione della corrente voltaica in alcuni corpi di forma determinata (cont.)	Nuovo Cim.	12	9	1874
Bartoli A.	Spiegazione di alcuni fatti relativi alla teoria del magnetismo di rotazione	Nuovo Cim.	14	239	1875
Donati L.	Sulla misura delle forze elettromotrici d'induzione; studi sperimentali del dott. LD	Nuovo Cim.	13	65	1875
Donati L.	Sulla misura delle forze elettromotrici d'induzione; studi sperimentali (continuazione)	Nuovo Cim.	13	97	1875
Donati L. e Poloni G.	Sul magnetismo temporaneo d'una sbarra di ferro; studi sperimentali (continuazione)	Nuovo Cim.	13	226	1875
Donati L. e Poloni G.	Sul magnetismo d'una sbarra di ferro	Nuovo Cim.	13	83	1875
Donati L.	Un modo semplice per ottenere lo smorzamento delle oscillazioni nell'elettrometro di Thomson	Nuovo Cim.	15	95	1876
Bartoli A.	Sopra i movimenti prodotti dalla luce e dal calore e sopra il radiometro di Crookes	Firenze			1876
Bazzi E. e Cobianchi G.	Sullo sviluppo delle correnti indotte ed extracorrenti	Nuovo Cim.	4	239	1878
Bazzi E.	Sulle onde liquide	Nuovo Cim.	6	98	1879
Volterra V.	Sul potenziale di un'elissoide eterogenea sopra se stessa	Nuovo Cim.	9	221	1881

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Bazzi E.	Apparecchio per la composizione delle oscillazioni pendolari	Nuovo Cim.	12	275	1882
Stefanini A.	Sul movimento di più sfere in un fluido indefinito e incompressibile, e sui fenomeni così detti idromagnetici ed idroelettrici	Nuovo Cim.	12	97	1882
Stefanini A.	Sul movimento di più sfere in un fluido indefinito e incompressibile, e sui fenomeni così detti idromagnetici ed idroelettrici (continuazione)	Nuovo Cim.	12	193	1882
Volterra V.	Sopra una legge di reciprocità nella distribuzione delle temperature e delle correnti galvaniche costanti in un corpo qualunque	Nuovo Cim.	11	188	1882
Volterra V.	Sopra alcuni problemi di idrodinamica	Nuovo Cim.	12	65	1882
Bazzi E.	Sul calore sviluppato da una corrente durante il periodo variabile	Nuovo Cim.	13	5	1883
Stracciati E.	Sopra il ritardo nella smagnetizzazione del ferro prodotto dalle correnti indotte nella sua massa	Nuovo Cim.	13	35	1883
Volterra V.	Sulle apparenze elettrochimiche alla superficie di un cilindro	Nuovo Cim.	13	119	1883
Volterra V.	Sopra un problema di elettrostatica	Nuovo Cim.	16	49	1884
Bazzi E.	Nuovo metodo per riportare su gelatina le incisioni a inchiostro tipografico	Nuovo Cim.	20	180	1886
Bazzi E.	Sulla fotografia della vena liquida	Nuovo Cim.	19	277	1886
Bazzi E.	Freno a liquido per gli apparecchi a deviazione impulsiva	Nuovo Cim.	19	270	1886
Magrini F.	Se per il condensarsi del vapor d'acqua si abbia sviluppo di elettricità	Nuovo Cim.	20	36	1886
Sandrucci A.	Sopra una obiezione mossa da G.A. Hirn alla teoria cinetica dei gas	Nuovo Cim.	20	193	1886
Sandrucci A.	Relazioni fra la capacità calorifica assoluta, la velocità molecolare, e la temperatura di fusione di un corpo semplice	Nuovo Cim.	19	64	1886

Faè G.	Sulle variazioni della resistenza elettrica dell'antimonio e del cobalto nel campo magnetico	Nuovo Cim.	21	54	1887
Sandrucci A.	Considerazioni sopra i calorici specifici in relazione alla capacità calorifica assoluta ed alla velocità molecolare	Nuovo Cim.	21	121	1887
Magrini F.	Un caso paradossale di induzione elettrodinamica	Nuovo Cim.	22	42	1887
Pitoni R. F.	Sullo stato elettrico indotto da un polo magnetico sopra un disco od una sfera metallica in rotazione	Nuovo Cim.	22	45	1887
Boggio Lera E.	Sulla cinematica dei mezzi continui (estratto dalla tesi di laurea)	Nuovo Cim.	22	63	1887
Stefanini A.	Di alcune esperienze sulla misura dell'intensità del suono	Nuovo Cim.	22	97	1887
Boggio Lera E.	Sulla cinematica dei mezzi continui (estratto dalla tesi di laurea, continuazione)	Nuovo Cim.	22	143	1887
Bazzi E.	Apparecchio per la composizione grafica dei movimenti pendolari	Nuovo Cim.	22	150	1887
Bazzi E.	Metodo per mostrare la legge di oscillazione di una corda vibrante	Nuovo Cim.	22	155	1887
Boggio Lera E.	Sulla cinematica dei mezzi continui (estratto dalla tesi di laurea, continuazione)	Nuovo Cim.	22	231	1887
Faè G.	Influenza del magnetismo sulla resistenza elettrica dei conduttori solidi	Nuovo Cim.	23	50	1888
Boggio Lera E.	Sulla cinematica dei mezzi continui (estratto dalla tesi di laurea, continuazione)	Nuovo Cim.	23	158	1888
Magrini F.	Ricerche intorno alla magnetizzazione del ferro	Nuovo Cim.	23	236	1888
Boggio Lera E.	Sulla cinematica dei mezzi continui (estratto dalla tesi di laurea, continuazione e fine)	Nuovo Cim.	24	41	1888
Pitoni R. F.	Sulle linee di livello nel disco ruotante di Arago; (Nota II)	Nuovo Cim.	25	30	1889
Stefanini A.	Galvanometro dei seni a telaio fisso	Nuovo Cim.	26	97	1889

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Stefanini A.	Sulla legge di oscillazione del diapason e sulla misura dell'intensità del suono	Nuovo Cim.	26	157	1889
Stefanini A.	Sulla legge di oscillazione del diapason e sulla misura dell'intensità del suono (cont.)	Nuovo Cim.	26	193	1889
Campetti A.	Sulle correnti di deformazione	Nuovo Cim.	28	54	1890
Stefanini A.	Sulla legge di oscillazione del diapason e sulla misura dell'intensità del suono (cont.)	Nuovo Cim.	27	5	1890
Stefanini A.	Sulla legge di oscillazione del diapason e sulla misura dell'intensità del suono (fine)	Nuovo Cim.	27	97	1890
Stefanini A.	Elettroscopio a foglie d'oro	Nuovo Cim.	28	63	1890
Boggio Lera E.	Una relazione fra il coefficiente di compressibilità cubica, il peso specifico ed il peso atomico dei metalli	Nuovo Cim.	29	10	1891
Volterra V.	Sopra le equazioni di Hertz	Nuovo Cim.	29	53	1891
Volterra V.	Sopra le equazioni fondamentali della elettrodinamica	Nuovo Cim.	29	147	1891
Stefanini A.	Sul periodo variabile della corrente elettrica; (Nota prima)	Nuovo Cim.	30	275	1891
Malagoli R.	Contributo alla teoria dell'elettrolisi con correnti alternate	Nuovo Cim.	31	53	1892
Stefanini A.	Sulle leggi psicofisiche di Fechner e di Plateau	Nuovo Cim.	31	235	1892
Volterra V.	Sul principio di Huyghens	Nuovo Cim.	31	244	1892
Volterra V.	Sul principio di Huyghens (continuazione)	Nuovo Cim.	32	59	1892
Volterra V.	Sul principio di Huyghens	Nuovo Cim.	33	32	1893
Volterra V.	Sul principio di Huyghens	Nuovo Cim.	33	71	1893
Noccioli G.	Sopra alcuni casi del problema del De St. Venant integrabili mediante le funzioni ellittiche e la rappresentazione conforme	Nuovo Cim.	33	208	1893
Picciati G.	Sul problema di Appell della trasformazione delle equazioni della dinamica	Nuovo Cim.	33	241	1893
Bartorelli A.	1893	Nuovo Cim.			
Crescini E.	1889 1892 1893	Nuovo Cim.			

### **3.7. Programmi, ordinamenti, studenti universitari del periodo 1877–1893 (stralci)**

**Fisica (Prof. R. Felici)** – Si esporranno i trattati dell'Elettricità, del Calore, dell'Acustica e dell'Ottica, tacendo o parlando solo brevemente di quelle cose più elementari che indispensabilmente devono essere esposte nel corso di Fisica liceale, e nelle scuole tecniche.

Lo Stabilimento di Fisica è aperto dalle 8 antimeridiane alle 3 (4) pomeridiane. Per gli esercizi di Fisica indicati dal Regolamento saranno scelte, d'accordo con gli studenti, le ore più opportune.

#### **Ordinamento degli studi: brevissimi cenni**

##### **Dal 1879–80 al 1884–85**

###### **Licenza in Scienze matematiche e fisiche (primo biennio)**

I anno – Chimica, Algebra, Geometria analitica, Geometria proiettiva e descrittiva con disegno, Fisica

II anno – Analisi infinitesimale, Geometria descrittiva, Geometria proiettiva e descrittiva con disegno,

Laurea in Fisica (secondo biennio)

I anno – Meccanica razionale, Analisi superiore, Mineralogia, Esercizi di Fisica, Esercizi di Chimica

II anno – Fisica matematica, Geodesia teoretica, Esercizi di Fisica, Un corso libero (dal 1882–83 Meccanica razionale)

##### **Dal 1885–86**

###### **Laurea in Fisica**

I anno – Algebra con esercizi, Geometria analitica, Geometria proiettiva con disegno, Chimica

II anno – Calcolo infinitesimale con esercizi, Geometria descrittiva con disegno, Fisica

III anno – Meccanica razionale, Analisi superiore, Esercizi di Chimica, Esercizi di Fisica, Geodesia teoretica

IV anno – Fisica matematica, Astronomia e Meccanica celeste, Mineralogia, Esercizi di Fisica, Analisi superiore

Per essere ammesso alla laurea lo studente deve aver sostenuto con esito favorevole l'esame in *Algebra, Geometria analitica, Geometria proiettiva, Geometria descrittiva, Calcolo infinitesimale, Fisica, Chimica, Meccanica razionale, Fisica matematica, Mineralogia*, e sopra un altro corso fra quelli sopra indicati, e inoltre dovrà avere riportato le firme di frequenza per un anno nel laboratorio di Chimica, e per due anni in quello di Fisica.

L'esame di laurea in Fisica consiste in una disputa intorno a una dissertazione scritta liberamente dal candidato sopra un tema da lui scelto sulle materie delle quali ha dato saggio negli esami speciali, ed intorno a non meno di tre tesi da lui parimente scelte in altre materie obbligatorie.

Queste tesi devono essere prima sottoposte all'approvazione della Commissione esaminatrice. La disputa sulla dissertazione sarà preceduta da una o più prove pratiche.

### Studenti iscritti al corso di laurea in Fisica (dagli *Annuari*)

I dati forniti dagli *Annuari* riflettono regole relative all'iscrizione ai vari anni di corso che non rendono facilmente intelligibile l'effettiva consistenza delle singole coorti di studenti, e vengono qui comunque riportati in quanto si tratta dell'unica fonte attualmente accessibile in materia.

A.A.	III anno	IV anno
1877-78	0	3
1878-79	0	0
1879-80	1	1
1880-81	4	1
1881-82	0	4
1882-83	2	1
1883-84	3	0
1884-85	5	3
1885-86	3	3
1886-87	6	3
1887-88	4	4
1888-89	4	3
1889-90	0	0
1890-91	1	0
1891-92	0	0
1892-93	1	0

### 3.8. Laureati in Fisica nel periodo 1877–1893

Da un punto di vista storiografico, soltanto a partire dal 1877 si trova nei verbali delle sessioni di laurea l'indicazione "Esame di Laurea in Fisica". In precedenza il titolo rilasciato era quello di "Laurea in Scienze fisico-matematiche", e la seduta di laurea consisteva nella discussione di una "tesi" (o dissertazione finale) su un tema estratto a sorte (o in taluni casi, scelto dal candidato). Tra quanti hanno conseguito la laurea tra il 1863 e il 1876 abbiamo quindi indicato soltanto coloro che hanno avuto in seguito un ruolo significativo nel campo della fisica.

Per l'elenco successivo ci siamo basati sul lavoro di ricerca e catalogazione svolto da V. Fabbri nella sua tesi di laurea (1993), verificandone i dati con le copie dei verbali delle sedute di laurea cortesemente forniteci dal dott. Daniele Ronco dell'Università di Pisa.

In tabella sono riportati l'anno di laurea, il laureato, l'eventuale appartenenza alla Scuola Normale Superiore (N), la votazione conseguita e il titolo della tesi (o dissertazione finale, se prima del 1877).



Anno	Laureato	Voto		Titolo della tesi
1866	Padova Ernesto			
1868	Roiti Antonio			
1871	Donati Luigi	Lode		Planimetria non euclidea
1872	Poloni Giuseppe	Lode		Sulla teoria meccanica del calore
1874	Bartoli Adolfo	PVA	N	Sul secondo principio della termodinamica
1874	Bongiovanni Giuseppe	Lode		Elettricità statica
1876	Murani Oreste	A		Principi generali della teoria di Ampère
1877	Bazzi Eugenio	Lode	N	Sulla dispersione anomala
1879	Alessandri Guido	PVL		Sulla teoria delle immagini elettriche
1881	Aussant-Cara` Paolo	PVA		(manca)
1881	Lami Paolo	A		Sull'efflusso di un liquido da un orifizio praticato nelle pareti di un vaso
1882	Stefanini Annibale	Lode	N	Sul movimento di più sfere in un fluido incompressibile e sui fenomeni cosiddetti idromagnetici ed idroelettrici
1882	Volterra Vito	Lode	N	Sopra un'applicazione del principio delle immagini ad alcuni problemi di idrodinamica
1882	Stracciati Enrico	PVA		Sulla rapidità con cui si smagnetizza il ferro al cessare dell'azione inducente di una spirale voltaica
1883	Polvani Carlo	PVL		I battimenti e I suoni risultanti secondo l'Helmoltz ed il Koenig
1884	Sandrucci Alessandro	PVL		Sopra I calori atomici e molecolari dei corpi solidi, liquidi e gassosi
1885	Boggio Lera Enrico	Lode	N	Sulla cinematica dei mezzi continui
1885	Magrini Franco	Lode		La teoria elettromagnetica della luce
1885	Pitoni Francesco Rinaldo	PVA		La polarizzazione rotatoria magnetica
1885	Dolfin Venceslao	A		Sulle correnti termo-elettriche
1886	Paladini Bernardo	Lode		(manca)
1886	Tolomei Giulio	PVL		Sulla forma di equilibrio di una massa fluida animata di un movimento di rotazione
1886	Cobianchi Giuseppe	A		Sulla teoria delle correnti indotte
1886	Sebastiani Augusto	A		Sulla teoria cinetica dei gas

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1887	Malagoli Riccardo	PVA		Sulle configurazioni di equilibrio di una massa fluida omogenea che ruota con velocità angolare costante intorno ad un asse
1887	Niccolini Ferruccio	PVA		Sulla teoria della funzione potenziale di masse distribuite simmetricamente intorno ad un asse
1887	Cresci Giovanni	PVL	N	Dei vari metodi d'integrazione delle equazioni differenziali che valgono per l'equilibrio dei corpi elastici isotropi
1887	Crecchi Leopoldo			Movimento di rotazione di un corpo attorno al centro di gravità
1888	Bonacini Carlo	PVA	N	Sul moto di un punto soggetto all'azione di due centri fissi secondo la legge di Newton
1888	Campetti Adolfo	PVA	N	Sopra alcuni problemi della teoria del calore e dell'elettricità in un anello
1888	Piola Francesco	PVL	N	Casi particolari di moto vorticoso
1889	Civinini Luigi			Sulle piccole oscillazioni di una superficie intorno a una posizione di equilibrio
1889	Crescini Ezio	Lode	N	Sul moto di un sistema rigido che si appoggia su di un piano fisso
1889	Noccioli Giulio	PVA		Sopra alcuni casi del problema del De S. Venant integrabili mediante le funzioni ellittiche
1889	Antonelli Augusto	A		La teoria elettromagnetica della luce
1889	Mei Ernesto	A		Liquefazione dei gas
1890	Bartorelli Antonio	PVA		Del moto di una goccia liquida
1890	Picciati Giuseppe	PVA	N	Dell'equilibrio e del moto per spostamenti infinitesimi della posizione di equilibrio delle superfici flessibili ed estendibili
1890	Del Lungo Carlo	PVL		Della pressione e del volume specifico dei vapori saturi
1891	Florio Fortunato	A		Sulla teoria matematica del magnetismo
1892	Fiorentino Aristide	A		La durezza nei corpi cristallizzati
1893	Cinelli Modesto	A		Sulla diffrazione della luce

### 3.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. all'epoca di Felici

La Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali (poi siglata MM.FF.NN.) fu istituita nel 1866 sulla scia delle precedenti esperienze dei Collegi Universitari (Collegio Matematico e Collegio Fisico e di Scienze Naturali). Raccolse inizialmente una quindicina di professori, il cui comune denominatore non fu soltanto la competenza disciplinare, ma anche la comune passione politica che nel 1848 li aveva portati a riunirsi nel Battaglione Universitario e a partecipare con i propri studenti alla spedizione che si concluse a Curtatone e Montanara. Padre nobile, per così dire, della nuova facoltà fu Carlo Matteucci, che nel 1866 aveva però ormai lasciato l'insegnamento, pur mantenendo il titolo di professore emerito. La funzione di preside era svolta per un singolo anno accademico, e la prassi rimase tale fino alla Prima Guerra Mondiale. Di fatto quasi tutti i professori si avvicendarono nella carica, ricoprendola più e più volte, con una periodicità all'incirca decennale.

La maggioranza delle cattedre del 1866 apparteneva ai matematici. Titolare di Geometria descrittiva era dal 1841 il livornese Guglielmo Martolini (morto nel 1885), cui si affiancava dal 1862 il professore aggregato Angiolo Nardi-Dei (1833-1913); Geometria analitica era tenuta da Gaspare Botto (1811-1892) di Sarzana, professore dal 1845, e dal più giovane Fabio Sbragia (1822-1899), vecchianese; dal 1859 il pistoiese Enrico Betti (1823-1892) teneva i corsi di Analisi e Geometria superiore, avendo lasciato la cattedra di Algebra al napoletano Giovanni Novi (1827-1866); Giovanni Barsotti (1799-1870) di Lucca insegnava Meccanica dal 1849, mentre il livornese Giovanni Maria Lavagna (1812-1870), dopo aver insegnato Geometria e Algebra fin dal 1840, occupava dal 1863 la cattedra di Astronomia e Meccanica celeste lasciata scoperta dalla scomparsa del grande Mossotti; sempre dal 1863 teneva il corso di Geodesia il cremonese Eugenio Beltrami (1835-1900), che tuttavia già nel 1867 passò all'Università di Bologna, dove ottenne i risultati relativi alle geometrie non euclidee che lo resero famoso. La figura di maggior spicco nel panorama matematico nazionale era già allora certamente quella di Enrico Betti (1823-1892). Studente a Pisa e caporale del Battaglione Universitario, dopo un periodo a Firenze ottenne nel 1857 la cattedra pisana di Algebra; nello stesso anno partecipò con Brioschi e Casorati a un celebre viaggio d'istruzione nei più famosi centri matematici d'Europa, nel corso del quale conobbe Riemann e ne divenne amico. Nel 1864 ottenne la cattedra di Fisica matematica. Dal 1865 al 1874 e dal 1876 al 1892 fu direttore della Scuola Normale Superiore; dal 1867 al 1886 fece parte del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione e dal 1885 ne fu vicepresidente. Fu anche membro del Parlamento nel 1862, nel 1865 e nel 1874, eletto nel collegio della natia Pistoia; nel 1884 fu nominato senatore del Regno. I suoi contributi scientifici riguardano l'algebra, le funzioni ellittiche, la topologia, la teoria dell'elasticità e quella del potenziale. Fu il vero capostipite della scuola Matematica pisana, avendo come allievi tra gli altri Padova, Ascoli, Arzelà, Aschieri, Flores d'Arcais, Bertini, Somigliana, Tedone.

Il cinquantennio postunitario fu un periodo di eccezionale fertilità per la scuola Matematica pisana. Uno dei primi allievi di Betti, e certamente il più celebre, fu il pisano Ulisse Dini (1845-1918), che fu chiamato sulla cattedra di Analisi superiore nel 1871, e tenne corsi nell'Ateneo pisano per oltre cinquanta anni. Laureatosi nel 1864, perfezionò i suoi studi per un anno a Parigi. Tornato in Italia, fu nominato professore all'Università di Pisa nel 1866, e ricoprì gli insegnamenti di Algebra complementare e Geodesia teorica. Nel 1871 ottenne la

cattedra di Analisi e Geometria, fino allora occupata dal Betti. Dal 1888 al 1890 fu Rettore dell'Università di Pisa, e, dal 1874 al 1876 e dal 1908 fino alla morte, della Scuola Normale. Partecipò anche alla vita politica divenendo deputato al Parlamento per il collegio di Pisa nel 1880, 1882, 1886 e 1890, e fu nominato senatore nel 1892. Dal 1893 al 1917 fece parte del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione. Tra i primi in Italia comprese la necessità di rielaborare più rigorosamente l'analisi infinitesimale. Inoltre conseguì importanti risultati nello studio delle serie, nell'integrazione di funzioni di variabile complessa e sullo sviluppo in serie di funzioni. Molto importante è il suo teorema sulle funzioni implicite, noto come "teorema del Dini".

Alla scuola di Betti e Dini si formò un'intera generazione di matematici, molti dei quali destinati, dopo il periodo di assistentato a Pisa, a ricoprire le maggiori cattedre nazionali, e a generare a loro volta nuove scuole. Tra questi illustri allievi meritano certamente di essere ricordati Salvatore Pincherle, Gregorio Ricci-Curbastro, Luigi Bianchi, Mario Pieri, Rodolfo Bettazzi, Edgardo Ciani e Giuseppe Lauricella. Il corso di Algebra complementare, lasciato da Dini nel 1871, fu tenuto dal 1872 al 1899 dal fiorentino Cesare Finzi (1836-1908). La cattedra di Geometria superiore, tenuta per qualche tempo da Dini, vide poi avvicinarsi dapprima il forlivese Eugenio Bertini (1846-1933), allievo di Betti, chiamato a Pisa nel 1875, ordinario dal 1878, che però già nel 1880 si trasferì a Pavia, mentre il suo posto fu subito preso dal romano Riccardo De Paolis (1854-1892) romano, che divenne ordinario nel 1885 e fu maestro di Federico Enriques. Il corso di Meccanica razionale fu affidato nel 1872 a un altro allievo di Betti, il livornese Ernesto Padova (1845-1896), che divenne ordinario nel 1881 ma nel 1882 si trasferì a Padova, dove ebbe per allievo Tullio Levi-Civita. Al posto di Padova subentrò nel 1883 il giovanissimo Vito Volterra (1860-1940), che divenne ordinario nel 1887. Vito Volterra fu uno dei principali fondatori dell'analisi funzionale e della connessa teoria delle equazioni integrali. Il suo nome è noto soprattutto per i suoi contributi alla biologia matematica. Trascorse i suoi primi anni a Torino, poi a Firenze, mostrando fin da giovane una straordinaria propensione per gli studi matematici, soprattutto nel campo della fisica matematica. Si iscrisse all'Università di Pisa nel 1878 e l'anno successivo viene ammesso alla Scuola Normale Superiore, dove fu allievo di Enrico Betti. Nel 1882 ottiene la laurea in Fisica con una tesi di Idrodinamica, anticipando alcuni risultati di Stokes. Nel 1883, a soli 23 anni, divenne professore di Meccanica razionale e iniziò il suo programma di sviluppo della teoria dei funzionali, occupandosi delle equazioni integrali e integro-differenziali. Nel 1893 diventò professore di Meccanica a Torino e si dedicò alle equazioni alle derivate parziali. Nel 1900 divenne professore di Fisica matematica a Roma. Nel 1905 fu nominato senatore. Dopo la Prima Guerra Mondiale si rivolse alle applicazioni delle proprie idee matematiche alla biologia. Il suo risultato più famoso riguarda il problema preda-predatore. Nel 1923 Volterra fu designato a presiedere il CNR appena istituito, e mantenne l'incarico fino al 1927. Dal 1921 alla morte fu presidente del *Bureau International des Poids et Mesures*. Nel 1931 egli fu uno dei dodici professori universitari italiani a rifiutarsi di prestare il giuramento di fedeltà al fascismo. Fu quindi costretto a lasciare l'Università e le sue molte cariche nelle accademie scientifiche italiane. Negli anni successivi visse prevalentemente all'estero, in particolare a Parigi e in Spagna. Tornò a Roma solo poco prima di morire.

Le cattedre di Fisica erano due, in quanto il pistoiese Luigi Pacinotti (1807-1889), dopo aver insegnato Fisica sperimentale dal 1831 al 1840, lasciata la cattedra a Matteucci aveva

assunto la titolarità del corso di Fisica tecnologica, che tenne poi fino al 1881. A succedere a Luigi Pacinotti nella cattedra di Fisica tecnologica fu chiamato quell'anno stesso il figlio Antonio (1841-1912), inventore della dinamo e certamente uno dei più grandi fisici italiani del XIX secolo. Antonio Pacinotti prese parte alla Seconda Guerra d'Indipendenza come sergente volontario, e fu a Goito, alla periferia della battaglia di Solferino e San Martino. Fu allievo di Matteucci e si laureò in Matematica a Pisa con Felici. Fu aiuto dell'astronomo Giovan Battista Donati nel 1862, professore all'Istituto Tecnico di Bologna dal 1864, professore di Fisica nell'Università di Cagliari nel 1873 e, infine, successe al padre nel 1881. Nello stesso anno fu insignito della Legion d'Onore. Nel 1883 divenne socio corrispondente dell'Accademia dei Lincei e, nel 1898, socio nazionale. Nel 1888 aderì alla Società dei XL. Nel 1905 fu nominato senatore del Regno d'Italia. Tra i suoi allievi vi fu Augusto Righi.

Per quanto riguarda la chimica, l'importante eredità di Raffaele Piria (trasferitosi a Torino nel 1856), di Sebastiano De Luca (passato a Napoli nel 1862) e di Stanislao Cannizzaro era stata raccolta nel 1861 da Paolo Tassinari (1829-1909) di Castel Bolognese, che tenne sia il corso di Chimica inorganica sia quello di Chimica organica. Allievo di Piria, professore a Bologna nel 1860, dopo il trasferimento a Pisa Paolo Tassinari nel 1863 visitò il laboratorio di Bunsen a Heidelberg. Tornato dalla Germania ebbe per breve tempo come assistente Ugo Schiff. Fu accuratissimo analista e valido docente, autore di ottimi manuali, ma non legò il proprio nome a grandi scoperte, anche per i limiti oggettivi della strumentazione di laboratorio a sua disposizione. Tassinari lasciò la cattedra nel 1903.

L'area naturalistica era presidiata in primo luogo dai fratelli Paolo e Pietro Savi, pisani, figli di Gaetano (morto nel 1844), anch'egli naturalista. Paolo Savi (1798-1871) tenne la cattedra di Storia naturale dal 1823 al 1840, per poi passare ad Anatomia comparata e Zoologia; celebre ornitologo, si interessò profondamente anche alla geologia dei Monti Pisani e delle Alpi Apuane; nel 1862 fu nominato senatore del Regno. Il fratello minore Pietro (1811-1871) tenne invece la cattedra di Botanica dal 1844. Infine il padovano Giuseppe Meneghini (1811-1889) occupò dal 1849 la cattedra di Mineralogia e Geologia in sostituzione del geologo Leopoldo Pilla (1805-1848), caduto a Curtatone. Giuseppe Meneghini, laureato in Medicina a Padova nel 1834, e professore di Scienze naturali dal 1839, aveva dovuto lasciare la città natale dopo il 1848 per motivi politici. A Pisa si occupò di geologia e di paleontologia, e fu apprezzato maestro di una vasta schiera di studiosi. Rettore dell'Università di Pisa dal 1871 al 1879, fu nominato senatore del Regno nel 1886 e fu membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione (1885-1889). Nel 1888 pubblicò, anche a nome di Savi, la prima Carta geologica della Toscana.

Nel 1874 Giuseppe Meneghini, mantenendo la cattedra di Geologia e di Geografia fisica, cedette quella di Mineralogia al pisano Antonio D'Achiardi (1839-1902), titolare dal 1876, che la tenne fino alla morte. Antonio D'Achiardi, laureato in Scienze naturali, iniziò la sua attività nell'Istituto di Chimica, dove perse un occhio in un incidente, per cui passò alla mineralogia, campo in cui ottenne importanti risultati, compendiate nei due volumi della Mineralogia della Toscana. Fu l'animatore della Società Toscana di Scienze Naturali. Unico tra gli italiani contemporanei, divenne membro onorario della Società Mineralogica di Londra. Tra il 1867 e il 1900 per ben venticinque anni fu consigliere del Comune di Pisa.

La cattedra di Botanica, lasciata da Pietro Savi alla morte nel 1871, fu dapprima coperta da Teodoro Caruel (1830-1898), nato nel Bengala, che operò per la risistemazione dell'Orto

botanico. Caruel però nel 1880 lasciò Pisa per Firenze, e fu sostituito nel 1881 dal fiorentino Giovanni Arcangeli (1840-1921). Giovanni Arcangeli, laureato a Pisa nel 1862, dal 1864 al 1872 lavorò all'Orto botanico pisano come aiuto, poi dal 1874 al 1877 fu collaboratore di Parlatore all'Orto botanico di Firenze, che diresse di fatto tra il 1877 e il 1879. Fu per due anni professore a Torino prima di essere chiamato a Pisa, dove potenziò e allargò l'Orto botanico sistematico, fu autore del Compendio della Flora Italiana.

La cattedra di Zoologia alla morte di Savi fu attribuita a Sebastiano Richiardi (1834-1904) di Lanzo Torinese. Sebastiano Richiardi aveva studiato anatomia e fisiologia a Pisa, si era poi laureato in Storia naturale all'Università di Torino nel 1860, e nel 1861 era diventato professore di Anatomia comparata a Bologna. Chiamato a Pisa nel 1871, condusse ricerche sui crostacei ma soprattutto s'interessò di zoologia museale, realizzando una collezione di scheletri di cetacei così importante da risultare la più grande dell'Europa continentale. Richiardi fu Rettore dell'Università di Pisa tra il 1891 e il 1893, e fu anche membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione.

## Bibliografia

*Annuari dell'Università di Pisa, 1876-1894.*

*Annuari del Ministero dell'Istruzione 1860-1894.*

Agastra E., Selleri S., *J.C. Maxwell's Forerunners: Riccardo Felici*, in «IEEE Antennas Propagation Magazine», LIV, 3, (2012), pp. 250-257.

Barcaro U., Maccagni C., *Physics in Pisa 1202-1938 a survey*, Pisa, E.T.S., 1987.

Battelli A., *Riccardo Felici*, in «Nuovo Cimento», 4, (1902), p. 233-246.

Bianchi S., Roiti, Antonio, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 88, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2017.

Bonapace L., *L'Istituto di Fisica dal 1878 al 1893. Riccardo Felici, i suoi colleghi e i suoi studenti*, tesi, Pisa, 1997.

Brunelli B., Dragoni G., Donati, Luigi, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 41, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1992.

Capannelli E., Insabato E. (a cura di), *Guida agli archivi delle personalità della cultura toscana tra '800 e '900. L'area pisana*, Firenze, Leo S. Olschki Editore, 2000.

Dell'Aglio L., Padova, Ernesto, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 80, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2015.

Dell'Aglio L., Ricci-Curbastro, Gregorio, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 87, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2016.

Derenzini T., *Mostra di documenti relativi alla Scuola pisana di Fisica*, in «Il Nuovo Cimento», supplemento al volume IV, serie X, numero 2, (1956), pp. 164-187.

Dröscher A., *Le Facoltà di Scienze M.F.N. in Italia*, CLUEB, Bologna, 2013.

*Elenco degli Alunni della Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1847 al 1970*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 1973.

Fabbri V., *Mezzo secolo di tesi di laurea in fisica*, tesi, Pisa, 1993.

Ferrero G., *Riccardo Felici. Un enigma nella vita dello scienziato*, Pisa, ETS, 2014.

Garibaldi A., Campetti, Adolfo, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 17, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1974.

Giozzi M., Bartoli, Adolfo, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 6, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1964.

Luperini C., *La fisica pisana dall'Unità d'Italia alla I Guerra Mondiale*, in *L'Università di Pisa dall'Unità a oggi*, Annale CISUI 14, 2010.

Maiocchi R., Felici, Riccardo, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 46, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1996.

Occhialini A., *Notizie sull'Istituto di Fisica dello Studio pisano*, Pisa, Mariotti, 1914.

Paoloni G., Poloni, Giuseppe, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 84, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2015.

Polvani G., *Fisica*, in *Un secolo di progresso scientifico italiano 1839-1939*, Roma, SIPS, 1939.

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Pozzato E., Bianchi, Luigi, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 10, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1968.
- Puccianti L., *Il contributo della scuola di Pisa alla Fisica italiana*, Roma, SIPS, 1939.
- Puccianti L., *Fisici dell'Università pisana alla guerra del 1848*, in «Il Nuovo Patto», 3, (1919).
- Puccianti L., *Storia della Fisica*, Firenze, Felice Le Monnier, 1951.
- Reeves Buck B., *Italian Physicists and Their Institutions*, A PhD thesis in History of Science presented to the Department of the History of Science of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA, 1980.
- Reeves Buck B., *Le tradizioni di ricerca della fisica italiana nel tardo diciannovesimo secolo*, in *La scienza accademica nell'Italia post-unitaria*, a cura di V. Ancanari, Milano, Franco Angeli, 1989.
- Ròiti A., *Commemorazione del socio Riccardo Felici*, in *Rendiconti dell'Accademia dei Lincei. Classe di scienze matematiche, fisiche e naturali*, Serie V, XI, (1902), pp. 285-295.
- Rossi P., *Le quattro stagioni degli scienziati pisani*, in *L'organizzazione dei saperi all'Università di Pisa*, Pisa, Pisa University Press, 2012, pp. 135-158.
- Rossi P., La Rana A., *Dizionario biografico dei Fisici italiani*, in preparazione, 2018.
- Sansone G., *Algebristi, Analisti, Geometri Differenzialisti, Meccanici e Fisici-Matematici ex-normalisti*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 1977.
- Vergara Caffarelli R., *Pierucci, Mariano*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 83, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2015.
- Vergara Caffarelli R., *I sette lustri della direzione di Riccardo Felici*, Dipartimento di Fisica, consultabile on-line su: <https://www.df.unipi.it/it/content/generic/100726/i-sette-lustri-della-direzione-di-riccardo-felici>.



## Capitolo 4

### Angelo Battelli

La scuola di Felici era stata certamente un punto di riferimento fondamentale per la fisica dell'Italia postunitaria, ma i suoi migliori esiti, da riconoscersi in figure come Bartoli, Donati, Roiti e lo stesso Pacinotti, andarono a fecondare altre sedi e istituzioni accademiche, portandovi l'idea di scienza galileiana (propria di Felici), in cui esperimento e matematica si coniugano naturalmente a produrre teorie coerenti e non mere raccolte di dati empirici. Negli ultimi anni della propria direzione, Felici non fu capace – per vari motivi – di mantenere in vita nell'Istituto quella tradizione scientifica che aveva con tanta forza contribuito a far sviluppare nei decenni precedenti, e l'evoluzione stessa della ricerca aveva contribuito a spingere i più giovani verso problematiche nuove e ormai spesso lontane da quelle su cui Felici aveva focalizzato la propria attenzione.

Quando nel 1893, all'età per l'epoca veneranda di 74 anni e in condizioni di salute ormai malferme, giunse per Felici il momento di farsi da parte<sup>1</sup>, fu quindi inevitabile che l'Ateneo si orientasse – per il suo successore – verso una scelta che non poteva restringersi al bacino ormai quasi prosciugato degli allievi diretti. Dobbiamo ricordare che alla fine del secolo XIX il quadro della fisica italiana si era andato ormai modificando radicalmente rispetto alla situazione del 1860, quando, rispetto al resto del Paese, l'Istituto di Fisica di Pisa era ancora l'unico degno di questo nome.

A Roma, Pietro Blaserna aveva inaugurato nel 1880 l'edificio di via Panisperna e fondato una vera e propria scuola, destinata presto ad assumere un ruolo strategico nel panorama nazionale. Tra gli allievi di Francesco Rossetti a Padova, Giuseppe Vicentini avrebbe presto preso il posto del maestro, mentre Andrea Naccari, trasferitosi a Torino, vi fece crescere un significativo gruppo di ricercatori che avrebbero in breve occupato varie posizioni di prestigio. A Bologna, Augusto Righi godeva ormai di una riconosciuta autorevolezza, mentre a Catania si avvicendarono Damiano Macaluso (in seguito a Palermo), Adolfo Bartoli (in seguito a Pavia) e Giovan Pietro Grimaldi. A completare il quadro delle sedi principali, ricordiamo Ròiti a Firenze e Villari a Napoli. Fu dalla scuola di Naccari che emerse il candidato – Battelli – a succedere alla cattedra di Felici.

<sup>1</sup> Cosa che comportò diverse sanzioni per aver egli deliberatamente lasciato la direzione dell'Istituto di Fisica e dell'annesso Gabinetto, tra cui lo sfratto dal laboratorio di fisica e il conseguente divieto d'accesso, la confisca dei mezzi di studio e di ricerca, l'abbandono dell'abitazione che aveva sempre occupato. (Ròiti 1902: 292).

Tuttavia, l'arrivo di Battelli a Pisa rappresentò una discontinuità non soltanto logica con la scuola di Felici. Vediamo infatti emergere un tratto caratteriale che si tradusse rapidamente in una vera e propria svolta metodologica, con l'affermarsi di una preponderanza dell'esperimento che sarebbe encomiabile se talvolta (o spesso) non si traducesse in una pura ricerca dell'“effetto per l'effetto”, svincolata com'era dall'esigenza di un inquadramento concettuale quale soltanto un'adeguata modellizzazione matematica era in grado di offrire. Troveremo quest'impostazione in molta parte delle attività di Battelli, ma soprattutto la si potrà ritrovare in molti dei suoi allievi, diretti e indiretti, il valore delle cui ricerche risultò, in parte, oscurato proprio dalla mancanza di un'appropriata concettualizzazione teorica e di una conseguente formalizzazione.

## 4.1. Il percorso umano di Angelo Battelli

Angelo Battelli nacque a Macerata Feltria, nella parrocchia di Castellina, il 28 marzo 1862, figlio primogenito di Giovanni Antonio, di famiglia benestante, e di Maria Santa Piselli. Compì gli studi secondari nel ginnasio di Sassocorvaro e poi nel collegio “Raffaello” degli scolopi di Urbino (lo stesso frequentato qualche anno prima da Giovanni Pascoli), dove fu discepolo di Padre Alessandro Serpieri (1823-1885), «quel singolare scolio che nella piccola città marchigiana seppe coltivare con successo e onore la fisica e la meteorologia». Fu quasi certamente l'insegnamento del Serpieri a svegliare in lui l'interesse e la vocazione per le scienze sperimentali, anche se, trasferitosi a Torino nell'autunno del 1880 con la madre e i fratelli Giuseppe, Federico, Rosa, Armida, Aria e Amelia, dovendo iniziarsi gli studi universitari pare rimanesse a lungo indeciso se iscriversi alla facoltà di Lettere o a quella di Scienze.

Avendo finalmente optato per l'iscrizione al corso per la laurea in Fisica, Battelli entrò presto in contatto con il titolare della cattedra di Fisica Sperimentale, il professor Andrea Naccari (1841-1926), e fin dal primo anno di corso gli chiese di frequentare il Laboratorio, anziché attendere il terzo anno come era prassi comune. Naccari evidentemente fu in grado di apprezzare fin da subito le doti di Battelli e gli concesse la frequenza al Laboratorio, accettandolo come assistente volontario. Completati rapidamente e con successo gli studi, Battelli si laureò in Fisica il 14 luglio 1884. Insieme a lui si laureavano il P. Pietro Vigorelli e Luigi Palazzo, che era divenuto suo fraterno amico. Racconta Naccari che sarebbe stata sua intenzione trattenere presso di sé sia Battelli che Palazzo, ma avendo a disposizione un solo posto libero di assistente propose ai due di ricorrere alla sorte. Battelli quindi ottenne il posto di assistente, mentre Palazzo ebbe un posto di perfezionamento all'estero per Fisica terrestre, e divenne in seguito Direttore dell'Ufficio centrale di Meteorologia.

A partire dal 1882 Battelli si era avvicinato a due associazioni politiche, l'Associazione democratica subalpina e l'Alleanza repubblicana, che all'epoca erano vivacemente impegnate nelle iniziative e nelle manifestazioni volte a contestare l'adesione dell'Italia alla Triplice Alleanza con Germania e Austria, vista come una forma di tradimento degli ideali risorgimentali e dell'irredentismo. In tale contesto fu fatto esplodere un ordigno sotto la statua di Vittorio Emanuele I, esponente della reazione postnapoleonica, da poco fatta collocare dal sindaco al centro di una piazza. Battelli fu raggiunto dall'accusa di aver materialmente preparato la

dinamite per l'ordigno, e per questo motivo nel 1885 subì tre mesi di carcere, prima di essere prosciolto a causa della totale mancanza di prove a suo carico, cosa che non impedì che in epoche successive i suoi avversari politici lo gratificassero dell'epiteto di "bombarolo".

Battelli rimase a Torino fino al 1889, dapprima come secondo assistente di Naccari (1885-86), poi come primo assistente (1886-89), e nel 1887 conseguì la libera docenza. Furono anni di intensa attività sperimentale, sulla quale torneremo nel prossimo capitolo, che portò alla stesura di numerosi e apprezzati articoli scientifici.

A caratterizzare la sua personalità di scienziato merita ricordare l'episodio per cui, quando nel 1889 si unì in matrimonio con Giannetta Gastaldi (che gli fu compagna per tutta la vita e gli sopravvisse soltanto dodici giorni) egli approfittò del viaggio di nozze per eseguire le osservazioni che dovevano servirgli per la carta magnetica della Svizzera, e vent'anni dopo trovava naturale chiedere al suo assistente (quasi certamente Occhialini, che si sposò nel 1907 e che narrò la vicenda senza far nomi) di passare in una stazione termale, nel corso del proprio viaggio di nozze, per effettuare alcune misure di radioattività delle acque.

Nello stesso anno 1889, all'età di ventisette anni, Battelli vinse il concorso per la cattedra di Fisica sperimentale all'Università di Cagliari, dove trascorse un paio d'anni e malgrado le difficoltà logistiche riuscì a proseguire le proprie ricerche sperimentali. Nel 1891 vinse un concorso per professore straordinario a Padova, dove subito si trasferì malgrado la diminuzione di *status* e di salario, in quanto tale scelta gli offriva l'opportunità di entrare in un Ateneo di primaria importanza a livello nazionale. Tuttavia la Facoltà di Scienze di Padova aveva già raggiunto la propria quota di professori ordinari, ai sensi della legge Casati, e per questo motivo Battelli presto si spostò nuovamente, questa volta verso Pisa, dove la cattedra di Fisica sperimentale risultava vacante a causa del pensionamento di Riccardo Felici, che l'aveva tenuta per ben sette lustri, e dove Battelli prese servizio il 1° novembre 1893.

Ampliò, anche a spese proprie, l'Istituto fisico di Pisa e lo fornì di buone attrezzature, si da farne un moderno laboratorio, che poté accogliere una numerosa schiera di ricercatori e di allievi. Divenuto nel 1894 direttore del periodico di fisica «Il Nuovo Cimento», ormai scaduto a una tiratura di cento copie, seppe in pochi anni aumentarne la diffusione e ridargli l'antico prestigio come l'organo italiano più autorevole nel campo della fisica. Dal 1900 la rivista, stampata a Pisa, divenne proprietà della Società Italiana di Fisica.

Nel 1897 fu uno dei più attivi fondatori della Società Italiana di Fisica, di cui fu eletto presidente dal 1902 al 1906. Fu socio della Società Scientifica di Pietroburgo, della *Société Française de Physique*, dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, della Società degli Spettroscopisti Italiani, dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, dell'Accademia dei Lincei, dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, della Reale Accademia di Scienze e Lettere di Padova e dell'Accademia Gioenia di Catania, e fu proclamato dottore *honoris causa* dell'Università di Ginevra nel 1909.

Dal 1907 al 1910 fu presidente dell'Associazione nazionale dei professori universitari e membro del Consiglio Superiore dell'Istruzione.

In collaborazione con il fisico Pietro Pierini si interessò della sincronizzazione del sonoro cinematografico, partecipando alla più antica sperimentazione pubblica di un apparato cinematografico sonoro, il 19 ottobre 1906 presso il Cinematografo Lumière di Pisa.

Nel 1910 tenne anche due conferenze (a Torino e a Verona) sulla navigazione aerea e sullo stesso argomento pubblicò, sempre nel 1910, ben sei articoli sulla «Rivista Nautica».

Ma una parte considerevole dell'attività di Battelli fu legata in vari modi al suo impegno politico. Dal 1889 al 1894 ricoprì la carica di consigliere provinciale (provincia di Pesaro) per il mandamento di Macerata Feltria, ruolo che tornò a rivestire anche negli anni 1907-1911 per il mandamento di Urbino. Nel 1896 fu nominato cavaliere dell'Ordine della Corona d'Italia.

Nel 1898 venne regolarizzato maestro nella loggia "Fratellanza universale" di Pisa, chiusa poi nel 1904. Successivamente nel 1907 risulta tra i fondatori della loggia intitolata al deputato radicale pisano Ettore Socci, officina che abbandonò poco dopo per affiliarsi all'altra loggia pisana, intitolata a Carlo Darwin.

Nel 1900 fu eletto deputato di Pisa nelle file dei repubblicani e il mandato gli fu rinnovato, con votazioni quasi plebiscitarie, dai collegi di Pisa e di Urbino nel 1904: optò per Urbino, dove aveva ottenuto l'82% dei voti, e dove venne nuovamente eletto nel 1909 (quando non si presentarono sfidanti) e nel 1913, quando con il suffragio universale ottenne il 91% dei voti.

In Parlamento gli interventi di Battelli erano molto apprezzati sia per la competenza sia per la chiarezza nell'esposizione di problemi tecnici anche complessi. Alla Camera si impegnò per due cause principali: la valorizzazione dell'insegnamento e lo sviluppo del Montefeltro. Si batté per la libertà d'insegnamento e per il miglioramento dello stato giuridico dei professori, ottenendo l'emanazione di una legge in materia. In favore della sua regione d'origine s'impegnò particolarmente per la realizzazione della ferrovia "subappenninica" che doveva congiungere Fabriano con Santarcangelo di Romagna, ma i cui lavori furono interrotti per lo scoppio della Prima Guerra Mondiale, mentre giunse a compimento la realizzazione della linea Rimini-Mercatino, anch'essa patrocinata da Battelli. La sua ultima battaglia parlamentare fu in favore delle popolazioni romagnole e marchigiane colpite dal sisma del 1916.

Ebbe numerosissimi incarichi pubblici nel campo dell'istruzione, dei servizi telegrafici, telefonici e radiotelegrafici, delle privative industriali. Nel 1914 fu eletto consigliere comunale a Pisa. Nel 1915 fu nominato membro del neocostituito Comitato nazionale per le invenzioni di guerra.

Angelo Battelli morì a Pisa l'11 dicembre 1916, avendo per molto tempo sofferto di nefrite. La sua salma fu tumulata nel Camposanto monumentale e la città gli dedicò una strada.

Così lo ricorda Augusto Occhialini:

I giovani che entravano trovavano in lui non il professore che intimidiva con la sua superiorità, ma piuttosto un compagno che sapeva parlar loro con semplicità, che li incoraggiava, li iniziava alle ricerche, li metteva a parte di ciò che c'era da raggiungere e da superare... L'insegnamento non aveva nulla di cattedratico, né si svolgeva sopra un programma prestabilito e invariabile. Gli allievi venivano subito impiegati nei lavori originali, ai quali dovevano un contributo non trascurabile eseguendo o ripetendo misure parziali, o compiendo ricerche bibliografiche e calcoli. Non altrimenti gli artisti italiani del Rinascimento accoglievano nella loro bottega i giovani come collaboratori, più che come scolari, lasciandoli seguire le preferenze dell'ingegno.

### **Stato di servizio di Battelli (secondo i dati forniti da A. Occhialini)**

Dottore in Fisica a Torino il 14 luglio 1884.

Allievo Assistente nell'Istituto di Fisica della R. Università di Torino dal 1882 al 1884.

Secondo Assistente nell'Istituto di Fisica della R. Università di Torino dal 1° novembre 1885 al 1° febbraio 1886.

Primo Assistente nell'Istituto di Fisica della R. Università di Torino dal 1° febbraio 1886 al 31 ottobre 1889.

Professore ordinario di Fisica sperimentale nella R. Università di Cagliari dal 1° novembre 1889 al 31 ottobre 1891.

Professore straordinario di Fisica sperimentale nella R. Università di Padova dal 1° novembre 1891 al 31 ottobre 1893.

Professore ordinario di Fisica sperimentale nella R. Università di Pisa dal 1° novembre 1893. Decreto Reale 12 novembre 1893.

Dottore *honoris causa* nella Facoltà di Scienze dell'Università di Ginevra – 9 luglio 1909.

Cavaliere dell'Ordine della Corona d'Italia – 1896.

Socio della Società Scientifica di Pietrogrado.

Socio della *Société Française de Physique*.

Socio dell'Associazione Elettrotecnica Italiana dalla fondazione – 1896.

Socio della Società Italiana di Fisica dalla fondazione – 1897.

Socio del T. Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti – 22 maggio 1897.

Socio corrispondente esterno della R. Accademia di Scienze e Lettere di Padova – 21 maggio 1893.

Socio della R. Accademia Gioenia di Catania.

Socio corrispondente della R. Accademia dei Lincei – 18 luglio 1899.

Socio nazionale della Società degli Spettroscopisti Italiani – 20 marzo 1903.

Socio corrispondente dell'Accademia delle Scienze di Bologna – 13 dicembre 1903.

Direttore del periodico «Il Nuovo Cimento» dal 1894.

Membro del Consiglio direttivo della *Société Française de Physique* per gli anni 1897 e 1899.

Presidente della Società Italiana di Fisica dal 1902 al 1906.

Presidente dell'Associazione Nazionale dei Professori Universitari dal 1907 al 1910 – Proclamato il 31 gennaio 1907.

Vicepresidente dell'Associazione Elettrotecnica Italiana nel biennio 1912-1914.

Membro del Consiglio Superiore dei Servizi Elettrici presso il Ministero delle Poste e telegrafi dal 1906 in poi.

Membro del Consiglio Superiore dell'Istruzione dal 1907 al 1910. R. Decreto 9 giugno 1907.

Membro della Commissione Reale incaricata di designare le zone più adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 – R. Decreto 15 gennaio 1909.

Presidente della Commissione per il Concorso internazionale di costruzioni antisismiche indetto dal Comitato Lombardo – 1909.

Presidente della Sotto-Commissione per il Gruppo delle industrie elettriche giudicatrice nel concorso a premi al merito industriale, bandito dal Ministero di A.I.C. – Decreto ministeriale 8 maggio 1908.

Regio Commissario presso l'Istituto Nazionale "Alessandro Rossi" di Vicenza dal 1909 al 1911.

Membro della Commissione Reale per lo studio tecnico amministrativo e finanziario del servizio telefonico in Italia – R. decreto 10 luglio 1910.

Presidente della Delegazione Italiana alla Conferenza Radiotelegrafica di Londra – R. Decreto 14 maggio 1912.

Delegato del Ministero della Marina alla Conferenza internazionale dell'ora a Parigi – R. Decreto 6 ottobre 1912.

Membro della Commissione centrale presso il Ministero di A.I.C. per la revisione dei reclami sulle privative industriali nell'anno 1914 – Decreto Ministeriale 4 maggio 1914. Riconfermato per l'anno 1915 – Decreto Ministeriale 1 marzo 1915.

Membro del Comitato Nazionale per le Invenzioni di guerra dalla fondazione – 1915.

Delegato aggiunto per l'Italia al *Comité interalliés des inventions pour la guerre* a Parigi dal 4 aprile 1916.

Membro della Commissione d'Inchiesta sul sinistro della R.N. "Leonardo da Vinci" – Decreto Luogotenenziale 3 settembre 1916.

Deputato al Parlamento Nazionale per la XXI legislatura – Eletto a Pisa il 3 giugno 1900.

Deputato al Parlamento Nazionale per la XXII legislatura – Eletto a Pisa e a Urbino il 6 novembre 1904 – Optò per Urbino.

Deputato al Parlamento Nazionale per la XXIII legislatura – Eletto a Urbino il 7 marzo 1909 con voti 2346 su 2416 votanti.

Deputato al Parlamento Nazionale per la XXIV legislatura – Eletto a Urbino il 26 ottobre 1913 con voti 9796 su 10515 votanti.

Consigliere Provinciale per il Mandamento di Macerata Feltria in Provincia di Pesaro – Elezioni generali amministrative del 1889.

Consigliere Provinciale per il Mandamento di Urbino in Provincia di Pesaro – Elezioni parziali amministrative del 1907.

Consigliere Comunale a Pisa – Eletto il 14 giugno 1914.

## 4.2. L'opera scientifica di Angelo Battelli

Le prime ricerche di Angelo Battelli risalgono al 1884 e sono dedicate ai sistemi catottrici centrati e ai telescopi a riflessione, e non rivestono carattere di grande originalità. Nello stesso anno, Battelli pubblicò anche un articolo sulle proprietà termoelettriche delle leghe binarie, con lo scopo di stabilire come varia la forza elettromotrice col variare della temperatura e delle proporzioni dei componenti. Poco dopo si occupò anche della variazione di volume di alcuni corpi per effetto della fusione, dell'influenza della pressione sulla temperatura di fusione (al fine di verificare sperimentalmente a livello quantitativo la legge di Thomson) e di altri fenomeni termici relativi a varie sostanze e in particolare ai miscugli binari. Diverse di queste ricerche furono pubblicate in articoli a doppia firma con l'amico Luigi Palazzo e con lo studente Mattia Martinetti.

Battelli collaborò anche con Stefano Pagliani (1856-1934), assistente di Naccari fino al 1881 e all'epoca professore all'Istituto Tecnico di Torino, in una ricerca sull'attrito interno dei liquidi. Risale a questo periodo (1885) anche la collaborazione con Naccari nelle ricerche sul fenomeno Peltier nei liquidi. Battelli si dedicò poi nuovamente alla termoelettricità con una serie di lavori che si concretizzarono in ben 19 memorie scritte tra il 1885 e il 1893. Si trattò dapprima di verificare la legge di Tait e Avenarius nelle leghe, poi seguirono i lavori sul fenomeno Thomson, in cui dimostrò che il calore sviluppato tra punti a temperatura differente

in un conduttore percorso da corrente è proporzionale all'intensità della corrente. Parecchie ricerche furono dedicate alle relazioni tra i fenomeni termoelettrici e altri fenomeni, con particolare riguardo ai fenomeni Peltier e Thomson e alle variazioni della resistenza con la temperatura.

Conformemente a quella che fu sempre la visione generale di Battelli, si trattò di ricerche di carattere prevalentemente quantitativo, volte a controllare con l'esperienza molti dei risultati della teoria. Gli si deve la prima determinazione del valore assoluto del cosiddetto "calore specifico dell'elettricità", effettuata per vari metalli, come cadmio, nichel, piombo e mercurio, e l'osservazione che in alcuni sistemi (piombo in leghe binarie) l'effetto Peltier si annulla in corrispondenza a temperature non lontane da quella ambientale. Studiò anche (1886) l'influenza della magnetizzazione sulla conduttività termica del ferro, in analogia con il caso della conduttività elettrica, e riuscì a evidenziare una piccola diminuzione della conduttività.

Battelli nello stesso periodo dedicò anche 14 memorie alla fisica terrestre, e in particolare alle correnti telluriche e sull'evaporazione dell'acqua nel terreno umido (1889), oltre a impegnarsi per la costruzione della carta magnetica della Svizzera (1888-1893), utilizzata poi per completare le curve rappresentative degli elementi magnetici dell'Europa. Alcune delle ricerche di quegli anni gli consentirono di vincere nel 1888 due quinti del Premio per la Fisica e la Chimica dell'Accademia dei Lincei, il cui comitato valutatore si riservò tuttavia di commentare che l'attività di Battelli appariva disperdersi eccessivamente su troppi diversi argomenti.

Nel 1887 Battelli intraprese un lavoro di lunga lena, che lo impegnò fino al 1893 e si tradusse in sette pubblicazioni, sulle proprietà termiche dei vapori, col proposito di completare ed estendere dall'acqua ad altri liquidi (etere, solfuro di carbonio, alcole) i lavori di V. Regnault per la determinazione delle costanti critiche dei vapori saturi e della relazione tra volume, pressione e temperatura di una massa costante di vapore: è un complesso imponente di misurazioni accurate, i cui risultati passarono nei trattati di fisica del tempo. Le ricerche furono iniziate sull'etere, del quale furono costruite venti isoterme nella regione prossima alla linea del vapore saturo secco, e furono confrontate con i dati sperimentali le equazioni di stato proposte da vari autori, segnalando l'opportunità di una modifica della formula di Clausius. Battelli chiari anche, contro alcune opinioni circolanti all'epoca, che alla temperatura critica il liquido e il vapore coesistono alla stessa densità. Va notato che a causa dei continui trasferimenti gli apparati dovettero per due volte essere disfatti e ricostruiti. Le proprietà del solfuro di carbonio furono in effetti studiate nel periodo cagliaritano, mentre lo studio dell'alcool risale al 1893, e una memoria del 1895 completa gli studi precedenti. Anche in questo caso i risultati di Battelli gli fruttarono alcuni premi, tra cui quello ministeriale del 1891 e il premio Bressa dell'Accademia di Torino nel 1893.

Queste ricerche mostrarono che Battelli era uno sperimentatore assai abile e che non esitava a intraprendere una serie di esperimenti lunghi e difficili, sempre con l'obiettivo di confrontare i propri dati con la teoria e con i risultati di altri sperimentatori, di solito trovando accordo. Quando si muoveva su terreni meno esplorati, come nel caso della fisica terrestre, anche i risultati erano meno precisi e convincenti, e caratterizzati da una certa mancanza di sistematicità e di basi teoriche.

Questo limite si riscontra anche nei lavori sulle scariche nei gas rarefatti, iniziato al tempo della scoperta dei raggi Roentgen, quando questa tematica a lungo trascurata divenne rapidamente di grande interesse. Appare ammirevole il fatto che Battelli, in collaborazione

con Garbasso e con alcuni allievi, riuscì, a partire dalla notizia giornalistica del 5 gennaio 1896 sulla scoperta dei raggi X, a ritrovare i fenomeni annunciati, a verificarne le proprietà e a esporle a Pisa il 25 gennaio in una pubblica conferenza, prima ancora che la memoria di Roentgen fosse pubblicata. Si noti che non c'era in quel momento in Italia nessuna tradizione di ricerca sulle scariche nei gas rarefatti, con appena quattro lavori, di quattro diversi autori, pubblicati sul «Nuovo Cimento» dal 1870 al 1895 (cfr. Giuliani G., Marazzini P., *The Italian physics community and the crisis of classical physics: new radiations, quanta and relativity*, in «Annals of science», 51, 1994). Tuttavia non si può non rilevare che dal punto di vista teorico l'analisi di Battelli e Garbasso fu del tutto inadeguata, in quanto essi sostennero che i raggi X non potessero essere onde elettromagnetiche, ma dovessero essere una nuova forma di radiazione "materiale", analoga ai raggi catodici, ma più "sottile" e più penetrante. È singolare il fatto che invece proprio Garbasso fosse stato uno dei primi a riconoscere e sostenere che la luce fosse un'onda elettromagnetica.

Ben più significative e ricche di risultati furono le ricerche sulle scariche oscillatorie, iniziate nel 1900 e durate per molti anni, con la collaborazione di Luigi Magri (1875-1911), traducendosi in dieci pubblicazioni. Per verificare la formula di Thomson bisognava misurare periodi brevissimi, e a tale proposito Battelli progettò e fece realizzare un apparecchio atto a dare agli specchi una grande velocità di rotazione, e altri ingegnosi apparati.

I processi termici connessi con le scintille formarono oggetto di numerosissime e lunghissime indagini di Battelli e Magri, i quali studiarono inoltre (1902-07) col metodo dello specchio rotante, le scintille date da una scarica oscillante ottenendo insuperabili documenti fotografici che permisero loro di seguire la complicata vicenda della scintilla, distinguendo partecipazione dei vapori metallici eietti e quella del gas interposta e sorprendendo le modificazioni che quelle vicende subiscono quando si modificano le condizioni elettriche del circuito.

Tra gli studi sull'isteresi magnetica diretti a cercare come al crescere della frequenza varino i cicli d'isteresi ottenuti con campi alternativi di orientazione costante, particolarmente importanti le ricerche del 1905-06 che studiano il comportamento sia di sbarre massicce d'acciaio, sia di fasci di fili d'acciaio via via sempre più fini (da un decimo di millimetro fino a cinque centesimi di millimetro) usando correnti magnetizzanti periodiche variabili da 59 a 10.000 per sec (ottenute con generatori meccanici) e impiegando come strumento di registrazione il tubo Braun. Il risultato conseguito consiste essenzialmente nel fatto che, quando le correnti di Foucault sono estremamente ridotte, i cicli di isteresi si mantengono sensibilmente inalterati, passando dalle basse alle alte frequenze sperimentate.

Un altro importante risultato raggiunto fu la dimostrazione che per le correnti oscillatorie la resistenza ohmica di un filo avvolto ad elica non è quella dello stesso filo teso rettilineo. Per questo studio Battelli ottenne il Premio Reale dell'Accademia dei Lincei.

Relativamente alle leggi dell'induzione a Battelli e Magri si deve la scoperta (1906) dell'induzione mutua tra le spirali adiacenti di un solenoide, che è particolarmente notevole nel caso di altre frequenze: il fatto diede luogo a importanti indagini teoriche tra cui quelle dello stesso Battelli. Nel 1909 Battelli e Magri trattarono il caso della scintilla provocata nell'aria dalla scarica di un circuito oscillante e trovarono che nell'ultima parte della scarica la scintilla consiste in una successione di archi elettrici.



Battelli compì numerosi altri studi sperimentali di minore rilievo: sulla calorimetria a temperature molto basse (con la conclusione che per i liquidi che solidificano a temperature molto basse il calore specifico tende, al diminuire della temperatura, a un andamento asintotico all'asse delle temperature), sulla dissociazione elettrolitica, oggetto del trattato *Esposizione critica della dissociazione elettrolitica* (Lucca, 1899) scritto in collaborazione con Stefanini, sulla pressione osmotica (con il risultato che soluzioni diluite di uguale tensione superficiale hanno la stessa pressione osmotica e la stessa tensione di vapore, e che il passaggio attraverso il setto tende a rendere uguali le tensioni superficiali delle due parti), sui raggi X e sulla radioattività.

Una menzione particolare meritano gli studi sulla radioattività, svolti tra il 1906 e il 1909 in collaborazione con gli assistenti Occhialini e Chella, non tanto per quanto riguarda i risultati originali, che riguardano soprattutto una raccolta di dati sulla radioattività di acque e gas sorgivi (1906), quanto per la redazione, con i suddetti coautori, del trattato *La radioattività* (Bari, 1909), pregevole opera che accolse quanto di fondamentale allora si conosceva sull'argomento e che, apprezzata anche all'estero, fu tradotta in francese e in tedesco nel 1910. Per un'ampia analisi della struttura e dei contenuti del trattato si rimanda al saggio di Gamba E., *Il trattato sulla radioattività di Angelo Battelli*, pubblicato negli atti del convegno di San Leo del 2004.

Tuttavia l'attività scientifica di Battelli, intensa e pregevole negli anni giovanili, andò via via scemando d'estensione e d'importanza, a causa dei suoi impegni politici ed organizzativi e del suo carattere incostante. Merita ricordare che, già quando seppe della nomina a deputato, il suo maestro Naccari espresse profondo rammarico, considerando che l'impegno politico sarebbe assai probabilmente andato a detrimento dell'impegno scientifico.

Oltre a quelli già menzionati, Battelli pubblicò vari altri trattati: *Trattato pratico per le ricerche di elettricità in medicina* (Roma, 1898), con il fratello Federico, *Trattato di fisica sperimentale ad uso delle Università* (Milano, 1902-1916, in tre volumi) in collaborazione con Cardani, e infine il *Corso di Fisica e Chimica per i licei moderni* (1911), che ebbe numerose edizioni, adattate ai vari tipi di istituto, e fu adottato in un grandissimo numero di scuole.

## **Elenco dei premi e riconoscimenti conseguiti da Battelli**

Premio Ministeriale di L. 2.000 per il 1888 conferito dalla R. Accademia dei Lincei.

Premio Ministeriale di L. 2.000 per il 1891 conferito dalla R. Accademia dei Lincei.

Ottavo Premio Bressa di L. 10.416 conferito dalla R. Accademia delle Scienze di Torino per le ricerche sui vapori - 7 gennaio 1894.

Premio Cagnola di L. 3.000 conferito dal R. Istituto Lombardo per l'opera *Sulla dissociazione elettrolitica* (in unione col Prof. Stefanini) - 1898.

Premio Cagnola di L. 3.000 conferito dal R. Istituto Lombardo per l'opera *La radioattività* (in unione con A. Occhialini e S. Chella) - 1908.

Premio Reale per la Fisica del 1906 di L. 10.000 conferito dalla R. Accademia dei Lincei - Solenne adunanza del 7 giugno 1908.

### 4.3. Pubblicazioni di Angelo Battelli prima della chiamata a Pisa

Di seguito, un elenco dei lavori pubblicati da Battelli prima del suo trasferimento a Pisa.

<b>Titolo</b>	<b>Rivista</b>	<b>N.</b>	<b>Pag.</b>	<b>Anno</b>
Sui sistemi catottrici centrati	Atti Torino	XIX	297	1884
Sui sistemi catottrici centrati	Repert. d. Phys.			1885
Sulle proprietà termoelettriche delle leghe. Parte I	Mem. Torino	XXVI	487	1884
(con L. Palazzo) Intorno alla fusione dei miscugli di alcune sostanze non metalliche. Parte I	Atti Torino	XIX	514	1884
Sulla propagazione della luce in un sistema catadiottrico	Atti Ist. Ven.	6-II	1081	1885
Sull'aberrazione di sfericità nei telescopi Gregori e Cassegrain	Atti Torino	XX	670	1885
(con S. Pagliani) Sull'attrito interno dei liquidi	Atti Torino	XX	449	1885
(con S. Pagliani) Sull'attrito interno dei liquidi	Atti Torino	XX	653	1885
Conseguenze di una nuova ipotesi di Kohlrausch sui fenomeni termoelettrici	Rend. Lincei	6-I	117	1885
Conseguenze di una nuova ipotesi di Kohlrausch sui fenomeni termoelettrici	Nuovo Cim.	XVIII	219	1885
(con A. Naccari) Sul fenomeno Peltier nei liquidi. Nota I	Atti Torino	XX	825	1885
(con A. Naccari) Sul fenomeno Peltier nei liquidi. Nota II	Atti Torino	XX	964	1885
Sui fenomeni termici che accompagnano la formazione dei miscugli di sostanze non metalliche	Rend. Lincei	4-I	646	1885
(con L. Palazzo) Sulle variazioni di volume di alcuni corpi per effetto della fusione	Rend. Lincei	4-I	283	1885
(con M. Martinetti) Sui calori specifici e di fusione di sostanze non metalliche	Rend. Lincei	4-I	621	1885
(con M. Martinetti) Sulla fusione di miscugli binari di sostanze non metalliche. Parte II	Atti Torino	XX	844	1885
(con L. Palazzo) Intorno alla fusione dei miscugli binari di sostanze non metalliche	Atti Torino	XX	1058	1885
(con M. Martinetti) Sulla variazione di volume che si avvera nell'atto della mescolanza di sostanze organiche	Rend. Lincei	4-II, 2	247	1886
Influenza della pressione sulla temperatura di fusione di alcune sostanze	Atti Ist. Ven.	6-III	1781	1886

Influenza della pressione sulla temperatura di fusione di alcune sostanze	Nuovo Cim.	XIX	232	1886
(con A. Naccari) Sul fenomeno Peltier nei liquidi. Nota III	Atti Torino	XXI	581	1886
(con A. Naccari) Sul fenomeno Peltier nei liquidi	Nuovo Cim.	XX	201	1886
(con M. Martinetti) Un regolatore per la pressione dei gas	Ing. Civ. Ind.	XII		1886
Intorno all'influenza della magnetizzazione sopra la conducibilità termica del ferro	Atti Torino	XXI	559	1886
Sul fenomeno Thomson. Studio sperimentale. Nota I	Atti Torino	XXII	48	1886
Sul fenomeno Thomson. Nota II	Atti Torino	XXII	369	1887
Sull'effetto Thomson	Nuovo Cim.	XXI	228	1887
Sul fenomeno Thomson nel piombo	Nuovo Cim.	XXI	250	1887
Sul fenomeno Thomson. (Nota II)	Nuovo Cim.	XXII	157	1887
Sul fenomeno Thomson. (Continuazione e fine)	Nuovo Cim.	XXII	221	1887
Sul fenomeno Thomson nel nichel	Rend. Lincei	4- III	105	1887
Sulle proprietà termoelettriche delle leghe. Parte II	Atti Ist. Ven.	6-V	1237	1887
Sulla termoelettricità del mercurio	Rend. Lincei	4-III	6	1887
Sulla termoelettricità delle amalgame	Rend. Lincei	4-III, 2	37	1887
Sull'annullarsi del fenomeno Peltier al punto neutrale di alcune leghe	Rend. Lincei	4-III	404	1887
Sulla resistenza elettrica delle amalgame	Mem. Lincei	4-IV	206	1887
Sulle correnti telluriche	Ann. Uff. Met.	IX	1	1887
Sull'evaporazione dell'acqua e del terreno umido	Ann. Uff. Met.	IX	99	1887
Sull'annullarsi del fenomeno Peltier al punto neutrale di alcune leghe	Nuovo Cim.	XXIII	64	1888
Sulle variazioni della resistenza elettrica e del potere termoelettrico del nichel al variare della temperatura	Atti Torino	XXIII	169	1888
Sul fenomeno Peltier a diverse temperature e sulle sue relazioni col fenomeno Thomson	Mem. Lincei	4-V	632	1888
Sulle correnti telluriche. Nota preliminare	Rend. Lincei	4-IV	25	1888
Sulle correnti telluriche	Nuovo Cim.	XXIV	45	1888
Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte I	Mem. Torino	XL	21	1889
Misure assolute dell'inclinazione magnetica nella Svizzera	Rend. Lincei	4-V	771	1889
Misure assolute degli elementi del magnetismo terrestre nella Svizzera eseguite nel 1888 e 1889	Ann. Uff. Met.	XI	29	1889

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Misure assolute degli elementi del magnetismo terrestre eseguite nella Svizzera nel 1889	Rend. Lincei	4-VI	513	1890
Sul fenomeno Peltier a diverse temperature e sulle sue relazioni col fenomeno Thomson	Nuovo Cim.	XXVII	111	1890
Sulle correnti telluriche	Nuovo Cim.	XXVII	233	1890
Sull'evaporazione dell'acqua e del terreno umido	Nuovo Cim.	XX-VIII	247	1890
Sulle correnti telluriche. (Continuazione e fine)	Nuovo Cim.	XX-VIII	97	1890
Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte II	Mem. Torino	XLI	25	1890
Sull'influenza della forza elettromotrice degli elettrodi nello studio delle correnti telluriche	Rend. Lincei	4-VII	403	1891
Sul crepuscolo	Nuovo Cim.	XL	97	1891
Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	XXX	235	1891
Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	XXXI	156	1892
Sulle proprietà termiche dei vapori. (Continuazione. e fine)	Nuovo Cim.	XXXII	38	1892
Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte III	Mem. Torino	XLII	119	1892
Misure per la costruzione della carta magnetica della Svizzera. Parte I	Atti Ist. Ven.	7-III	455	1892
Misure per la costruzione della carta magnetica della Svizzera. Parte II	Atti Ist. Ven.	7-III	973	1892
Misure per la costruzione della carta magnetica della Svizzera. Parte III	Atti Ist. Ven.	7-III	1479	1892
Risultati delle misure per la costruzione della carta magnetica della Svizzera	Nuovo Cim.	XXXII	250	1892
Carta magnetica della Svizzera	Ann. Uff. Met.	XIV	83	1892
Sur les variations seculaires des elements du magnetism terrestre en Suisse	Arch. Sc. Ph. N.	XXVII	202	1892
Sullo stato della materia nel punto critico. Parte I	Ann. Ist. Ven.	7-III	1615	1893
Sullo stato della materia nel punto critico	Nuovo Cim.	XXXIII	22	1893
Sullo stato della materia nel punto critico	Nuovo Cim.	XXXIII	57	1893
Sullo stato della materia nel punto critico. Parte II	Atti Ist. Ven.	7-IV	685	1893
Sulle isobare dei vapori	Rend. Lincei	5-II	171	1893
Sulle isobare dei vapori	Nuovo Cim.	XXXIV	5	1893
Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	XXXIV	97	1893
Sulle variazioni della resistenza elettrica e del potere termoelettrico del nichel al variare della temperatura	Nuovo Cim.	XXXIV	125	1893
Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte IV	Mem. Torino	XLIII	99	1893

Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	XXXIV	186	1893
Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sul fenomeno Thomson	Atti Ist. Ven.	IV	1452	1893
Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sul fenomeno Peltier	Atti Ist. Ven.	IV	1581	1893
Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sulle correnti termoelettriche	Atti Ist. Ven.	IV	1616	1893
Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sul fenomeno Peltier	Atti Ist. Ven.	IV	1637	1893
Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sulle correnti termoelettriche	Atti Ist. Ven.	IV	1745	1893
Sul comportamento termoelettrico dei metalli magnetizzati	Rend. Lincei	5-II	162	1893

Abbreviazioni:

Ann. Uff. Met. = Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico

Arch. Sc. Ph. N. = Archives des Sciences Physiques et Naturelles

Atti Torino = Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino

Atti Ist. Ven. = Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti

Rend. Lincei = Atti della R. Accademia dei Lincei: Rendiconti della Classe di Scienze

Mem. Lincei = Atti della R. Accademia dei Lincei: Memorie della Classe di Scienze

Nuovo Cim. = Il Nuovo Cimento

Ing. Civ. Ind. = L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali

Mem. Torino = Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino

#### 4.4. La ristrutturazione dell'Istituto di Fisica di Pisa

Quando Battelli, alla fine del 1893, si insediò sulla cattedra di Fisica sperimentale dell'Università di Pisa che fu di Felici, l'edificio dell'Istituto, affacciato su piazza San Simoncino (oggi Piazza Torricelli), era ancora nello stato originario risultante dalla parziale realizzazione, nel 1844, del progetto di Carlo Matteucci, che già all'epoca aveva previsto e auspicato un successivo ampliamento. Durante la propria direzione, e in particolare negli ultimi anni, Riccardo Felici aveva coinvolto un numero molto limitato di collaboratori e di laureandi, per cui l'esiguità dello spazio disponibile non era stata avvertita come una grave limitazione.

Lo stile scientifico e didattico di Battelli era ben diverso, e immediatamente egli si rese conto che non avrebbe potuto operare secondo i propri standard se non avesse avuto a disposizione un edificio ben più ampio. Per questo motivo già il 23 marzo 1894, ovvero pochissimi mesi dopo il proprio arrivo a Pisa, Battelli interessò alla questione il Consorzio dell'Università, chiedendo che il Consorzio anticipasse le risorse finanziarie necessarie all'ampliamento dell'edificio, (stimate in circa 15 mila lire dell'epoca) in attesa di un finanziamento dello Stato che non sarebbe potuto arrivare in tempi brevi, e impegnandosi per parte propria a coprire

con 5 mila lire le spese per l'acquisizione della nuova strumentazione. A fronte della dichiarata disponibilità del Ministero, che il 29 luglio 1894 si impegnò a restituire in tre anni la cifra anticipata dal Consorzio, la proposta di Battelli fu accettata e si avviarono rapidamente i lavori, soggetti alla costante supervisione del Professore.

Entro il 1895 fu così sopraelevato di un piano il corpo di fabbrica disposto lungo la facciata principale, con un aumento di spesa rispetto al preventivo di circa mille lire, anche queste erogate da Battelli. Nel 1896, per completare il progetto originario di Matteucci, si provvide poi a un'ulteriore elevazione, questa volta sul fianco dell'Istituto, con un finanziamento di 3 mila lire alle quali Battelli dovette aggiungerne altre 2 mila di tasca propria per coprire l'intera spesa. Anche questo risultato apparve insoddisfacente, e si giunse a una sistemazione, che fu poi per lungo tempo definitiva, soltanto nel 1905, quando lo Stato e il Consorzio Universitario permisero il prolungamento dell'edificio nel fianco Sud, lungo la piazza all'epoca denominata San Simone (oggi piazza Dante). L'impresa fu completata nel 1908, con una spesa complessiva di oltre 75 mila lire.

	<b>1844-1894</b>	<b>1894-1908</b>	<b>1908-1916</b>
Insegnamento generale	mq 293,37	mq 293,37	mq 338,39
Esercitazioni pratiche	-----	mq 172,52	mq 192,47
Laboratori	mq 154,56	mq 286,73	mq 408,25
Biblioteca e stanze studio	mq 47,55	mq 107,23	mq 187,49
Officina e stanza delle macchine	mq 85,67	mq 85,67	mq 188,33
Spazio utile totale	mq 581,15	mq 945,52	mq 1314,93

(tabella tratta da Occhialini A., *Notizie sull'Istituto di Fisica sperimentale dello Studio pisano*, p. 84)

Le notizie relative a queste vicende ci sono riferite da Augusto Occhialini, che nel 1914 celebrò con un ampio saggio il settantesimo anniversario della fondazione dell'Istituto. Il saggio di Occhialini riporta anche, con minuzioso dettaglio e con le piante dei vari piani, la disposizione dell'aula, degli studi, dei laboratori, della biblioteca, dell'officina e delle abitazioni del Direttore e del Custode, descrive gli impianti dell'elettricità, dell'acqua e del gas e inoltre riporta puntualmente l'elenco di tutti gli strumenti scientifici e didattici installati e utilizzati nell'Istituto. Da tale descrizione si inferisce con grande precisione anche l'ambito e la tipologia delle ricerche che potevano essere in corso nell'ultimo periodo di attività di Battelli e dei suoi diretti collaboratori. Risulta evidente l'interesse per i fenomeni elettrici (e in particolare lo studio delle scariche oscillatorie), ma anche la mai cessata propensione verso la termologia, evidenziata dall'esistenza di un laboratorio per la criogenia e di uno per le ricerche a temperature elevate. Ampio spazio è dedicato anche alla dotazione dell'officina e a quella della "sala delle macchine" contenente trasformatore, alternatore, due dinamo e un potente compressore).

Un capitolo a parte merita la biblioteca, della quale Occhialini ci ricorda che al principio del 1894 conteneva un centinaio di libri e 11 periodici, mentre nel 1914 i trattati erano circa ottocento e il numero dei periodici, salito a 45 già dal primo anno di Direzione, aveva infine raggiunto la cifra complessiva di 130. La "tecnica" di Battelli per accrescere il numero dei periodici con una modalità economicamente sostenibile consistette essenzialmente nel ri-

vitalizzare fortemente «Il Nuovo» Cimento (la cui tiratura fu immediatamente portata da cento a cinquecento copie), rendendolo una rivista appetibile anche a livello internazionale, per poi proporre lo scambio dello stesso con le riviste pubblicate dalle istituzioni di ricerca di tutti i Paesi. L'elenco dei periodici presenti in Istituto nel 1914, allegato al saggio di Occhialini, comprende riviste provenienti da 41 città e 14 nazioni, europee e americane, oltre che da tutte le principali Università e accademie italiane. La proprietà del «Nuovo Cimento» fu poi ceduta alla *Società Italiana di Fisica*, che inserì nello Statuto l'impegno a mantenere la sede della propria Biblioteca nell'Istituto di Pisa.

#### 4.5. Cenni bio-bibliografici sugli allievi, assistenti, collaboratori e tecnici di Battelli

Anche alla luce di quanto già osservato in relazione alla didattica di Battelli e all'organizzazione dei laboratori, si potrebbe dire, parlando in senso lato, che quasi tutti i laureati del periodo in esame furono collaboratori di Battelli. In effetti, prendendo in esame l'elenco delle pubblicazioni dal 1894 al 1914 (allegato al saggio di Occhialini), che comprende oltre 250 articoli, di cui una cinquantina in collaborazione, notiamo che vi compaiono 42 autori, e di questi se ne sono laureati con Battelli ben 37 (la metà del totale dei suoi laureati). Peraltro quasi tutti i laureati pubblicarono sul «Nuovo Cimento» il risultato del loro lavoro di tesi, spesso in forma di sunti o di note che non venivano registrate tra le pubblicazioni dell'Istituto.

Naturalmente solo una frazione dei laureati manteneva un rapporto con l'Istituto dopo la discussione della tesi. Fino al 1906 spesso i laureati più interessati alla ricerca e alla carriera accademica trascorrevano da uno a tre anni nella posizione di "assistente volontario", e intorno al 1900 vi furono fino a sei neolaureati contemporaneamente presenti in tale veste. Questa figura però quasi mai si trasformava in una posizione di ruolo, per cui in molti casi l'attività proseguiva poi nell'ambito dell'insegnamento secondario superiore. Nello stesso periodo (1893-1906) le posizioni "ufficiali" (comunque a termine e senza alcuna garanzia di sviluppo di carriera) erano soltanto due, l'Aiuto e l'Assistente.

A.A.	Aiuto	Assistente	Assistente	Assistente
1893/94	Crescini E.	Bartorelli A.		
1894/95	Bartorelli A.	Rovida A.		
1895/96	Bartorelli A.	Rovida A.		
1896/97	Pandolfi M.	Magri L.		
1897/98	Pandolfi M.	Magri L.		
1898/99	Pandolfi M.	Magri L.		
1899/00	Pandolfi M.	Magri L.		
1900/01	Pandolfi M.	Magri L.		
1901/02	Magri L.	Maccarrone F.		
1902/03	Magri L.	Maccarrone F.		
1903/04	Magri L.	Maccarrone F.		

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1904/05	Maccarrone F.	Occhialini A.		
1905/06	Maccarrone F.	Occhialini A.		
1906/07	Occhialini A.	Doglio P.		
1907/08	Doglio P.	Occhialini A.	Niccolai G.	Chella S.
1908/09	Doglio P.	Occhialini A.	Polara V.	Chella S.
1909/10	Doglio P.	Occhialini A.	Polara V.	Chella S.
1910/11	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1911/12	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1912/13	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1913/14	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1914/15	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1915/16	Occhialini A.	Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.

Il posto di assistente, quasi sempre propedeutico a quello di aiuto, andò dapprima a Bartorelli (1893-94), poi a Rovida (1894-1896), Magri (1896-1901), Maccarrone (1901-1904), Doglio (1906-07) e Occhialini (1904-1906 e 1907-1910). Nel ruolo di aiuto dopo Crescini (1892-94) si avvicendarono per l'appunto Bartorelli (1894-1896), Pandolfi (1896-1901), Magri (1901-1904) e Maccarrone (1904-1906), mentre in seguito la posizione fu tenuta da Doglio (1907-1910) e infine da Occhialini (1906-07 e 1910-1916).

Con l'anno accademico 1907/08 si ebbe un'importante crescita delle posizioni disponibili, in quanto il numero degli assistenti salì stabilmente a tre. Nel ruolo troviamo S. Chella (dal 1907 al 1916), Niccolai (nel 1907/08), V. Polara (nel 1908-1910) e infine, per tutto il periodo 1910-1916, O. Bonazzi e T. Collodi.

Una via d'accesso parallela, e in qualche modo complementare, alla carriera accademica era costituita dagli incarichi d'insegnamento, spesso necessari, almeno a partire dal 1900, per coprire i compiti didattici relativi ai corsi di laurea che richiedevano un insegnamento della Fisica.

A.A.	Fisica sperim.	Medicina	Farm. Agr. Vet.	Mat. Chimici	Fis. Tecn. Ing.
1900/01	Battelli	Stefanini		-----	Pacinotti
1901/02	Battelli	Stefanini		-----	Pacinotti
1902/03	Battelli	Stefanini		-----	Pacinotti
1903/04	Battelli	Stefanini	Magri	Maccarrone	Pacinotti
1904/05	Battelli	Stefanini	Magri	Maccarrone	Pacinotti
1905/06	Battelli	Stefanini	Magri	Maccarrone	Pacinotti
1906/07	Battelli	Stefanini	Magri	Occhialini	Pacinotti
1907/08	Battelli	Stefanini	Magri	Occhialini	Pacinotti
1908/09	Battelli	Battelli	Magri	Occhialini	Pacinotti
1909/10	Battelli	Battelli	Magri	Occhialini	Pacinotti



1910/11	Battelli	Battelli	Magri	Occhialini	Pacinotti
1911/12	Battelli	Magini	-----	Occhialini	Pacinotti
1912/13	Battelli	Magini	Chella	Occhialini	-----
1913/14	Battelli	Magini	Chella	(Lazzeri)	Occhialini
1914/15	Battelli	Magini	Chella	(Lazzeri)	Occhialini
1915/16	Battelli	Magini	Chella	(Lazzeri)	Occhialini

Dal 1900 al 1903 vi fu un unico corso di Fisica per Medicina, Farmacia, Agraria e Veterinaria, tenuto da A. Stefanini. A partire dal 1903 i corsi furono divisi, e il corso di Fisica per i medici fu affidato allo stesso Stefanini, che lo tenne fino al 1908, poi per qualche anno il corso fu tenuto direttamente da Battelli, fin quando nel 1911 l'incarico fu dato a R. Magini. Il corso di Fisica per Farmacia, Agraria e Veterinaria fu invece tenuto da Luigi Magri dal 1903 fino alla morte nel 1911, mentre al 1912 al 1916 il corso fu affidato a S. Chella.

Il corso di Matematica per Chimici, anch'esso per molto tempo affidato a un fisico, fu coperto per incarico da F. Maccarrone tra il 1903 e il 1906, e in seguito da Augusto Occhialini dal 1906 al 1913. Sempre Occhialini tenne poi dal 1913 al 1916 il corso di Fisica tecnica per la scuola d'Ingegneria.

Ma si deve soprattutto segnalare l'affidamento dell'incarico di Fisica matematica ad Antonio Garbasso, che lo tenne dal 1895 al 1897 e nello stesso periodo, collaborando nella ricerca con Battelli, esercitò una significativa influenza sull'Istituto.

### I principali allievi, assistenti e collaboratori

Meritano una particolare attenzione i profili di quei collaboratori che, avendo conseguito la libera docenza, ebbero in seguito la possibilità di ottenere incarichi in corsi universitari. Di loro vogliamo ricordare soprattutto quei risultati scientifici che, dopo qualche decennio, attirarono l'attenzione di G. Polvani nel suo fondamentale saggio del 1939 sulla Fisica italiana degli ultimi cento anni.

**Annibale Stefanini** (Altopascio (LU) 14/10/1855 – Ripafratta (San Giuliano Terme - PI) 2/2/1942). Normalista, laureato a Pisa con Felici nel 1882, professore di Fisica nel R. Liceo "Machiavelli" di Lucca, poi all'Istituto Tecnico di Pisa, libero docente dal 26/11/1895. Dal 1900 e fino al 1908 fu incaricato del corso di Fisica per i medici. Si occupò di macchine elettriche e fu uno dei promotori della fonetica sperimentale. Nel 1885 pubblicò il manuale teorico-pratico *Le macchine magnetoeltriche e dinamoeltriche*. Nel 1889 realizzò una bussola dei seni con telaio fisso. Nel 1899 si occupò dell'induzione magnetica attorno a un nucleo di ferro. In un minuzioso lavoro teorico studiò le leggi del modo di vibrare del diapason e le verificò con numerose e ripetute esperienze (1888-89); egli fu mosso a questo studio dal desiderio di perfezionare l'uso del diapason nella pratica acumetrica: e ancora con lo stesso scopo vi ritornò in seguito (1908) con G. Gradenigo per studiare l'influenza che ha l'eccitazione del diapason sulla legge di oscillazione, concludendo con l'assegnare un modo assai semplice di eccitazione, il quale è rigorosamente riproducibile e graduabile in intensità. Fu tra i primi in Italia ad affrontare lo studio acustico delle vocali (1916) e più in generale del linguaggio. Nel 1904 con L. Magri studiò l'azione del radio sulla scintilla elettrica. Nel

1905 propose un acumetro telefonico a solenoide neutro ed effettuò misure dell'intensità del suono e del potere uditivo.

**Antonio Garbasso** (Vercelli 16/4/1871 – Firenze 14/3/1933). Laureato a Torino con Naccari nel 1892, venne a Pisa nel 1895 con l'incarico di Fisica matematica, che tenne poi anche a Torino dal 1898 fino al 1902, quando ottenne la cattedra di Fisica sperimentale a Genova. Nel 1913 si trasferì a Firenze dove assunse anche importanti cariche politiche, prima come Sindaco (1920-27) poi come Podestà (1927-33). Si occupò di elettromagnetismo (ottica fisica, raggi X), di spettroscopia, di elettrotecnica. Pur avendo abbandonato fin dai primi anni Venti la ricerca attiva, Garbasso fu, insieme con Corbino, e spesso su posizioni discordanti, uno dei soggetti più influenti e autorevoli nella definizione delle politiche italiane della ricerca, in particolare nel campo della fisica. Non è comunque questa la sede per un approfondimento su un personaggio la cui presenza a Pisa, come si è visto, fu temporalmente assai limitata.

**Luigi Magri** (Monte S. Savino (AR) 11/3/1875 – Pisa 19/7/1911). Laureato a Pisa nel 1896, subito assistente fino al 1901, poi aiuto fino al 1904. Libero docente dall'11/6/1904, a partire dal 1903 fu incaricato di Fisica per Agraria, Veterinaria e Farmacia fino alla morte prematura. Insegnò Fisica e Chimica per sette anni al R. Liceo di Pisa. Fu il principale collaboratore di Battelli nelle ricerche sui fenomeni di isteresi, sulla mutua induzione e sulle scariche oscillatorie.

Nel 1904 ottenne determinazioni dell'indice di rifrazione dell'aria in funzione della densità con delicati e precisi metodi interferometrici e dai risultati conseguiti poté concludere che, delle varie formule proposte per legare l'indice di rifrazione con la densità dei gas, solo quella di Mossotti-Clausius inquadrava nel miglior modo le determinazioni sperimentali.

**Francesco Maccarrone** (Catenanuova (CT) 23/5/1877 – Roma 2/5/1942). Normalista dal 1896, laureato a Pisa nel 1900, assistente volontario, poi assistente dal 1901 al 1904, aiuto dal 1904 al 1906. Libero docente dal 20/6/1904, incaricato di Matematica per chimici dal 1903 al 1906, nel 1911 trasferì la propria libera docenza a Cagliari poiché da qualche anno era professore al Liceo "Dettori", dove fu suo allievo anche Antonio Gramsci. A Cagliari ebbe anche per qualche tempo l'incarico di Fisica per medici. Nel 1914 si spostò a Napoli, e in seguito fu Preside dell'Istituto Tecnico di Palermo (1924-29), dove ebbe anche l'incarico di Chimica fisica e Complementi di Fisica all'Università (1925-1928). Fu poi Preside dell'Istituto Tecnico di Roma (1930-31) e del Liceo-Ginnasio di Tivoli (dal 1934) e fu a lungo comandante al Ministero. Per alcuni anni (1938-1941) fu incaricato di Fisica sperimentale e direttore dell'Istituto di Fisica alla Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università di Siena.

**Augusto Raffaele Occhialini** (Fossombrone 11/10/1878 – Genova 1/8/1951). Normalista dal 1899, laureato a Pisa nel 1903, assistente dal 1904, poi aiuto dal 1910. Libero docente dal 22/12/1906, fu incaricato di Matematica per Chimici dal 1906 al 1913 e di Fisica tecnica per Ingegneria dal 1913. Alla morte di Battelli nel 1916 diresse per qualche tempo il laboratorio, ma nel 1918 passò a Firenze come aiuto di Garbasso, nel 1921 andò in cattedra a Cagliari, poi nel 1924 passò a Siena e nel 1928 a Genova. Fu padre del più celebre fisico Giuseppe (Beppo). Si interessò in particolare di spettroscopia, elettrologia e radioattività. Collaborò con Battelli e Chella alle ricerche (1906) e al trattato (1909) sulla radioattività. Nel 1906 con Cassuto riconobbe la validità della legge di Paschen per pressioni fino a circa 100 to sfere e distanze interelettrodiche da 0,1 mm a 6 mm; si occupò (1907) di ionizzazione dei gas circostanti corpi incandescenti; nel 1911 poté ottenere con un arco ausiliario scintille a basso

potenziale. Studiò poi l'importante problema delle condizioni di adescamento e d'inizio dell'arco (1911-12) con una opportuna analisi stroboscopica, e poté stabilire l'analogia con quelle della scintilla; allo stesso si debbono poi studi (1909-11) sulle condizioni di equilibrio dell'arco, sulla caduta interna del potenziale, ecc. Prima in collaborazione con Bodareu poi da solo determinò (1913-14) usando il metodo elettrostatico di Lebedew le costanti dielettriche dell'aria, dell'anidride carbonica, dell'idrogeno, dell'ossigeno alla temperatura ambiente e pressioni variabili fino a 200 atm. Le ricerche erano dirette anche alla verifica della legge di Mossotti-Clausius che venne riconosciuta valida con grande approssimazione in tutto l'ampio campo di densità sperimentato; invece altre leggi, già usate da Boltzmann, da Klemencic e da altri, risultarono completamente incapaci a rappresentare i dati sperimentali. Nel 1914 riprese anche gli esperimenti di Magri sull'indice di rifrazione estendendoli a diversi gas fin allora non studiati, e confermando la conclusione del Magri sulla validità della legge di Mossotti-Clausius. Nel 1920 riprese lo studio delle frange del Righi proponendone varie applicazioni in metrologia. Nel 1928 con Corsi, determinando per ogni riga emessa degli elettrodi la lunghezza di quella porzione dell'intervallo spinterometrico nella quale la riga compare a partire dall'elettrodo che la emette, poté riconoscere l'esistenza di una netta regolarità fra le lunghezze delle varie righe e lo stato di ionizzazione degli atomi emittenti. Sono suoi i primi studi di spettroscopia quantitativa (1928-29), che si riconnettono alle ricerche spettroscopiche sulla lunghezza delle righe date dalle scintille a basso potenziale; nel 1932 col figlio riprese lo studio con altra disposizione strumentale. In seguito cessò l'attività di ricerca, mentre continuò a occuparsi di didattica, redigendo manuali per l'università e per le scuole medie superiori.

**Silvio Chella** (Valeriano (SP) 1/5/1880 – Pisa 19/11/1965). Laureato a Pisa nel 1904, assistente volontario, poi assistente dal 1907. Libero docente dal 20/10/1912, fu incaricato del corso di Fisica per Farmacia, Agraria e Veterinaria dal 1912. Dopo la guerra passò all'insegnamento nella scuola secondaria, e fu docente all'Istituto Tecnico "Pacinotti" di Pisa dal 1924 al 1952, tenendo più volte incarichi anche all'Università. Dal 1905 al 1914 svolse ricerche di termologia e di radioattività. Chella studiò (1905-06) la viscosità dell'aria a basse temperature fino a -140 C. Si occupò di radioattività con Battelli e Occhialini (1906 e 1909). Nel 1927 giovandosi di semplici considerazioni fondate sul principio di simmetria dimostrò l'incompatibilità del concetto di massa magnetica con quello di corrente elettrica come moto di cariche. Eseguì ricerche uniche nel loro genere (1928) sulle proprietà ottiche che le lamine di acqua saponata presentano nella plaga denominata spazio nero di Newton.

**Ranieri Magini** (Montepulciano (SI) 18/12/1875 – Roma 7/6/1968). Laureato a Pisa nel 1903, libero docente dal 30/9/1911, ebbe l'incarico di Fisica per medici dal 1911. Professore di Fisica in un Istituto Tecnico, fu anche professore di Fisica a Siena dal 1922 al 1924. Magini (1903) con una sistematica ricerca estesa a numerosi composti organici cerca di stabilire l'influenza dell'isomeria, del doppio legame, ecc., sugli assorbimenti da essi presentati. Nel 1910 e 1911 Magini eseguì determinazioni della tensione superficiale dell'acqua e dell'aria liquida con il metodo di Cantor.

All'elenco dei liberi docenti si devono aggiungere anche Virgilio Polara (1887-1974), di Modica, libero docente in Fisica sperimentale dal 25/7/1911, prima a Catania poi a Messina, e Leonardo Cassuto (1879-1944), di Livorno, libero docente dal 12/8/1912, docente all'Accademia Navale di Livorno, espulso (1938) per effetto delle leggi razziali.

Tra i risultati scientifici conseguiti, spesso nel lavoro di tesi, da altri collaboratori di Battelli nel periodo della sua Direzione ricordiamo qui di seguito quelli citati da Polvani nel saggio del 1939.

V.E. Boccara (n. 1871) e M. Pandolfi (1874-1964) nel 1899 eseguirono esperimenti formando dielettrici artificiali con paraffina e limatura finissima di ferro impastate tra loro. In seguito entrambi divennero insegnanti nella scuola secondaria superiore.

G. Spadavecchia (n. 1873) nel 1899 esaminò il potere termoelettrico di coppie costituite da bismuto e leghe di bismuto con stagno e piombo quando la coppia è immersa in un campo magnetico.

M. Allegretti (1875-1944) nel 1901 studiò la dipendenza della foto-corrente da durata e intensità dell'illuminazione. In seguito fu professore nei licei e dal 1932 Preside del Liceo di Pisa.

G. Niccolai (n. 1881) per primo nel 1907 determinò accuratamente la dipendenza della resistività di molti metalli puri e di alcune leghe molto resistive dalla temperatura, fatta variare da -189 a 400 C. Fu assistente al Gabinetto di Fisica nel 1907/08 e in seguito insegnante nella scuola secondaria.

M. Tenani (1886-1955) nel 1908 rimosse una pretesa contraddizione tra il fenomeno Zeeman e il secondo principio della termodinamica; nel 1909 fece ricerche sull'effetto fotoelettrico negli aeriformi, compiute sull'ipozotite; in seguito si dedicò con successo alla geofisica.

O. Bonazzi (1887-1969) studiò le leghe di Heusler, nel 1910 effettuò studi sull'isteresi magnetica. Fu assistente al Gabinetto di Fisica dal 1910 al 1919 e libero docente a Pisa fino al 1928.

R. Brunetti (1890-1942) nel 1914 riprese lo studio di Battelli e Magri trattando il caso di scintille in vari gas, e con osservazioni comparative ottenute variando l'autoinduzione del circuito mostrò tra l'altro che gli aspetti spettroscopici che si hanno nella prima parte della scarica sono quelli propri di scintilla e gli aspetti dati nella seconda parte sono gli stessi che caratterizzano l'arco voltaico. In seguito fu assistente a Firenze e ordinario di Fisica sperimentale a Ferrara, Cagliari e Pavia.

E. Perucca (1890-1965) nel 1914-15 sperimentò sui solidi l'effetto fotomagnetico, con esito peraltro negativo. In seguito fu assistente a Torino, professore nei licei e ordinario al Politecnico di Torino.

## **I collaboratori tecnici**

Il Gabinetto di Fisica sperimentale, costantemente diretto da Battelli, ebbe anche una dotazione di personale tecnico che andò crescendo negli anni fino a sei unità a partire dal 1908.

La figura di maggior rilievo era quella del Macchinista capo ruolo occupato dal 1886 e fino al 1905 da Giuseppe Pierucci, figlio ed "erede" di Mariano, che era stato valentissimo macchinista fin dall'inizio della direzione Felici. Nel 1904 il posto fu preso da Orfeo Di Nasso, che era stato già Servente all'Istituto a partire dal 1896. Nel ruolo di aiuto macchinista si avvicendarono O. Ghelardoni (dal 1904 al 1908) e in seguito A. Manzetti, che dal 1904 al 1908 era stato a sua volta Servente dopo Di Nasso. Servente meccanico fu anche V. Bottai a partire dal 1907. Il compito di Custode, svolto da G. Barbetti tra il 1895 e il 1906, passò poi

nel 1906 a Ulisse Di Nasso e in subordine, dal 1908, a P. Barsali, mentre nello stesso periodo era Servente U. Bellatalla.

### Le abitazioni

Battelli abitava con la famiglia nell'appartamento del Direttore, ubicato (come quello del Custode) all'interno dell'Istituto, in piazza San Simoncino 1. Non appare privo di interesse un esame degli indirizzi abitativi dei collaboratori di Battelli, che si possono desumere da un'analisi degli Annuari dell'Università, nei quali tali indirizzi erano riportati, e annualmente aggiornati, per tutti gli assistenti (anche volontari), gli incaricati, i liberi docenti e i macchinisti del Gabinetto. Se ne desume l'evidenza di una concentrazione largamente maggioritaria degli alloggi, anche temporanei, nel quartiere di Santa Maria, nel quale aveva sede l'Istituto, e di una significativa successione delle presenze in particolare al civico n. 24 di via S. Maria, che ebbe a ospitare Rovida, Garbasso e il macchinista Pierucci, mentre al 32 e al 34 visse a lungo L. Magri, al 49 Occhialini, al 6 Pandolfi, al 20 Milani, al 25 Argenti, al 26 Tenani, al 33 Bodareu, al 24 di Lung'Arno Regio (oggi Pacinotti) vissero Stefanini e Occhialini, al 14 Bodareu e al 17 Polara. Altri indirizzi favoriti nel quartiere furono via L'Arancio (poi sventrata per creare piazza Dante), via S. Frediano, via Solferino e numerose strade minori, tra cui le attuali via Trento e via Trieste, via Volta e via Paoli. Assai limitate al confronto le presenze negli altri quartieri storici della città, e nessuna nella periferia, anche immediata, con l'eccezione dei macchinisti.

### 4.6. Le pubblicazioni scientifiche dell'Istituto di Fisica di Pisa nel periodo 1894–1916

Qui di seguito, riportiamo i lavori scientifici e tecnici compiuti all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa nel periodo compreso fra il 1894 e il 1916.

Autore	Titolo	Rivista	N.	Pag.	Anno
Battelli A.	Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sui fenomeni termoelettrici	Nuovo Cim.	35	55	1894
Battelli A.	On the thermal behaviour of liquids	Phil. Mag.	36	245	1894
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte V	Mem. Torino	44	57	1894
Rovida A.	Sur les lois des actions et les systèmes des dimensions des grandeurs physiques	La Lum. Elect.			1894
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori. (Largo Sunto)	Nuovo Cim.	1	230	1895
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	2	97	1895
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte VI	Mem. Torino	45	235	1896

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Battelli A. e Garbasso A.	Sopra i raggi del Röntgen	Nuovo Cim.	3	40	1896
Battelli A.	Sul luogo di emanazione dei raggi Röntgen nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	3	129	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sopra un modo per ridurre il tempo di posa delle fotografie eseguite coi raggi di Röntgen	Nuovo Cim.	3	167	1896
Battelli A.	Ricerche sulle azioni fotografiche nell'interno dei tubi di scarica	Nuovo Cim.	3	193	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Raggi catodici e raggi X	Nuovo Cim.	3	289	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sulla dispersione delle cariche elettrostatiche prodotta dai raggi ultravioletti	Nuovo Cim.	3	321	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Azione dei raggi catodici sopra i conduttori isolati	Nuovo Cim.	4	129	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sur quelques faits se rapportants aux rayon de Rontgen	Compt. Rend. Ac. Sciences	122	603	1896
Garbasso A.	Sopra alcuni fenomeni luminosi presentati dalle scaglie di certi insetti	Mem. Torino	46	179	1896
Sestini Q.	Sopra un fenomeno dei tubi di Crookes ed un metodo facile di preparazione di questi	Nuovo Cim.	3	65	1896
Federico R.	Un catetometro esatto e di facile costruzione	Nuovo Cim.	3	114	1896
Garbasso A.	Un'esperienza di corso sulla costante dielettrica	Nuovo Cim.	3	203	1896
Garbasso A.	Di alcune azioni che esercitano i gas prodotti dalla combustione sulla lunghezza della scarica esplosiva nell'aria	Nuovo Cim.	4	24	1896
Garbasso A.	Sopra alcuni fenomeni luminosi presentati dalle scaglie di certi insetti. (Largo sunto dell'Autore)	Nuovo Cim.	4	159	1896
Garbasso A.	Sopra un punto della teoria dei raggi catodici. (Riassunto dell'Autore)	Nuovo Cim.	4	227	1896
Petrozzani A.	Sulla dispersione elettrostatica	Nuovo Cim.	4	193	1896
Anelli L.	Sull'occlusione dell'idrogeno nel platino a diverse temperature	Nuovo Cim.	4	257	1896
Magri L.	Sulla distribuzione delle scariche nei circuiti derivati	Nuovo Cim.	4	321	1896

Garbasso A.	Sopra un punto della teoria dei raggi catodici	Atti Lincei	5	250	1896
Battelli A.	Rapporti fra le azioni fotografiche all'interno e all'esterno dei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	5	169	1897
Battelli A.	Rapporti fra i raggi catodici e i raggi del Röntgen	Nuovo Cim.	5	386	1897
Battelli A. e Garbasso A.	Azione dei raggi catodici sopra i conduttori isolati	Nuovo Cim.	6	5	1897
Garbasso A. e Garbasso A.	Sur la forme de la perturbation dans un rayon de lumière solaire	Arch. Sc. Ph. N.	4	105	1897
Garbasso A.	Sopra un sistema dicitico imperfetto, che rappresenta una coppia di circuiti forniti di induzione e di capacità	Atti Torino	32	746	1897
Garbasso A.	Lezioni su le funzioni di Bessel e le loro applicazioni	Bertini, Pisa			1897
Garbasso A.	15 lezioni sperimentali su la luce, considerata come fenomeno elettromagnetico	L'Elettricità Milano			1897
Pandolfi M.	Scariche elettriche nell'aria rarefatta. Influenza della temperatura	Nuovo Cim.	5	89	1897
Bosi I.	Sulla resistenza elettrica delle soluzioni saline in movimento	Nuovo Cim.	5	249	1897
Melani P.	Scariche elettriche nei gas rarefatti. Influenza del magnetismo	Nuovo Cim.	5	329	1897
Garbasso A.	Sul modo di interpretare certe esperienze di Zeeman	Nuovo Cim.	6	8	1897
Garbasso A.	Come si faccia la scarica di un condensatore, quando ad essa si offrono due vie; e come si rappresenti meccanicamente	Nuovo Cim.	6	15	1897
Garbasso A.	Sopra un sistema dicitico imperfetto, che rappresenta una coppia di circuiti forniti di induzione e di capacità	Nuovo Cim.	6	260	1897
Garbasso A. e Garbasso A.	Su la forma della perturbazione in un raggio di luce solare	Nuovo Cim.	6	313	1897
Federico R.	Un telefono differenziale per la misura delle resistenze degli elettroliti	Nuovo Cim.	6	161	1897
Milani G.	Influenza del magnetismo sulla conducibilità elettrica delle soluzioni di cloruro di ferro	Nuovo Cim.	6	191	1897

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Carnazzi P.	Influenza della pressione sull'indice di rifrazione dei gas	Nuovo Cim.	6	385	1897
Battelli A.	Metodi e conquiste della fisica. Discorso letto per l'inaugurazione dell'anno accademico	Annuario Pisa			1898
Battelli A.	Analogy between the Cathodic rays and those of Rontgen	Phil. Mag.	45	163	1898
Battelli A.	Effluvi elettrici unipolari nei gas rarefatti	Nuovo Cim.	7	81	1898
Battelli A. e Battelli F.	Trattato pratico per le ricerche di elettricità in medicina, Roma	D.Alighieri, Roma			1898
Agostini B.	Influenza delle onde elettromagnetiche sulla conducibilità elettrica del selenio cristallino	Nuovo Cim.	7	81	1898
Pasquini E.	Sopra la doppia rifrazione dei raggi di forza elettrica nei cristalli	Nuovo Cim.	7	153	1898
Spagnolo V.	Sugli effetti della resistenza, dell'autoinduzione e della capacità nella distribuzione della corrente elettrica in un sistema trifase a stella	Nuovo Cim.	7	293	1898
Federico R.	Sul comportamento della polarizzazione negli elettroliti, a partire dalla pressione ordinaria fino a pressioni di circa mille atmosfere	Nuovo Cim.	8	145	1898
Boccarda V. e Gandolfi A.	Sulla velocità delle onde Hertziane nei mezzi di elettromagnetici	Nuovo Cim.	8	191	1898
Boccarda V.	Dimostrazione sperimentale delle linee di forza in un campo elettrostatico	Nuovo Cim.	8	406	1898
Federico R.	Relazione tra il valore della polarizzazione in un elettrolito e la pressione a cui questo è assoggettato	Nuovo Cim.	8	409	1898
Battelli F.	Un apparecchio per produrre correnti di alta frequenza e di alto potenziale variabili fra limiti estesi e sua applicazione agli usi fisiologici	Riv. Ven. Sc. Med.	15,1		1898
Battelli A. e Stefanini A.	Ricerche crioscopiche ed ebullioscopiche	Nuovo Cim.	9	5	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Ricerche crioscopiche ed ebullioscopiche	Ann. Phys. Chem.	23	618	1899
Battelli A. e Pandolfi M.	Sull'illuminazione dei liquidi	Nuovo Cim.	9	321	1899



Battelli A. e Pandolfi M.	Sull'illuminazione dei liquidi	Ann. Phys. Chem.	23	633	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Nuovo Cim.	10	264	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Ann. Phys. Chem.	24	64	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Phys. Zeits.	2	18	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla velocità dei raggi catodici e sulla conduttività elettrolitica dei gas	Nuovo Cim.	10	324	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla velocità dei raggi catodici e sulla conduttività elettrolitica dei gas	Phys. Zeits.	4	51	1899
Battelli A.	Esposizione critica della teoria della dissociazione elettrolitica	Baroni, Lucca			1899
Federico R. e Baccei P.	Studi sulle interruzioni elettrolitiche di Wehnelt	Atti Lincei	8	347	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Ann. Phys. Chem.	23	656	1899
Boccaro V. e Pandolfi M.	Sul potere induttore specifico dei mezzi di elettromagnetici	Ann. Phys. Chem.	23	63	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Ann. Phys. Chem.	23	635	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Ann. Phys. Chem.	23	636	1899
Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Ann. Phys. Chem.	23	664	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Atti Acc. Sc. Lucch.	80	351	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Mem. Soc. Spett. It.	5	97	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Mem. Soc. Spett. It.	5	121	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Naturw. Rund.	30	380	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Nuovo Cim.	9	417	1899
Boccaro V. e Pandolfi M.	Sul potere induttore specifico dei mezzi di elettromagnetici	Nuovo Cim.	9	254	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Nuovo Cim.	9	177	1899

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Nuovo Cim.	9	241	1899
Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Nuovo Cim.	9	432	1899
Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Nuovo Cim.	10	161	1899
Telesca G.	Energia spesa dalle scariche oscillatorie nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	10	420	1899
Puccianti L.	Über die Absorptionsspektra der Kohlenstoffverbindungen im Ultrarot	Phys. Zeits.	4	49	1899
Telesca G.	Energia spesa dalle scariche oscillatorie nei tubi a vuoto	Phys. Zeits.	13	153	1899
Battelli A.	La chaleur spécifique des gaz. (Rapport au Congrès international de Physique Paris 1900)				1900
Battelli A.	Il calore specifico dei gas	Nuovo Cim.	12	300	1900
Allegretti M.	Sulle correnti fotoelettriche	Atti Ist. Ven.			1900
Carro-Cao G.	Studio sulla formazione degli accumulatori	L'Elettricità	45	707	1900
Puccianti L.	Spettri di assorbimento dei liquidi nell'ultravioletto	Nuovo Cim.	11	241	1900
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Nuovo Cim.	12	491	1900
Federico R. e Baccei P.	Über den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt	Phys. Zeits.	12	137	1900
Puccianti L.	Noch einmal über die Absorptionsspektra im Ultrarot	Phys. Zeits.	45	494	1900
Battelli A.	Die spezifische Wärme der Gase	Phys. Zeits.	25	376	1901
Battelli A.	Ricerche sulla legge di Boyle a pressioni molto basse. (Parte I)	Nuovo Cim.	1	5	1901
Battelli A.	Über das Boylesche Gesetz bei sehr kleinem Druck. (Parte I)	Phys. Zeits.	27	409	1901
Battelli A.	Sulla legge di Boyle a pressioni molto basse. (Parte II)	Nuovo Cim.	1	81	1901
Battelli A.	Über das Boylesche Gesetz bei sehr kleinem Druck. (Parte II)	Phys. Zeits.	2	17	1901
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Nuovo Cim.	1	211	1901
Allegretti M.	Sulle correnti fotoelettriche	Nuovo Cim.	1	189	1901

Maccarrone F.	Un apparecchio dimostrativo per i fenomeni di polarizzazione dielettrica	Nuovo Cim.	2	88	1901
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Phys. Zeits.	15	225	1901
Allegretti M.	Über photoelektrische Ströme	Phys. Zeits.	21	317	1901
Maccarrone F.	Ein Messapparat für die Erscheinungen der dielektrischen Polarisation	Phys. Zeits.	4	57	1901
Battelli A.	Recherches sur la loi de Boyle appliquée a des très basses pressions	Ann. Chim. Phys.	25	308	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie	Mem. Torino	41	335	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie. Parte I	Nuovo Cim.	3	177	1902
Battelli A. e Magri L.	Über oscillatorische Entladungen. Parte I	Phys. Zeits.	23	539	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie. Parte II	Nuovo Cim.	3	257	1902
Battelli A. e Magri L.	Über oscillatorische Entladungen. Parte II	Phys. Zeits.	6	181	1902
Battelli A.	Necrologia del prof. Riccardo Felici	Nuovo Cim.	4	233	1902
Magini R.	Sull'uso del reticolo di diffrazione nello studio dello spettro ultravioletto	Atti Lincei	11	305	1902
Maresca A.	Sulla energia svolta dalla scarica oscillatoria di un condensatore nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	3	337	1902
Maccarrone F.	Conducibilità e ritardo di polarizzazione dielettrica	Nuovo Cim.	4	313	1902
Allegretti M.	Sul fenomeno Edison	Nuovo Cim.	4	161	1902
Piaggese G.	Magnetizzazione dei liquidi col cambiare della temperatura	Nuovo Cim.	4	247	1902
Maresca A.	Über die Energie welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird	Phys. Zeits.	1	9	1902
Battelli A. e Magri L.	Les décharges oscillatoires	Arch. Sc. Ph. N.	7	5	1903
Battelli A. e Magri L.	Les décharges oscillatoires	Arch. Sc. Ph. N.	8	139	1903
Battelli A. e Magri L.	Les décharges oscillatoires	Elettricista	2	82	1903

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Battelli A. e Magri L.	Über oszillatorische Entladungen. Parte II	Ann. Phys	5	481	1903
Magini R.	Über den Gebrauch des Beugungsgitters beim Studium des ultravioletten Spektrums	Ann. Phys.	27	1087	1903
Piaggese G.	Einfluss der Temperatur auf die Magnetisierung von Flüssigkeiten	Ann. Phys.	27	473	1903
Maresca A.	Über die Energie welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird	Ann. Phys.	27	358	1903
Magini R.	I raggi ultravioletti e l'isomeria stereochimica	Atti Lincei	12	297	1903
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Atti Lincei	12	87	1903
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Atti Lincei	12	260	1903
Magini R.	Relazione fra il doppio legame e l'assorbimento nello spettro ultravioletto	Atti Lincei	12	356	1903
Magini R.	Dipendenza degli spettri ultravioletti di assorbimento dalla configurazione e dai legami molecolari. Parte I	Nuovo Cim.	2	62	1903
Magini R.	Dipendenza degli spettri ultravioletti di assorbimento dalla configurazione e dai legami molecolari. Parte I	Nuovo Cim.	2	343	1903
Cassuto L.	Sulla solubilità dei gas nei liquidi. Parte I	Nuovo Cim.	2	5	1903
Magini R.	Über den Gebrauch des Beugungsgitters beim Studium des ultravioletten Spektrums	Phys. Zeits.	23	613	1903
Allegretti M.	Über das Edisonsche Phaenomenon	Phys. Zeits.	9	263	1903
Piaggese G.	Einfluss der Temperatur auf die Magnetisierung von Flüssigkeiten	Phys. Zeits.	13	347	1903
Battelli A. e Maccarrone F.	Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate	Rend. Lincei	13	539	1904
Battelli A. e Maccarrone F.	Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate	Nuovo Cim.	7	259	1904
Allegretti M.	Über das Edisonsche Phaenomenon	Ann. Phys.	28	40	1904

Magri L.	Relazione tra l'indice di rifrazione e la densità dell'aria	Atti Lincei	13	471	1904
Magri L.	Relazione tra l'indice di rifrazione e la densità dell'aria	Nuovo Cim.	7	81	1904
Stefanini A. e Magri L.	Azione del radio sulla scintilla elettrica	Nuovo Cim.	7	170	1904
Magini R.	I raggi ultravioletti e l'isomeria stereochimica	Phys. Zeits.	3	69	1904
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Phys. Zeits.	6	145	1904
Magini R.	Relazione fra il doppio legame e l'assorbimento nello spettro ultravioletto	Phys. Zeits.	6	147	1904
Cassuto L.	Sulla solubilità dei gas nei liquidi. Parte I	Phys. Zeits.	5	121	1904
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla natura della pressione osmotica	Rend. Lincei	14	669	1905
Battelli A. e Stefanini A.	Sur la nature de la pression osmotique	Nuovo Cim.	10	137	1905
Stefanini A.	Sulla misura dell'intensità del suono e del potere uditivo	Arch. It. Otologia	16	4-5	1905
Stefanini A.	Acumetro telefonico a solenoide neutro	Atti Lincei	14	15	1905
Occhialini A.	Relazione tra la costante dielettrica dell'aria e la sua densità	Atti Lincei	14	613	1905
Chella S.	Su di un nuovo apparecchio per la misura dell'attrito interno dei gas	Atti Lincei	14	23	1905
Stefanini A.	Acumetro telefonico a solenoide neutro	Nuovo Cim.	10		1905
Occhialini A.	La costante dielettrica dei gas in relazione con la loro densità	Nuovo Cim.	10	217	1905
Occhialini A.	Die Dielektricitatskonstante der Luft in Beziehung zu ihrer Dichte	Phys. Zeits.	6	669	1905
Magri L.	Der Brechungsindex der Luft in seiner Beziehung zu ihrer Dichte	Phys. Zeits.	6	629	1905
Battelli A. e Stefanini A.	Über die Natur des osmotischen Druckes	Phys. Zeits.	7	190	1906
Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza	Rend. Lincei	15	148	1906
Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza. Nota II	Rend. Lincei	15	471	1906

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza. Nota III	Rend. Lincei	15.2	529	1906
Battelli A.	Ricerche sperimentali sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza. Nota IV	Rend. Lincei	15.2	255	1906
Battelli A.	Ricerche teoriche e sperimentali sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza	Nuovo Cim.	11	285	1906
Battelli A. e Magri L.	La scarica oscillatoria nei fili di ferro	Rend. Lincei	15.2	63	1906
Battelli A. e Magri L.	La scarica oscillatoria nei solenoidi con anima di ferro	Rend. Lincei	15.2	153	1906
Battelli A. e Magri L.	Ricerche sperimentali sulle scariche in solenoidi con anima di ferro	Rend. Lincei	15.2	397	1906
Battelli A. e Magri L.	L'isteresi magnetica del ferro per correnti di alta frequenza	Rend. Lincei	15.2		1906
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie. Parte III	Nuovo Cim.	12	193	1906
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Studi di radioattività	Rend. Lincei	15.2	262	1906
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Studi di radioattività	Nuovo Cim.	12	281	1906
Occhialini A. e Chella S.	Sui caratteri della luminosità della blenda a bassa temperatura	Atti Ist.Ven.			1906
Occhialini A.	I gas compressi come dielettrici e come conduttori	Mariotti, Pisa			1906
Chella S.	Misura del coefficiente di attrito interno dell'aria a basse temperature	Nuovo Cim.	12	317	1906
Chella S.	Über einen Apparat zur absoluten Messung des Koeffizienten der inneren Reibung der Gase	Phys. Zeits.	7	196	1906
Chella S.	Messung der inneren Reibung Koeffizienten der Luft bei niedriger Temperatur	Phys. Zeits.	7	546	1906
Magini R.	Einfluss der Raender auf die elektrostatische Kapazität eines Kondensators	Phys. Zeits.	23	844	1906
Occhialini A. e Cassuto L.	Il potenziale esplosivo a pressioni elevate. Legge di Pachen	Rend. Lincei	15	715	1906
Chella S.	Misura del coefficiente di attrito interno dell'aria a basse temperature	Rend. Lincei	14	584	1906

Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota I	Rend. Lincei	15	6	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota II	Rend. Lincei	15	270	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota III	Rend. Lincei	15	308	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota IV	Rend. Lincei	15	442	1906
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Untersuchungen uber Radioaktivitat	Phys. Zeits.	8	65	1907
Battelli A. e Magri L.	Die oscillatorische Entladung in Eisendrahten	Phys. Zeits.	8	298	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen uber des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide fur Strome hoher Frequenz. I Teil	Phys. Zeits.	8	296	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen uber des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide fur Strome hoher Frequenz. II Teil	Phys. Zeits.	8	530	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen uber des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide fur Strome hoher Frequenz. III Teil	Phys. Zeits.	8	533	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen uber des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide fur Strome hoher Frequenz. IV Teil	Phys. Zeits.	8	809	1907
Battelli A.	Le energie radianti, in "Il pensiero moderno"	Treves, Milano			1907
Battelli A. e Stefanini A.	Sur la nature de la pression osmotique	Journ. de Phys.	6	402	1907
Battelli A. e Stefanini A.	Relazione fra la pressione osmotica e la tensione superficiale	Rend. Lincei	16.1	11	1907

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Battelli A. e Stefanini A.	Relazione fra la pressione osmotica e la tensione superficiale	Nuovo Cim.	13	15	1907
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla relazione tra la tensione superficiale e la pressione osmotica	Rend. Lincei	16	663	1907
Battelli A. e Magri L.	La scintilla elettrica nel campo magnetico	Rend. Lincei	16	155	1907
Battelli A. e Magri L.	La scintilla elettrica nel campo magnetico	Nuovo Cim.	13	263	1907
Battelli A.	Calori specifici dei liquidi che solidificano a temperatura molto bassa	Rend. Lincei	16.1	243	1907
Battelli A.	Calori specifici dei liquidi che solidificano a temperatura molto bassa	Nuovo Cim.	13	418	1907
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Recherches sur la radioactivité	Journ. de Phys.	6	899	1907
Battelli A.	Résistance électrique des solénoïdes pour les courants de haute fréquence. I Partie	Journ. de Phys.	6	559	1907
Battelli A.	Résistance électrique des solénoïdes pour les courants de haute fréquence. II Partie	Journ. de Phys.	6	701	1907
Battelli A. e Magri L.	Comportamento dei vapori metallici nella scintilla elettrica	Rend. Lincei	16	725	1907
Cassuto L. e Occhialini A.	I potenziali esplosivi ad alte pressioni. Legge di pachen	Nuovo Cim.	14	330	1907
Magri L.	Le stratificazioni della scintilla elettrica	Rend. Lincei	16	680	1907
Occhialini A.	Sulla dispersione elettrica dei metalli riscaldati	Rend. Lincei	16	119	1907
Occhialini A.	La scintilla tra elettrodi roventi	Rend. Lincei	16	191	1907
Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Rend. Lincei	16	868	1907
Niccolai G.	Sulla resistenza elettrica di leghe molto resistenti, a temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	16	185	1907
Niccolai G.	Sulla resistenza elettrica dei metalli tra temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	16	757	1907



Niccolai G.	Ulteriori ricerche sulla resistenza elettrica specifica di alcuni metalli puri fra temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	16	906	1907
Battelli A.	Sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti ad alta frequenza	Rend. Lincei	17	61	1908
Battelli A.	L'opera scientifica di Evangelista Torricelli	Faenza			1908
Battelli A.	Résistance électrique des solénoïdes pour les courants de haute fréquence. III Partie	Journ. de Phys.	7	62	1908
Battelli A.	Chaleurs spécifiques des liquides qui deviennent solides à une température très basse	Journ. de Phys.	7	881	1908
Battelli A. e Stefanini A.	Relation entre la pression osmotique et la tension superficielle	Journ. de Phys.	8	949	1908
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide für Ströme hoher Frequenz. V Teil	Phys. Zeits.	9	154	1908
Battelli A.	Spezifische Wärme von Flüssigkeiten die bei sehr tiefen Temperatur fest werden	Phys. Zeits.	9	671	1908
Battelli A. e Magri L.	Comportamento dei vapori metallici nella scintilla elettrica	Nuovo Cim.	15	188	1908
Battelli A. e Magri L.	Sullo spettro della scintilla elettrica	Rend. Lincei	17	391	1908
Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	15	193	1908
Niccolai G.	Über den elektrischen Widerstand der Metalle zwischen sehr hohen und sehr tiefen Temperaturen	Phys. Zeits.	9	367	1908
Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Phys. Zeits.	9	190	1908
Occhialini A.	L'adescamento dell'arco voltaico	Rend. Lincei	18	508	1908
Occhialini A.	L'arco voltaico nella sua fase iniziale	Rend. Lincei	18	589	1908
Occhialini A.	Costituzione dell'arco voltaico	Rend. Lincei	18	672	1908
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie	Mem. Lincei	7	597	1909

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	La radioattività	Laterza, Bari			1909
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Die Radioaktivitat	Barth, Leipzig			1909
Occhialini A.	Sistemi di misure e unità elettriche internazionali	Nuovo Cim.	17	392	1909
Occhialini A.	Ricerche sull'arco elettrico	Nuovo Cim.	18	63	1909
Occhialini A.	Le recenti ricerche sulla radiotelegrafia	Nuovo Cim.	18	137	1909
Polara V.	Sul potere emissivo dei corpi neri	Rend. Lincei	18	513	1909
Tenani M.	Sulla scomposizione magnetica delle linee spettrali	Rend. Lincei	18	595	1909
Tenani M.	Sul comportamento magneto-ottico della linea b <sub>4</sub> del magnesio	Rend. Lincei	18	677	1909
Tenani M.	Esperimento intorno all'effetto della luce sulla conducibilità del vapore d'ipozotide	Rend. Lincei	18	16	1909
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	La radioactivité et la constitution de la matière	Gauthier-Villars, Paris			1910
Battelli A.	La navigazione aerea	Riv. Nautica	1		1910
Battelli A.	Il problema della dirigibilità	Riv. Nautica	3		1910
Battelli A.	I dirigibili	Riv. Nautica	5		1910
Battelli A.	Il problema dell'aviazione	Riv. Nautica	6		1910
Battelli A.	Gli aeroplani	Riv. Nautica	7		1910
Battelli A.	La resistenza dell'aria	Riv. Nautica	10		1910
Battelli A.	Breve esame critico dei vari sistemi di navigazione aerea	Riv. nautica	12		1910
Occhialini A.	Note di elettrostatica	Nuovo Cim.	19	128	1910
Occhialini A.	Lo spettro di righe nell'arco voltaico	Nuovo Cim.	19	311	1910
Occhialini A.	La misura e l'impiego della capacità secondo alcuni recenti lavori	Nuovo Cim.	19	442	1910
Occhialini A.	Note di tecnica fisica	Nuovo Cim.	20	74	1910
Bonazzi O.	Misura della permeabilità del ferro nel campo magnetico delle scariche oscillatorie	Nuovo Cim.	20	361	1910
Tenani M.	Sul comportamento magneto-ottico di alcune linee spettrali	Rend. Lincei	19	198	1910

Tenani M.	Sull'origine di alcune gravi anomalie recentemente osservate nello studio del fenomeno di Zeeman e su un nuovo metodo per lo studio di un campo magnetico	Rend. Lincei	19	544	1910
Tenani M.	Sulla natura delle particelle ultramicroscopiche che intervengono nel fenomeno Maiorana e su un nuovo metodo di studio del campo magnetico	Rend. Lincei	19	178	1910
Collodi T.	Misura della carica portata dai raggi magnetici	Rend. Lincei	19	641	1910
Collodi T.	La scarica intermittente attraverso ai gas rarefatti, posti nel campo magnetico	Rend. Lincei	19	637	1910
Bonazzi O.	L'induttanza per correnti alternate di un circuito comprendente ferro	Rend. Lincei	19	633	1910
Battelli A.	Carlo Matteucci. Discorso commemorativo tenuto a Forlì nel I centenario della nascita	Forlivese, Forlì			1911
Battelli A.	Discorso per le onoranze ad Antonio Pacinotti 17 giugno 1911	Pisa			1911
Occhialini A.	Corso di Calore	Gili, Torino			1911
Occhialini A.	Corso di Elettricità	Gili, Torino			1911
Occhialini A.	Corso di Ottica e Strumenti ottici	Gili, Torino			1911
Bonazzi O.	Lezioni di Elettricità	Gili, Torino			1911
Bonazzi O.	Die Induktanz einen Eisen enthaltenden Stromkreises fur Wechselstrome	Jahrb. Teleg. Teleph	6	352	1911
Bonazzi O.	L'induttanza per correnti alternate di un circuito comprendente ferro	L'Elettricista	10	154	1911
Occhialini A.	I fenomeni luminosi all'inizio dell'arco	Mem. Lincei	8	653	1911
Occhialini A.	Sulla definizione di intensità di corrente elettrica	Nuovo Cim.	1	65	1911
Occhialini A.	Il problema dell'insegnamento delle scienze sperimentali	Nuovo Cim.	1	74	1911
Occhialini A.	Scintille a basso potenziale	Nuovo Cim.	2	223	1911
Occhialini A.	Le condizioni di esistenza dell'arco fra carboni	Nuovo Cim.	2	329	1911
Occhialini A.	Come si stabiliscono i fenomeni luminosi all'inizio dell'arco	Nuovo Cim.	2	431	1911

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Chella S.	La liquefazione delle miscele gassose	Toscana, Pisa			1911
Battelli A.	L'opera di Alessandro Volta	Riv. Comuni- cazioni	3		1912
Occhialini A.	Le condizioni necessarie per l'adescamento dell'arco	Nuovo Cim.	3	220	1912
Occhialini A.	Un densimetro per alte pressioni	Nuovo Cim.	4	426	1912
Occhialini A.	Funken bei niedrigen Potential	Phys. Zeits.	13	268	1912
Occhialini A.	Die existenzbedingungen des Lichtbohens zwischen Kohlen	Phys. Zeits.	13	605	1912
Bonazzi O.	Andamento del potenziale atmosferico durante il passaggio della Cometa di Halley	Riv. Fis. M at.Sc. Nat.	13	151	1912
Occhialini A. e Bodareu E.	Die Dielektrizitätskonstante der Luft bis zu 350 atm. Aufwärts	Ann. Phys.	42	67	1913
Occhialini A.	Polarizzazione della luce. Lezioni	Gili, Torino			1913
Occhialini A.	Oscillazioni intratomiche	Nuovo Cim.	5	452	1913
Occhialini A. e Bodareu E.	La costante dielettrica dell'aria fino a 200 atmosfere	Nuovo Cim.	5	15	1913
Occhialini A.	La costante dielettrica dell'idrogeno ad alte pressioni	Rend. Lincei	22	482	1913
Occhialini A. e Bodareu E.	La costante dielettrica dell'aria fino a 350 atm	Rend. Lincei	22	597	1913
Bodareu E.	La costante dielettrica dell'azoto fino a 220 atmosfere	Rend. Lincei	22	480	1913
Occhialini A.	Lezioni di Elettricità	Litografie			1914
Occhialini A.	Notizie sull'Istituto di Fisica Sperimentale dello Studio pisano	Mariotti, Pisa			1914
Occhialini A.	La costante dielettrica di alcuni gas puri fortemente compressi e la relazione di Mossotti-Clausius	Nuovo Cim.	7	108	1914
Occhialini A.	Scintilla e arco	Nuovo Cim.	7	365	1914
Occhialini A.	Indice di rifrazione e densità dei gas	Nuovo Cim.	8	123	1914
Bodareu E.	La relazione fra costante dielettrica e densità di alcuni gas compressi	Nuovo Cim.	7	165	1914
Brunetti R.	Lo spettro della scarica oscillatoria in vari gas	Nuovo Cim.	7	390	1914
Occhialini A.	Abgeschnittene Funken	Phys. Zeits.	15	773	1914
Bonazzi O.	L'effetto Hall longitudinale nelle leghe ferromagnetiche di rame, manganese e alluminio	Rend. Lincei	23	427	1914

Bodareu E.	La compressibilità del cloruro di metile	Rend. Lincei	23	491	1914
Bonazzi O.	Le relazioni tra proprietà magnetiche e costituzione chimica	Toscana, Pisa			1914
Bonazzi O.	Die elektrische Widerstandsänderung der Heuslerschen Legierungen in einem transversales magnetischen Feld	Verb. Deu. Phys. Ges.	16	315	1914
Bonazzi O.	Une mesure de la susceptibilité des gaz diamagnétiques	Arch. Sc. Ph. N.	39	349	1915
Occhialini A.	Il campo magnetico. Lezioni	Gili, Torino			1915
Bonazzi O.	Un nuovo metodo per la suscettività magnetica dei gas	Nuovo Cim.	10	39	1915
Occhialini A.	Arco e scintilla	Rend. Lincei	24	425	1915
Collodi T.	Fenomeni di risonanza ottica	Toscana, PI			1915
Collodi T.	Sulla fluorescenza del vapore di jodio. Comunicazione alla Sez. Toscana della SIF				1915
Bonazzi O.	Etude sur la susceptibilite magnetique de l'ozone	Arch. Sc. Ph. N.	42	328	1916
Occhialini A.	Stato di servizio del professore Angelo Battelli	Nuovo Cim.	13	5	1917
Occhialini A.	Angelo Battelli	Nuovo Cim.	13	11	1917

## Abbreviazioni:

Nuovo Cim. = Il Nuovo Cimento

Phil. Mag. = Philosophical Magazine

Mem. Torino = Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino

La Lum. Elect. = La Lumière Eléctrique

Atti, Mem., Rend. Lincei = Atti, Memorie, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei

Arch. Sc. Ph. N. = Archives de Sciences Physiques et Naturelles

Riv. Ven. Sc. Med. = Rivista Veneta di Scienze mediche

Ann. Phys. Chem. = Annalen der Physik und Chemie (Poggendorff)

Phys. Zeits. = Physikalische Zeitschrift

Acc. Sc. Lucch. = Accademia delle Scienze Lucchese

Mem. Soc. Spett. It. = Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani

Naturw. Rund. = Naturwissenschaftliche Rundschau

Atti Ist. Ven. = Atti dell'Istituto Veneto

Compt. Rend. Ac. Sciences = Compts Rendus de l'Académie des Sciences

Journ. De Phys. = Journal de Physique

Riv. Nautica = Rivista Nautica

Jahrb. Teleg. Teleph. = Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

## 4.7. L'opera didattica, organizzativa e istituzionale di Angelo Battelli

Sempre dal saggio di Occhialini apprendiamo molti dettagli sullo stile didattico di Battelli, del tutto coerente con la natura eclettica e con il fondamentale empirismo del personaggio.

Gli insegnamenti fondamentali e obbligatori per il corso di laurea in Fisica erano il corso (biennale) di Fisica sperimentale e le Esercitazioni di Fisica, teoricamente anch'esse biennali, ma che in pratica si svolgevano in tre anni, in quanto già al secondo anno del biennio propedeutico gli studenti interessati erano ammessi ai laboratori, e partecipavano non soltanto a esperienze dimostrative ma anche alle ricerche originali in corso in quel momento. L'insegnamento aveva ben poco di sistematico, dandosi per scontato che la partecipazione a numerose esercitazioni pratiche, alcune delle quali originali, avrebbe nel complesso coperto un arco di tematiche sufficiente a fornire al laureando tutte le basi necessarie per una buona pratica sperimentale, a partire dalla confidenza con gli strumenti e dalla difficoltà di effettuare misure di precisione, passando per l'allenamento al calcolo numerico e per la lettura degli articoli scientifici, anche in lingua straniera, pertinenti ai temi di studi e di ricerca presi in esame.

Un corollario di queste modalità d'insegnamento, sempre secondo Occhialini, era la grande familiarità che si stabiliva tra i ricercatori e i loro più giovani allievi, contribuendo alla crescita di uno spirito di squadra che stimolava tutti al massimo impegno, alla massima partecipazione e alla massima collaborazione.

### I programmi dei corsi

#### Fisica sperimentale (Prof. A. Battelli)

1. Programma del corso. Meccanica generale. – Elettività. – Calore. – Misure elettriche.
2. Programma degli esami:
3. Proprietà generale della materia. – Nozioni sommarie sulla meccanica dei corpi rigidi.
4. Principio di Pascal. – Principio di Archimede. – Peso specifico dei corpi.
5. Compressibilità. – Tensione superficiale e capillarità. – Soluzione e diffusione. – Fenomeni osmotici. – Attrito interno.
6. Teorema di Torricelli. – Pressione dinamica. – Vena liquida. – Efflusso attraverso tubi sottili.
7. Principio di Pascal nei gas. – Peso dei gas. – Pressione atmosferica. – Barometri. – Legge di Boyle. – Manometri. – Volumometri. – Macchine pneumatiche. – Trombe ad acqua, sifone e gazometri.
8. Diffusione. – Condensazione dei gas alla superficie dei solidi. – Occlusione. – Solubilità dei gas. – Attrito interno. – Efflusso da orifizi a pareti sottili. – Efflusso attraverso tubi.

9. Sistema assoluto di misura. – Cenno sul sistema ottico di misura. – Misura delle lunghezze, delle masse e dei tempi. Elettrizzazione per strofinio. Elettroscopi. Legge di Coulomb. Potenziale elettrico. Distribuzione dell'elettricità in equilibrio sui conduttori. Induzione elettrostatica. Contraccolpo. Elettrostrizione.
10. Capacità elettrostatica di un conduttore. Condensatori. Bottiglia elettrometrica. Potere induttore specifico. Figure di Lichtemberg. Ombre elettriche. Figure del Rossetti. Effetti meccanici, calorifici, chimici e fisiologici delle scariche. Effetti luminosi delle scariche nell'aria alla pressione normale. Scariche nei gas rarefatti. Macchine elettrostatiche. Elettrometro assoluto ed elettrometro a quadranti.
11. Esperienze di Galvani e di Volta. Legge di Volta. Leggi di Faraday sull'elettrolisi. Ipotesi sulla costituzione degli elettroliti. Voltametri. Polarizzazione delle coppie elettriche. Pile a due liquidi. Coppia Grenet-Leclanché e pile a secco. Accumulatori elettrici.
12. Calamite e loro costituzione interna. Legge di Coulomb. Potenziale magnetico. Spettri magnetici. Circuito magnetico. Permeabilità magnetica. Induzione magnetica. Magnetizzazione delle diverse qualità di ferro.
13. Determinazione dell'inclinazione, della declinazione e della componente orizzontale del magnetismo terrestre. Bussola marina. Sistema astatico.
14. Esperienza di Oersted. Campo magnetico di una corrente rettilinea. Legge di Biot e Savart. Bussola dei seni e delle tangenti. Galvanometri.
15. Equivalenza tra una corrente chiusa e un foglietto magnetico. Solenoide elettromagnetico. Rotazione di un polo magnetico intorno ad una corrente e viceversa. Elettromagneti. Telegrafo Morse e avvisatori elettrici.
16. Legge di Ohm. Accoppiamento degli elementi di una pila. Reostati. Leggi di Kirchhoff. Effetti termici della corrente. Lampade elettriche. Correnti termoelettriche. Pile e pinzette termoelettriche. Unità elettriche assolute e pratiche.
17. Attrazioni e repulsioni tra conduttori percorsi dalla corrente. Elettrodinometri. Induzione elettrodinamica. Legge di Lenz, di Felici e Neumann sulle correnti indotte. Extracorrente.
18. Correnti Foucault. Rocchetto di Ruhmkorff. Correnti alternate. Impedenza. Telefono e Microfono.
19. Macchina magnetoelettrica di Clarke e sua reversibilità. Anello Pacinotti. Dinamo e alternatori. Correnti polifasi. Motori elettrici.
20. Esperienze di Feddersen. Resistenza critica e formula di Thomson. Propagazione delle onde lungo i fili; onde progressive e stazionarie. Irradiazione dell'energia elettrica per onde elettromagnetiche. Risuonatori. Ottica delle oscillazioni elettriche. Radiotelegrafia.
21. Termometri. Metodi sperimentali per la determinazione del coefficiente di dilatazione lineare dei corpi. Applicazioni pratiche della dilatazione lineare. Metodi per la determinazione del coefficiente di dilatazione dei liquidi. Massimo di densità dell'acqua.
22. Metodi per la determinazione del coefficiente di dilatazione dei gas e leggi di Gay Lussac. Riscaldamento dei gas a pressione costante e a volume costante. Legge dello stato aeriforme. Termometro ad aria. Temperatura assoluta.

23. Grande e piccola caloria. Metodi che servono alla determinazione del calore specifico dei solidi e dei liquidi. Calore specifico dei corpi semplici e dei corpi composti.
24. Metodi che servono alla determinazione del calore specifico dei gas. Calore specifico a pressione costante e calore specifico a volume costante nei gas; determinazione del loro rapporto.
25. Fusione e sue leggi. Soluzione e fenomeni di soprassaturazione; criodratati. Evaporazione e sue leggi. Vapori saturi e non saturi. Isotherme degli aeriformi. Ebollizione. Calefazione.
26. Liquefazione dei gas per compressione. Stato critico della materia. Liquefazione per raffreddamento. Compressione ed espansione adiabatica dei gas. Legge di Thomson e Joule sul raffreddamento per espansione. Liquefazione di Linde e di Hampson. Le due leggi fondamentali della termodinamica.
27. Cause fisiche del suono. Nozioni sommarie sul movimento ondulatorio. Altezza, intensità e timbro di un suono. Velocità del suono. Riflessione e rifrazione delle onde sonore.
28. Composizione dei modi vibratorii. Interferenze sonore. Onde stazionarie.
29. Gamma musicale. Risuonanza. Analisi e sintesi dei suoni.
30. Tubi sonori. Fiamme cantanti.
31. Vibrazioni delle corde.
32. Vibrazioni delle lastre e delle aste.
33. Propagazione rettilinea della luce. Ombra e penombra. Camera oscura. Velocità della luce.
34. Elementi fotometrici delle sorgenti luminose. Leggi fondamentali della fotometria. Fotometri. Fotometria eterocroma. Campioni di luce.
35. Leggi della riflessione. Applicazione degli specchi piani. Specchi curvi in generale. Specchi sferici, ellittici e parabolici.
36. Leggi della rifrazione. Angolo limite e riflessione totale. Rifrazione atmosferica. Rifrazione nei prismi e nelle lastre a facce parallele. Rifrazione attraverso una superficie sferica.
37. Lenti: punti e piani cardinali. Lenti infinitamente sottili. Aberrazioni di sfericità nelle lenti. Occhio. Strumenti ottici. Misura dell'indice di rifrazione.
38. Dispersione. Spettro solare. Ricomposizione della luce bianca. Spettri di emissione e di assorbimento. Analisi spettrale. Azioni calorifiche luminose e chimiche nelle diverse regioni dello spettro. Acromatismo dei prismi e delle lenti.
39. Interferenza e diffrazione: Teoria ondulatoria della luce. Specchi e biprisma di Fresnel. Rifrattometri interferenziali. Principio di Huygens. Frange di diffrazione. Reticoli e loro usi. Anelli di Newton.
40. Doppia rifrazione: Cristalli anisotropi. Doppia rifrazione del vetro compresso.
41. Polarizzazioni della luce: Polarizzazione per riflessione e per rifrazione. Polarizzazione delle radiazioni calorifiche e delle radiazioni chimiche. Polarizzazione cromatica. Polarizzazione ellittica. Polarizzazione rotatoria e rotatoria magnetica. Teorie elettromagnetiche della luce e fenomeno di Zeeman.
42. Misure delle quantità di elettricità.
43. Misure del potenziale elettrostatico.



44. Determinazione dell'inclinazione, della declinazione e della componente orizzontale del magnetismo terrestre.
45. Misura delle intensità di corrente.
46. Misura delle forze elettromotrici.
47. Misura delle resistenze elettriche dei solidi e degli elettroliti.
48. Misure delle capacità e delle costanti dielettriche.
49. Misure dei coefficienti di autoinduzione e di induzione mutua.

Fenomeni tellurici e atmosferici (Prof. A. Battelli)

1. Temperatura dell'aria: (variazioni regolari e accidentali di un luogo; variazioni colla latitudine; isoterliche; variazioni coll'altezza; fenomeno dell'inversione). Temperatura dello spazio. Raggiamento.
2. Osservazioni barometriche (variazioni regolari e accidentali; isobare).
3. Meccanica dell'atmosfera (parte teorica). – Risultati delle osservazioni (forma delle isobare di più alta e di più bassa pressione; posizione e movimenti del grand'asse delle isobare; gradiente barometrico; venti regolari e irregolari; origine e sviluppo delle tempeste; loro direzione e velocità; classificazione delle tempeste; indizi sul loro aumento e diminuzione; direzione e velocità del vento all'interno delle zone di pressione massima; relazione fra la velocità del vento e l'equidistanza delle isobare nelle vicinanze del centro d'una tempesta; influenza delle precipitazioni sul movimento d'una tempesta; mutamenti di temperatura originati dalle tempeste; tempeste stazionarie).
4. Precipitazioni. – Rugiada, Brina, Pioggia: (ripartizione della pioggia sul globo; influenza del mare e delle montagne; zone di pioggia; loro forma e loro movimento; zone di bassa pressione senza pioggia; curve della pioggia; relazione fra dette curve e i movimenti delle tempeste). Neve: (sua formazione e sua distribuzione; influenza che hanno sulla caduta della neve la distribuzione delle acque e delle montagne vicine, e la forma delle isobare). Grandine: (sua formazione e sue relazioni colla latitudine, colla temperatura ecc.). Teoria della grandine. Carte dei temporali in Italia. Nubi: (loro costruzione e forme diverse; modo di osservarle; direzione delle nubi superiori fra le zone di bassa e di alta pressione; indizi dovuti alla forma ed al movimento delle nubi).
5. Il tempo. Carte del tempo. Il clima e le sue variazioni.
6. Fenomeni elettrici dell'atmosfera. Elettricità atmosferica. (Elettrizzazione dell'aria; metodi per determinare il potenziale elettrico in un dato punto dell'aria; distribuzione del potenziale; variazioni regolari ed irregolari dell'elettricità atmosferica; cangiamenti del potenziale elettrico coll'elevazione, con le vicende del tempo ecc. Teorie sulla elettricità atmosferica). Aurore boreali: (loro formazione ed espansione, loro movimenti; distribuzione delle aurore; loro periodo e loro relazione con altri fenomeni cosmici; osservazioni di Lemshön; teoria più attendibile dell'aurore boreale; riproduzione artificiale dell'aurore). Lampo e tuono. Diverse specie di lampi. Durata del lampo. Fulmine e suoi effetti. I diversi sistemi di parafulmini. Installazione d'un parafulmine.

7. Fenomeni elettrici del suolo. Elettrizzazione negativa del suolo. Correnti telluriche: (loro variazioni regolari ed irregolari e loro rapporti col magnetismo terrestre e con l'elettricità atmosferica).
8. Magnetismo terrestre (determinazione degli elementi del magnetismo terrestre in misura assoluta; carte magnetiche; relazioni fra i tre elementi magnetici di un luogo; confronto coll'esperienza; valore del momento magnetico della terra; distribuzione fittizia del magnetismo libero alla superficie della terra equivalente al magnetismo interno; variazioni del magnetismo terrestre e strumenti per osservarle; variazioni diurne; annuali e secolari; loro rapporti con le correnti telluriche e con le macchie solari; perturbazioni magnetiche accidentali; loro rapporti con le aurore boreali; teorie sul magnetismo terrestre).
9. Fenomeni ottici dell'atmosfera. Colore turchino del cielo; osservazioni ed ipotesi per spiegarlo. Polarizzazione atmosferica (posizione dei punti neutri, spiegazione della polarizzazione atmosferica). Arco baleno (primo e secondo). Archi d'ordine superiore. Teoria dell'arco. Arco bianco. Corone. Aloni. Pareli. Anteli. Paraseleni. Archi tangenti. Colonne luminose. Riproduzione artificiale di questi fenomeni. Crepuscolo (sue fasi e sue relazioni col tempo, spiegazione delle varie fasi). Luce zodiacale, ipotesi per spiegarla.
10. Istrumenti per le osservazioni meteorologiche.

### **L'ordinamento ufficiale degli studi**

Nel periodo in cui la cattedra di Fisica fu tenuta da Battelli l'ordine degli studi per il conseguimento della laurea in Fisica subì soltanto poche e spesso marginali modifiche.

Ricordiamo innanzitutto che erano previsti due diversi livelli di qualificazione. Il primo livello era la licenza, che richiedeva due anni di studio, nei quali si dovevano sostenere gli stessi esami per Matematica e per Fisica (Algebra, Geometria analitica, Geometria proiettiva, Geometria descrittiva, Calcolo infinitesimale, Chimica e Fisica).

Dopo la licenza si poteva conseguire la laurea con altri due anni di studio, nei quali un certo numero di esami era obbligatorio (Meccanica razionale, Fisica matematica, fino al 1909 anche Mineralogia) mentre almeno un esame andava scelto in un gruppo che tipicamente comprendeva Analisi superiore, Matematiche superiori, Geodesia teoretica, spesso anche Meccanica celeste. Erano inoltre previsti Esercizi pratici di Chimica (un anno) e di Fisica (due anni) e a partire dal 1902 un esame di Disegno (in precedenza compreso nei corsi di Geometria). A partire dal 1913 tra i corsi a scelta comparvero anche Mineralogia, Geografia fisica e Meteorologia.

Le lezioni di ciascun corso erano usualmente tre per settimana, tenute in tre giorni distinti, di solito a giorni alterni, dal lunedì al sabato, quasi sempre di mattina. I corsi di Matematica e discipline affini erano tenuti in Sapienza, mentre i corsi di Chimica e Fisica si svolgevano nei rispettivi Gabinetti (di fatto un'altra denominazione per gli Istituti).

Lo studente doveva iscriversi ogni anno ad almeno tre corsi obbligatori. Era invece previsto un limite settimanale (18 ore, e dal 1909 solo 12) per i corsi liberi ai quali lo studente poteva iscriversi. Il Laboratorio di Fisica sperimentale era aperto tutti i giorni feriali dalle 8 alle 12 e dalle 14 alle 18.

L'esame speciale di Fisica sperimentale (definito come tale per distinguerlo dall'esame di laurea) doveva essere sostenuto da tutti gli iscritti al primo biennio per la laurea in Matema-

tica e in Fisica. Di conseguenza, anche se il numero degli iscritti al secondo biennio per la laurea in Fisica si riduceva a poche unità (in media circa sei per coorte nel periodo coperto dalla direzione Battelli), il numero annuo degli esami era relativamente elevato (in media 54 nel periodo 1893-1915) e il numero dei respinti si aggirava, con ovvie fluttuazioni, intorno al 20%. Le lodi erano pochissime (in media una all'anno) e anche i cosiddetti "pieni voti assoluti" erano di solito meno di un quarto dei promossi. Per la dispensa dalle tasse gli studenti, dovevano superare tutti gli esami indicati nel rispettivo anno di corso, riportando una media non inferiore ai nove decimi, e non dovevano avere ottenuto meno di otto decimi in nessuna materia. Dovevano inoltre sostenere una prova annuale sulle materie biennali.

L'esame di laurea consisteva nella discussione di una dissertazione scritta e di tre tesine orali su materie diverse da quella della tesi. Era inoltre previsto, prima della discussione, il superamento di una prova pratica. Erano previsti due appelli di laurea quello estivo (consegna della dissertazione entro il 31 maggio) e quello autunnale (consegna entro il 15 ottobre).

A.A.	Esito dell'esame di Fisica sperimentale							Iscritti Fisica	
	Lode	PVA	PVL	A	TOT	Respinti	TOT GEN	III	IV
1893/94			7	13	20	10	30	8	3
1894/95	1	8	12	16	37	11	48	7	8
1895/96		2	10	28	40	16	56	7	6
1896/97	1	2	10	34	47	15	62	6	15
1897/98	1	3	10	33	47	7	54	3	9
1898/99	1	6	3	16	26	12	38	8	4
1899/00		1	7	29	37	5	42	5	7
1900/01	1	3	9	16	29	3	32	7	7
1901/02		3	2	20	25	10	35	6	7
1902/03		2	4	22	28	11	39	4	11
1903/04	1	1	10	37	49	9	58	6	9
1904/05		2	9	22	33	9	42	3	11
1905/06		11	10	25	46	10	56	5	8
1906/07	2	9	20	31	62	6	68	4	5
1907/08		7	11	51	69	9	78	3	8
1908/09	2	4	9	36	51	10	61	7	3
1909/10	1	13	14	33	61	9	70	6	4
1910/11	2	1	13	36	52	14	66	6	4
1911/12		9	6	22	37	9	46	4	-
1912/13	2	8	15	24	49	9	58	7	3
1913/14	3	27	21	24	75	20	95	4	2
1914/15	3	2	9	25	39	17	56	2	3

Le votazioni conseguite sono: (PVA = Pieni voti assoluti, PVL = Pieni voti legali, A = Approvato).

### **Pubblicazioni didattiche di Angelo Battelli**

Riportiamo, di seguito, un elenco delle principali opere didattiche pubblicate da Battelli.

<b>Autori</b>	<b>Titolo</b>	<b>Editore</b>	<b>Anno</b>
Battelli A. e Cardani P.	Trattato di fisica sperimentale ad uso delle università vol. I	Vallardi, Milano	1902
	Corso di Fisica per le Scuole Medie 2 voll.	Pallestrini, Milano	1911
Battelli A.	Corso di Chimica per le Scuole Medie vol. 1	Pallestrini, Milano	1911
Battelli A.	Corso di Fisica per gli Istituti Tecnici 3 voll.	Zanichelli, Bologna	1911
Battelli A.	Corso di Chimica per le Scuole Medie II edizione	Zanichelli, Bologna	1912
Battelli A.	Corso di Fisica per le Scuole Medie 2 voll. II edizione	Zanichelli, Bologna	1912
Battelli A. e Razzauti A.	Corso di Scienze Fisiche e Naturali per le Scuole Normali 3 voll.	Boscaini, Roma	1913
Battelli A.	Corso di Fisica per gli Istituti Tecnici voll. 1 e 2 II edizione	Zanichelli, Bologna	1913
Battelli A. e Cardani P.	Trattato di fisica sperimentale ad uso delle università vol. II	Vallardi, Milano	1913
Battelli A.	Corso di Fisica e Chimica per i Licei Moderni voll. 1 e 2	Zanichelli, Bologna	1914
Battelli A. e Razzauti A.	Corso di Scienze Fisiche e Naturali per le Scuole Complementari 3 voll.	Boscaini, Roma	1914
Battelli A. e Razzauti A.	Corso di Scienze Fisiche e Naturali per le Scuole Normali voll. 1 e 2 II edizione	Boscaini, Roma	1914
Battelli A.	Corso di Fisica per i Licei 2 voll. III edizione	Zanichelli, Bologna	1914
Battelli A.	Corso di Fisica per gli Istituti Tecnici vol. 2 III ed. vol. 3 II ed.	Zanichelli, Bologna	1914
Battelli A. e Razzauti A.	Corso di Scienze Fisiche e Naturali per le Scuole Tecniche 2 voll.	Boscaini, Roma	1915
Battelli A. e Cardani P.	Trattato di fisica sperimentale ad uso delle università vol. III	Vallardi, Milano	1916

## 4.8. Elenco dei laureati in Fisica nel periodo della direzione di Angelo Battelli

Per l'elenco completo dei laureati in Fisica nel periodo della direzione di Battelli ci basiamo sul minuzioso lavoro di ricerca e di catalogazione svolto da V. Fabbri nella sua tesi di laurea (1993). In tabella sono riportati l'anno accademico, il nome del laureato, l'eventuale appartenenza alla Scuola Normale Superiore (N), la votazione conseguita e il titolo della tesi.

A.A.	Cognome e nome	Voto	Titolo della tesi
1893/94	De Candia Oronzo	PVA	Descrizione di un barometro le cui indicazioni sono indipendenti dalla temperatura
1893/94	Castelli Enrico	A	La teoria elettro-magnetica di Maxwell e le esperienze sulle ondulazioni elettriche
1893/94	Pettinelli Parisino	A	Sui fenomeni elettrolitici
1893/94	Schiavo Antonio	A	Influenza della densità sull'indice di rifrazione dei gas
1894/95	Ercolini Guido	PVA	Sul comportamento delle correnti ad alta tensione e ad alta frequenza
1894/95	Petrozzani Adolfo	PVL	Confronto di metodi di misura della intensità e della f.e.m. delle correnti alternate a bassa frequenza
1894/95	Agostini Bettino	A	Sulla resistenza elettrica delle soluzioni saline in movimento
1894/95	Milani Giulio	A	Influenza della temperatura sulla scarica elettrica nell'aria rarefatta
1894/95	Panichi Ugo	A	Alcune esperienze fatte col metodo magnetometrico e col metodo balistico, sul ferro a varie temperature
1894/95	Patrassi Pietro	A	Sull'influenza dei gas disciolti nei liquidi sulla loro temperatura di ebollizione
1895/96	Federico Rosario (N)	PVA	Variazioni nell'andamento della polarizzazione sotto pressioni
1895/96	Pandolfi Mario	PVA	Scariche elettriche nell'aria rarefatta. Influenza della temperatura
1895/96	Bosi Italo	PVL	Sulla resistenza elettrica delle soluzioni saline in movimento
1895/96	Magri Luigi	PVL	Sulla distribuzione delle scariche nei circuiti derivati
1895/96	Anelli Luigi	A	(manca)
1895/96	Consani Dario	A	Influenza che hanno i gas disciolti in un liquido sulla temperatura d'ebollizione

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1896/97	Spagnuolo Vincenzo (N)	Lode	Distribuzione delle correnti trifasiche in circuiti aventi resistenza, capacità ed autoinduzione
1896/97	Carnazzi Giulio Pro-cida (N)	PVL	Influenza delle pressioni sull'indice di rifrazione dei gas
1896/97	Gandolfi Archimede	PVL	Influenza della temperatura sulla permeabilità magnetica del ferro
1896/97	Carro-Cao Guglielmo	A	Studio sulla formazione degli accumulatori
1896/97	Castelli Ugo	A	Della polarizzazione elettrolitica
1896/97	Melani Pietro	A	(manca)
1896/97	Napolioni Luigi	A	Studio sulla variazione della resistenza elettrica di alcuni metalli ed alcune leghe, durante la loro fusione
1896/97	Pasquini Emilio	A	Sopra la doppia rifrazione dei raggi di forza elettrica nei cristalli
1897/98	Puccianti Luigi	Lode	Capacità di resistenza di un voltmetro
1897/98	Baccei Pietro	PVA	Assorbimento della luce per mezzo di alcuni gas e delle loro mescolanze
1897/98	Boccara Vittorio	PVA	Sulla velocità delle onde hertziane nei mezzi elettromagnetici
1897/98	Amici Filippo	A	Sull'assorbimento dell'ossigeno e dell'idrogeno da parte dell'alluminio e del rame
1897/98	Spadavecchia Giuliano	A	Influenza del magnetismo sulle proprietà termo-elettriche delle leghe di bismuto
1897/98	Telesca Giovanni	A	La dissociazione elettrolitica
1898/99	Allegretti Mario	PVL	Sulle correnti fotoelettriche
1898/99	Argenti Publio	A	Sul fenomeno di Edison
1898/99	Macchia Pietro	A	Sulle relazioni fra l'assorbimento della luce e le condizioni in cui si trova la sostanza nelle soluzioni diluite
1899/00	Oliveri Francesco	PVA	Sulla polarizzazione colle correnti alternate
1899/00	Maccarrone Francesco (N)	PVA	Cicli di polarizzazione elettrica
1899/00	Lupi Donatello	A	Sulla formazione degli accumulatori
1899/00	Piaggese Giuseppe	A	Magnetizzazione dei liquidi col cambiare della temperatura
1900/01	Cassuto Leonardo	PVA	Sulla legge di Henry a pressioni molto alte
1900/01	Filippini Attilio	PVL	Sull'isteresi termo-elettrica
1900/01	Gragnani Pietro	PVL	Influenza degli orli sulla capacità dei condensatori
1900/01	Maresca Angelo	PVL	Sull'energia spesa dalle scariche elettriche oscillatorie nei tubi a vuoto

1900/01	Zanobini Gino Umberto	PVL	Influenza della superficie sulla scarica per i raggi X dei corpi elettrizzati
1902/03	Occhialini Augusto Raffaele (N)	Lode	La costante dielettrica dell'aria in relazione colla densità di questa
1902/03	Morucci Ramiro	PVA	Conducibilità ed attrito interno delle soluzioni saline in anidride solforosa liquida
1902/03	Magini Ranieri	PVL	I raggi ultravioletti e le isomerie chimiche
1902/03	Salvi Arturo	PVL	Comportamento della costante dielettrica e della tensione superficiale delle soluzioni in anidride solforosa liquida a bassissime temperature
1904/05	Chella Silvio	PVL	Misura del coefficiente di attrito interno dei gas a bassissime temperature
1904/05	Doglio Ferraris Pietro	A	Resistenza elettrica dei conduttori per correnti di alta frequenza
1905/06	Gallarotti Arturo	PVL	La jonizzazione dei gas in rapporto alla temperatura
1905/06	Niccolai Guido	A	Sulla variazione della resistenza elettrica specifica dei metalli puri e delle leghe con la temperatura
1907/08	Polara Virgilio	Lode	Ricerche sull'irraggiamento
1907/08	Tenani Mario	Lode	I fenomeni magneto-ottici negli spettri a bande
1907/08	Del Bue Arnaldo	PVA	Come si comportano gli elettroliti colle correnti alternate ad alta frequenza
1907/08	Marzetti Bruno	PVL	Sull'influenza delle radiazioni luminose e ultra violette sulla scintilla elettrica
1907/08	Monaci Giuseppe	PVL	Sullo spettro dell'arco e della scintilla
1907/08	Renda Raffaele	A	Nuove ricerche sulla dispersione foto-elettrica
1908/09	Bonazzi Ottavio (N)	PVL	Misura della permeabilità magnetica del ferro per oscillazioni molto rapide
1908/09	Palagi Arturo	PVL	Il problema della variabilità delle trasformazioni radio-attive
1908/09	Talamo Francesco Luigi	A	Sullo smorzamento d'un circuito oscillatorio chiuso con scintilla
1909/10	Collodi Tommaso	Lode	Sui raggi magnetici e sui fenomeni che ne accompagnano la produzione
1909/10	Perucca Eligio (N)	PVA	Sulla dispersione rotatoria e sul dicroismo circolare di alcuni corpi attivi assorbenti
1909/10	Fagiolo Luigi	A	Elasticità di torsione di alcuni metalli a bassa temperatura

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1910/11	Bodareu Eugenio	Lode	Potere induttore specifico dei gas e delle loro mescolanze
1910/11	De Castro Ettore	Lode	Intorno alla definizione di fluorescenza
1910/11	Algranati Guido	A	I grossi joni
1910/11	Campetti Ottorino	A	Sulla emissione della luce
1910/11	Carro-Cao Giuseppe	A	Costituzione e colori dell'arco voltaico
1910/11	Franceschi Alfonso	A	Sulla dissipazione di energia nei dielettrici nei campi rapidamente variabili
1911/12	Soldani Alberto	A	Attrito interno di liquidi
1912/13	Codipietro Giovanni	A	Ricerche sulle leghe di Heussler
1913/14	Brunetti Rita (N)	Lode	Lo spettro della scarica oscillatoria nei vari gas
1913/14	Bellisai Ester	A	Sopra la dispersione dell'elettricità da una punta immersa in un mezzo isolante liquido e gassoso
1914/15	Rombaldoni Assunta	PVA	Ricerche sperimentali sulle scintille troncate
1914/15	Pierucci Mariano	A	Determinazione sperimentale del modulo di Young e del coefficiente di compressibilità dell'ebanite

La fertilità della scuola di Battelli dal punto di vista accademico è misurata dal fatto che sette dei suoi laureati divennero a loro volta professori ordinari:

Ugo Panichi (1872-1966), incaricato di Fisica sperimentale a Siena (1919-1921), ordinario di Mineralogia a Cagliari (1924-1928) e a Pavia (1928-1942).

Luigi Puccianti (1875-1952), ordinario a Genova (1915/16, Torino (1916/17) e Pisa (1917-1947).

Augusto R. Occhialini (1878-1951), ordinario a Sassari (1921-1924), Siena (1924-1928) e Genova (1928-1951).

Virgilio Polara (1887-1974), ordinario a Messina (1942-1957).

Eligio Perucca (1890-1965), ordinario al Politecnico di Torino (1923-1960).

Rita Brunetti (1890-1942), ordinaria a Ferrara (1926-1928), Cagliari (1928-1936) e Pavia (1936-1942).

Mariano Pierucci (1893-1976), ordinario a Modena (1931-1968).

Si noti che l'elenco comprende più di un quarto dei titolari di cattedra di Fisica sperimentale nell'Italia degli anni Trenta del Novecento. Oltre coloro che abbiamo appena elencato, merita osservare che almeno una trentina tra i laureati di Battelli diventarono professori nei Licei e negli Istituti Tecnici, spesso dopo essere stati assistenti o aiuti a Pisa o in altre sedi universitarie, tra cui in particolare Firenze e Siena. Ricordiamo che all'epoca il ruolo di professore nella scuola secondaria era sicuramente appetibile sia sotto il profilo retributivo, sia soprattutto dal punto di vista dello *status* sociale, ed era certo preferibile ad una lunga permanenza in un ruolo universitario subalterno.



## 4.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. all'epoca della direzione di Angelo Battelli

Come spesso accadeva nelle Università dell'Italia postunitaria, anche nella Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa le cattedre erano relativamente poche ed erano di solito tenute dallo stesso docente per periodi abbastanza lunghi: ricordiamo che il predecessore di Battelli sulla cattedra di Fisica sperimentale, Riccardo Felici, aveva mantenuto la titolarità per quasi sette lustri (1859-1893). Nel periodo in esame le cattedre erano una quindicina, con una netta maggioranza per le sette cattedre di Matematica.

La cattedra di Algebra fu tenuta dal 1872 al 1899 dal fiorentino Cesare Finzi (1836-1908), che rimase però sempre professore straordinario; passò poi al reatino Onorato Nicoletti (1872-1929), allievo di Bianchi, ordinario dal 1904 e titolare della cattedra fino al 1918, quando passò a quella di Analisi infinitesimale, corso che tenne fino alla scomparsa.

La cattedra di Geometria descrittiva era affidata fin dal 1862 ad Angiolo Nardi-Dei (1833-1913), professore aggregato, che però conseguì l'ordinariato soltanto nel 1909.

La cattedra di Geometria superiore fu tenuta dal 1893 al pensionamento nel 1922 dal forlivese Eugenio Bertini (1856-1933), allievo di Betti, in precedenza ordinario a Pavia (1880-1892); Bertini tenne anche per incarico il corso di Geometria proiettiva con disegno.

La cattedra di Geodesia teoretica era coperta dal 1890 dal parmigiano Paolo Pizzetti (1860-1918), già professore a Genova, che la tenne fino alla morte insieme con l'incarico di Meccanica superiore. La cattedra di Meccanica razionale fu invece affidata dal 1895 al 1924 (quando si trasferì a Milano) al milanese Gian Antonio Maggi (1856-1937), già professore a Messina, che ebbe anche l'incarico di Fisica matematica.

Le cattedre più prestigiose del periodo furono però soprattutto due: quella di Geometria analitica e quella di Analisi superiore.

La cattedra di Geometria analitica fu tenuta a partire dal 1890 dal parmigiano Luigi Bianchi (1856-1928). Bianchi raccolse l'eredità di Ulisse Dini nel campo della Geometria differenziale, di cui tenne per incarico il corso, insieme con quello (sempre per incarico) di Matematiche superiori. Bianchi fu esponente di rilievo della grande scuola di Geometria fiorita in Italia tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo. Studiò alla Scuola Normale Superiore con Betti e Dini. Laureatosi nel 1877, trascorse un biennio a Göttinga e a Monaco, dove seguì le lezioni di Klein. Divenne docente all'Università nel 1886 e alla Normale nel 1896. Nel 1898 classificò le nove possibili classi di isometrie delle varietà riemanniane di tre dimensioni, risultato che giocò un ruolo importante nello sviluppo della teoria della relatività generale. Nel 1902 riscoprì le identità per il tensore di Riemann, che erano state trovate da Ricci attorno al 1880. Fu poi Direttore della S.N.S. dal 1918 al 1928, succedendo a Dini. Dal 1923 al 1926 fece parte del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione. Fu nominato senatore del Regno nel 1924.

La cattedra di Analisi superiore era invece affidata al pisano Ulisse Dini (1845-1918), uno dei primi allievi di Betti, e certamente il più celebre, che tenne corsi nell'Ateneo pisano per oltre cinquanta anni. Dini, laureatosi nel 1864, perfezionò i suoi studi per un anno a Parigi. Tornato in Italia, fu nominato professore all'Università di Pisa nel 1866, e ricoprì gli insegnamenti di Algebra complementare e Geodesia teorica. Nel 1871 ottenne la cattedra di Analisi e

geometria, fino allora occupata dal Betti, passando poi nel 1875 ad Analisi superiore, mentre dal 1893 tenne per incarico in corso di Analisi infinitesimale. Dal 1888 al 1890 fu Rettore dell'Università di Pisa, e, dal 1874 al 1876 e dal 1908 fino alla morte, della Scuola Normale. Partecipò anche alla vita politica divenendo deputato al Parlamento per il collegio di Pisa nel 1880, 1882, 1886 e 1890. Fu nominato senatore nel 1892. Dal 1893 al 1917 fece parte del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione. Tra i primi in Italia comprese la necessità di rielaborare più rigorosamente l'analisi infinitesimale. Inoltre conseguì importanti risultati nello studio delle serie, nell'integrazione di funzioni di variabile complessa e sullo sviluppo in serie di funzioni.

A succedere a Luigi Pacinotti nella cattedra di Fisica tecnologica era stato invece chiamato il figlio Antonio (1841-1912), inventore della dinamo e certamente uno dei più grandi fisici italiani del XIX secolo. Antonio Pacinotti fu allievo di Matteucci e si laureò in Matematica a Pisa con Felici. Fu aiuto dell'astronomo Giovan Battista Donati nel 1862, professore all'Istituto Tecnico di Bologna dal 1864, professore ordinario di Fisica nell'Università di Cagliari nel 1873 e infine successe al padre a Pisa nel 1881. Nello stesso anno fu insignito della Legion d'Onore. Nel 1883 divenne socio corrispondente dell'Accademia dei Lincei e, nel 1898, socio nazionale. Nel 1905 fu nominato senatore del Regno d'Italia. Tra i suoi allievi vi fu Augusto Righi.

La chimica pisana della seconda metà dell'Ottocento si era riassunta nella figura di Paolo Tassinari (1829-1909), di Castel Bolognese (RA), che tenne la cattedra dal 1861 fino al 1904. Soltanto nel 1906 si avviò una nuova fase, segnata dall'arrivo a Pisa del senese Raffaello Nasini (1854-1931) come titolare della cattedra di Chimica generale. Raffaello Nasini, dopo aver lavorato a Roma nel laboratorio di Cannizzaro e in seguito a Berlino, fu dal 1891 professore ordinario di Chimica generale a Padova, e divenne Rettore della Università dal 1900 al 1902. Trasferitosi come professore ordinario di Chimica generale a Pisa dal 17 maggio 1906, vi aprì una serie di ricerche di chimica applicata e contribuì alla formazione di una grande scuola di ricerca di chimica. Fu anche Direttore della Scuola di Farmacia. Dal 1915 al 1923 fece parte della Giunta del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione. Fu nominato senatore del Regno nel 1928.

La cattedra di Mineralogia era stata affidata nel 1874 al pisano Antonio D'Achiardi (1839-1902), titolare dal 1876, che la tenne fino alla morte. Antonio D'Achiardi, laureato in Scienze naturali, iniziò la sua attività nell'Istituto di Chimica, per poi passare alla mineralogia, campo in cui ottenne importanti risultati, compendiate nei due volumi della *Mineralogia della Toscana*. Fu l'animatore della Società Toscana di Scienze Naturali. Unico tra gli italiani contemporanei, divenne membro onorario della Società Mineralogica di Londra. Tra il 1867 e il 1900 per ben venticinque anni fu consigliere del Comune di Pisa. Gli successe, dapprima per incarico, poi ottenendo la cattedra, il figlio Giovanni, ordinario di Mineralogia dal 1910, il cui ruolo nell'Ateneo pisano divenne realmente importante soprattutto dopo la guerra mondiale.

La cattedra di Geologia era andata invece al camerinese Mario Canavari (1855-1928), allievo di Meneghini, incaricato del corso nel 1889 e titolare dal 1893. Dallo stesso anno tenne anche, per incarico, il corso di Geografia fisica e Meteorologia. Canavari, laureato in Matematica a Pisa (1879), si perfezionò in Paleontologia a Monaco sotto la guida di von Zittel. Nel 1895 fondò la rivista «Palaeontographia Italica», cui diede rilievo internazionale. Nei primi

anni del Novecento si rivolse all'idrogeologia, ottenendo fama anche come geologo applicato e autore del *Manuale di geologia tecnica* (1923-1928).

La cattedra di Botanica fu coperta nel 1881 dal fiorentino Giovanni Arcangeli (1840-1921). Giovanni Arcangeli, laureato a Pisa nel 1862, dal 1864 al 1872 lavorò all'Orto botanico pisano come aiuto, poi dal 1874 al 1877 fu collaboratore di Parlatore all'Orto botanico di Firenze, che diresse di fatto tra il 1877 e il 1879. Fu per due anni professore a Torino prima di essere chiamato a Pisa, dove potenziò e allargò l'Orto botanico sistematico, fu autore del *Compendio della Flora Italiana*. Al pensionamento di Arcangeli la cattedra fu affidata per incarico nel 1910 a Biagio Longo (1872- 1950) di Laino Borgo, autore di numerose pubblicazioni e attento Curatore dell'Orto botanico, che rimase a Pisa fino al 1929 per poi passare a Napoli.

La cattedra di Zoologia alla morte di Paolo Savi fu attribuita a Sebastiano Richiardi (1834-1904) di Lanzo Torinese. Sebastiano Richiardi aveva studiato anatomia e fisiologia a Pisa, si era poi laureato in Storia naturale all'Università di Torino nel 1860, e nel 1861 era diventato professore di Anatomia comparata a Bologna. Chiamato a Pisa nel 1871, condusse ricerche sui crostacei ma soprattutto s'interessò di zoologia museale, realizzando una collezione di scheletri di cetacei così importante da risultare la più grande dell'Europa continentale. Richiardi fu Rettore dell'Università di Pisa tra il 1891 e il 1893 e fu anche membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione. Nel 1891 a Richiardi successe sulla cattedra di Zoologia e Anatomia comparata il piombinese Eugenio Ficalbi (1858-1922), già professore a Messina, Cagliari e Padova, e studioso eclettico.

Infine sulla cattedra di Disegno si avvicendarono il perugino Guglielmo Calderini (1837-1916) dal 1887 al 1901 e l'ascolano Vincenzo Pilotti (1872-1956) dal 1910 al 1946.

La carica di Preside della Facoltà fu coperta una o più volte da quasi tutti gli ordinari in servizio, per effetto di una rotazione su base annuale, che determinava un ciclo approssimativamente decennale, per cui in particolare Battelli fu Preside negli anni accademici 1895/96, 1905/06 e 1914/15.

## Bibliografia

- Annuari degli Anni Accademici dell'Università di Pisa* (dal 1893/94 al 1915/16).
- AA. VV., *Fisica e Fisici a Pisa nel '900*, Pisa, Pisa University Press, 2018.
- Battelli F., *Un volo lungo cento anni*, Firenze, Romano Editore, 2010.
- Brunetti R., *Antonio Garbasso. La vita, il pensiero e l'opera scientifica*, in «Il Nuovo Cimento», Nuova Serie, X, (1933).
- Ciraolo G., *Angelo Battelli*, in «Nuova Antologia», vol. 189 (mag-giu), (1917), pp. 205-210.
- Ciraolo, Giannini, *Per Angelo Battelli*, Commemorazione dell'11 aprile 1917, Ministero delle Poste e dei Telegrafi.
- Dragoni G., *Per una storia della fisica italiana tra la seconda metà dell'Ottocento e la prima Guerra Mondiale*, in «La storia delle scienze», V(II), Busto Arsizio, Bramante Editrice, 1989, pp. 306-353.
- Droscher A., *Le Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali in Italia*, Bologna, CLUEB, 2013.
- Elenco degli Alunni della Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1847 al 1970*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 1973.
- Fabbri V., *Mezzo secolo di tesi di laurea in Fisica 1879-1937*, (tesi), Pisa, 1993.
- Ferola R., *Chella, Silvio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 24, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1980.
- Gambioli D., *Angelo Battelli e la sua opera scientifica*, Pergola, 1917.
- Gariboldi L., *Occhialini, Augusto Raffaele*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 79, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2013.
- Gliozzi M., *Battelli, Angelo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 7, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1970.
- Gorgolini L. (ed.), *Angelo Battelli (1862-1916). L'uomo, lo scienziato, il politico*, S. Leo, 2004.
- Luperini C., *La fisica pisana dall'Unità d'Italia alla prima Guerra Mondiale*, in *Annali CISUI*, 2010.
- Montemaggi A., *Il genio di Macerata Feltria*, in «Ariminum», luglio-agosto 2015, pp. 36-37.
- Naccari A., *Angelo Battelli*, Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino, Classe di Scienze, vol. LII, 3-4, 1916/17, pp. 213-215.
- Naccari A., *Commemorazione di Angelo Battelli*, Atti della R. Accademia dei Lincei, Classe di Scienze, vol. 26, 1917, pp. 82-85.
- Occhialini A., *Commemorazione di Angelo Battelli*, in «Il Nuovo Cimento», Serie VI, XIII, (1917), pp. 5-63.
- Occhialini A., *Notizie sull'Istituto di fisica sperimentale dello Studio pisano*, Pisa, Mariotti, 1914.
- Palazzo L., *Necrologia - Angelo Battelli*, in «Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani», (1917), pp. 45-47.
- Peruzzi G., *Garbasso, Antonio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 52, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1999.
- Polvani G., *Fisica*, in *Un secolo di progresso scientifico italiano 1839-1939*, Roma, SIPS, 1939.
- Puccianti L., *Il contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana*, Roma, SIPS, 1939.

## Angelo Battelli

Puccianti L., *Luigi Magri*, in «Il Nuovo Cimento», Serie VI, II, (1911).

Reeves B.J., *Italian Physicists and their Institutions*, thesis, Harvard, 1980, pp. 422-426.

Rossi P., La Rana A., *Dizionario biografico dei Fisici italiani*, in preparazione, 2018.

Talotta M., *L'Istituto di Fisica sotto la Direzione del Prof. Angelo Battelli dal 1894 al 1900*, tesi, Pisa, 1997.

Vicentini G., *Commemorazione di Angelo Battelli*, Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, tomo LXXVI Disp. 3, 1916-17, pp. 57-59.



## Capitolo 5

### Luigi Puccianti

La prematura e quasi improvvisa scomparsa di Battelli nel 1916 pose all'Ateneo pisano il problema di una sua sostituzione che si muovesse nel verso di una "ragionevole" continuità. Secondo le consuetudini dell'epoca, non si poteva pensare a una successione "interna", quale sarebbe stata quella del pur già maturo Augusto R. Occhialini, al quale – non a caso – venne comunque affidato l'interinato.

La chiamata di Puccianti da Torino, dove si era trasferito subito dopo essere andato in cattedra a Genova, rappresentò per il diretto interessato anche un ritorno ai lidi paterni, ma se da un lato ciò costituì un segnale di continuità in quanto Puccianti si era a suo tempo laureato con Battelli, dall'altro portò anche un elemento di discontinuità non soltanto nelle problematiche scientifiche specifiche, ma anche nell'atteggiamento culturale, che vede in Puccianti quasi più un allievo "virtuale" di Felici che non di Battelli, sia per l'esplicito riconoscimento di un'eredità metodologica, quale si può inferire dagli scritti storiografici di Puccianti, sia per l'afflato teorico di alcuni dei suoi studi e delle sue ricerche.

La venerazione per Ampère, che nei racconti degli epigoni pare raggiungesse aspetti quasi macchiettistici<sup>1</sup>, la battaglia – persa – per l'affermazione di un sistema di unità di misura che incorporasse in modo naturale l'origine microscopica del magnetismo, l'analisi dell'esperimento di Sagnac volta a contrastarne l'interpretazione antirelativistica, le stesse discussioni con il giovane Fermi sul problema della massa elettromagnetica, sono poi tutti segnali nella direzione qui indicata.

Tuttavia il maggior limite della direzione Puccianti sembra risiedere nella scarsa capacità di aprirsi alle nuove linee di ricerca sperimentale ormai ampiamente presenti a livello nazionale e internazionale, come lo studio dei raggi cosmici<sup>2</sup>, che vide presto attive, soprattutto per merito di Bruno Rossi, le sedi di Firenze e di Padova, e la fisica nucleare, in cui fu la scuola di Fermi a Roma a svolgere un ruolo della massima rilevanza mondiale.

Venne quindi a crearsi una situazione simile a quella già vista nel caso della direzione Felici, segnata dall'esodo sistematico dei migliori laureati verso altre sedi scientificamente più attraenti, come quelle sopra ricordate. Perfino il neonato Istituto di Fisica di Milano, grazie all'iniziativa di Giovanni Polvani, egli stesso laureatosi a Pisa, divenne un importante centro d'attrazione per diversi brillanti allievi di Puccianti.

<sup>1</sup> Si dice che Puccianti si alzasse in piedi e si togliesse il cappello quando nominava Ampère.

<sup>2</sup> Studio al quale peraltro anche Puccianti contribuì, sia pure indirettamente, suggerendo a B. Rossi l'idea delle lenti magnetiche.

## 5.1. Il percorso umano e scientifico di Luigi Puccianti

Luigi Gaetano Alfredo Ranieri Giovanni Puccianti nacque a Pisa il 6 luglio 1875, figlio unico del cavaliere professore Giuseppe Puccianti e della nobildonna Arianna Pucciardi. Il padre Giuseppe (1830-1913) era un letterato, autore dell'*Antologia della prosa italiana moderna*, e preside del locale Liceo, mentre lo zio Gaetano (1821-1886), fratello di Giuseppe, dopo aver a lungo insegnato Fisiologia a Siena, fu uno stimato professore di Patologia generale a Pisa dal 1866 al 1884.

Completati con successo gli studi liceali nel 1893, subito si iscrisse alla Facoltà di Scienze Fisiche e Matematiche dell'Università di Pisa, optando per il corso di laurea in Fisica, proprio mentre in quegli stessi giorni si insediava sulla cattedra di Fisica sperimentale Angelo Battelli, di cui ventiquattro anni dopo sarebbe diventato il successore. Fu allievo di Battelli e di Garbasso, e frequentò i corsi con regolarità, ma nel 1897 dovette comunque iscriversi per un anno come ripetente, in quanto il lavoro di tesi richiese quasi due anni di lavoro; giunse quindi a laurearsi, con il massimo dei voti e la lode, il 31 maggio 1898, discutendo la tesi "Ricerche radiometriche sull'assorbimento di alcuni liquidi per la parte ultrarossa dello spettro".

Nella tesi Puccianti studiò sistematicamente gli spettri di assorbimento nel primo infrarosso di numerosi composti organici, concatenati tra loro per isomeria, omologia ecc., riconoscendo relazioni tra lo spettro di assorbimento e la natura chimica dei composti del carbonio, quali piridina, benzene, toluene, etilbenzene, ortoxilene, metaxilene, paraxilene, ioduri di metile e di etile, etere e alcol etilico ecc., per i quali trovò un massimo di assorbimento alla lunghezza d'onda di 1,71 micron. Altre peculiarità facevano differire i vari gruppi di sostanze; per esempio i primi sette composti summenzionati presentavano altri due massimi a comune, connessi (secondo Puccianti) con la struttura esagonale della molecola. Anche gli spettri dei tre alcoli risultavano simili tra loro. Per il lavoro di tesi Puccianti si costruì pezzo per pezzo tutto lo spettrografo, salvo il prisma di quarzo e gli specchi, e uno speciale vasetto di assorbimento. Costruì anche lo strumento più delicato per la rivelazione dello spettro infrarosso, un radiometro di Crookes di cui la parte più importante era il sistema di torsione, estremamente sensibile, pesante in tutto 5 milligrammi e sospeso mediante un filo di quarzo del diametro di 1/400 di mm, di cui in una nota Puccianti dice che fili di quarzo di questa sottigliezza non si trovavano in commercio e che, dopo aver acquisito una certa pratica, se li era fatti da solo col metodo della balestra. Quest'apparato gli fu sempre particolarmente caro e lo mostrava con orgoglio agli amici anche dopo molti anni.

I risultati della tesi, successivamente rielaborati, diedero luogo ad una serie di importanti pubblicazioni. Degno allievo di Battelli, Puccianti si stava già fin d'allora rivelando valentissimo sperimentatore. È un fatto che egli stava osservando per la prima volta gli spettri vibrazionali di molecole, previsti da A. Smekal solo nel 1923 e osservati nel 1928 da C.V. Raman, che per questo lavoro ottenne il premio Nobel. Puccianti aveva trovato che con le tecniche spettroscopiche si potevano mettere in evidenza le differenze tra i composti alifatici e quelli aromatici.

Puccianti non proseguì in questo tipo di ricerche, pur avendo a quel punto una strumentazione che si prestava a estendere lo studio dell'assorbimento ad altri composti, ma non era nel carattere dell'uomo l'idea di affrontare un lavoro sistematico e sostanzialmente ripetitivo, mentre era attratto dalla possibilità di esplorare nuovi fenomeni.



Nel 1900 divenne assistente e poi aiuto presso l'Istituto di Fisica del Regio Istituto di Studi Superiori di Firenze diretto da Antonio Røiti, dove ottenne la libera docenza nel 1904 (esaminato da Battelli, Righi e Røiti) e alcuni incarichi di insegnamento. Dal 1907 al 1915 fu professore di Fisica presso il R. Istituto Superiore di Magistero Femminile sempre in Firenze. In quel periodo si sposò con Francesca Marcacci e a Firenze nacquero le figlie Anna (1911) e Giuseppa (1913). Questo lungo periodo fiorentino è segnato dalla sua collaborazione con Røiti, nel cui laboratorio eseguì diverse ricerche di cui ricordiamo le più importanti.

Attratto dal problema del comportamento anomalo dell'indice di rifrazione in prossimità della banda dello spettro in cui avviene l'assorbimento, nel 1901 pubblicò un lavoro, suggeritogli da Røiti, sulla dispersione anomala della ossiemoglobina, per la quale grazie ai risultati di l'Hévoque si avevano informazioni molto precise sulla posizione e sull'estensione della banda di assorbimento. Il lavoro è importante soprattutto per la disposizione sperimentale che consiste nel provocare l'interferenza di due fasci di luce bianca, provenienti da una medesima sorgente. Un solo raggio traversa il mezzo di cui si studia la dispersione anomala. Mediante una piccola lente acromatica si fanno formare le frange reali (trasversalmente) sopra la fenditura dello spettrometro, nel cui campo si vedono tanti sottili spettri sovrapposti, quante sono le frange chiare, separati tra loro da strisce nere. Misurando i ritardi di fase si può costruire la curva dei ritardi e la curva di rifrazione e l'eventuale irregolare andamento dell'indice di rifrazione. Con questa stessa disposizione, quando viene usata come mezzo dispersivo la sorgente da studiare (allora si usava la fiamma o l'arco elettrico), si riesce ad esaminare il comportamento di questa rispetto alla luce, non sua, che l'attraversa. Puccianti ebbe la rivelazione di questa possibilità quando, con felice intuizione, inserì al posto della vaschetta contenente la soluzione di ossiemoglobina un becco Bunsen acceso ma sporco di sali di sodio, per cui si produsse l'effetto in corrispondenza della riga gialla del Sodio. Questo risultato fu pubblicato nel 1904, e il concetto che lo ispirava rimase valido e usato per molti decenni, fornendo preziose informazioni sui processi di emissione e assorbimento, ma ancora una volta Puccianti non proseguì le ricerche su questa linea, preferendo dedicarsi a nuovi problemi.

Al lavoro sull'ossiemoglobina Puccianti fece seguire una ricerca sui dielettrici (1902) suggeritagli sempre dal Røiti, mostrando che un dielettrico dotato di costante dielettrica minore di quella del mezzo ambiente presenta, in un campo elettrico un comportamento analogo a quello che presenta, in un campo magnetico, un corpo diamagnetico. Nel 1904 ottenne gli spettri per temperatura dei vapori di bromo e di iodio, risolvendo la dibattuta questione se gli aeriformi possono dar luogo a emissione per sola temperatura. Nel 1905 pubblicò un ampio lavoro, basato sulla tesi di libera docenza, dal titolo "Alcune osservazioni critiche ed esperienze nuove relative ai fondamenti della spettroscopia celeste".

Nel 1906-1907 si dedicò alla questione delle molteplicità spettroscopiche esaminando la dispersione anomala nell'arco elettrico alimentato sia con corrente continua sia con corrente alternata, in questo caso studiando le variazioni stroboscopicamente. Puccianti studiò le relazioni reciproche di forma, estensione, intensità, potere dispersivo delle varie zone monocromatiche dell'arco e la dipendenza di questi caratteri sia dalle condizioni elettriche di alimentazione dell'arco sia dal "grado di eccitazione" (nel linguaggio dell'epoca) delle righe corrispondenti alle zone monocromatiche considerate. Nel 1907 effettuò anche studi sulla viscosità dei cristalli liquidi.

Nel 1912 pubblicò *Una determinazione in misura assoluta della potenza irradiata dal corpo nero*. La caratteristica di queste ricerche sta nel fatto che i radiatori integrali usati erano mantenuti a bassa temperatura: uno a temperatura ambiente, l'altro alla temperatura della neve di anidride carbonica o a quella dell'aria liquida. Puccianti usò un metodo di compensazione, ottenuta rifornendo al radiatore caldo la quantità di calore persa per irraggiamento, in modo che esso rimanesse a temperatura costante; la stessa condizione era ottenuta per il radiatore freddo mantenendolo immerso in un bagno termostatico di anidride o di aria liquida. L'apprezzamento della compensazione era fatto per via bolometrica o termometrica, e le misure riguardavano le temperature e le quantità di calore fornite al radiatore caldo. È importante rilevare che l'aver adoperato basse temperature portava a gravi difficoltà sperimentali, perché le quantità di energia scambiate erano relativamente piccole e quindi per apprezzarle occorreva grande sensibilità; a fronte di questo svantaggio si aveva però una più agevole determinazione delle temperature dei radiatori.

Nel 1914 Puccianti effettuò ricerche sui catodi virtuali multipli, cioè sulle focalizzazioni multiple del fascio catodico per effetto del campo magnetico. Inoltre realizzò una serie di ricerche sulle prime righe della serie di Balmer dell'idrogeno. Il complesso degli studi di spettroscopia effettuati da Puccianti gli diede una notevole reputazione, anche internazionale, in questo campo di ricerca.

Sempre nel 1914 Puccianti pubblicò una nota sull'interferografo girante di Sagnac, che riteneva di aver ottenuto una prova dell'esistenza dell'etere. Puccianti riuscì invece a spiegare l'effetto senza ricorrere all'etere, ma facendo uso soltanto del concetto di propagazione in tempo finito, delle leggi dell'ottica geometrica e del principio delle interferenze, e poté quindi respingere l'interpretazione antirelativistica dei risultati di Sagnac.

L'altro campo di grandissimo interesse per Puccianti erano i fenomeni dell'Elettromagnetismo e dell'Elettrodinamica, ai quali era già stato avviato dall'insegnamento di Garbasso, ma che attrassero in modo particolare la sua attenzione a partire dal 1914, con la scoperta della superconduttività da parte di Kamerlingh Onnes, che lo convinse dell'attendibilità dell'ipotesi di Ampère, secondo cui ogni corpo, e in particolare ogni magnete, era sede di correnti elettriche persistenti senza forza elettromotrice. Si trattava tuttavia di spiegare la diversa dipendenza dall'induttività  $\mu$  del mezzo delle interazioni tra correnti e correnti, tra magneti e magneti e tra magneti e correnti. Puccianti propose l'ipotesi che il campo che si costituisce all'interno di un magnete sia la somma di quello prodotto dalle correnti amperiane interne e del campo esterno applicato. In questo modo i campi  $\mathbf{H}$  e  $\mathbf{B}$  risultano tra loro omogenei e  $\mu$  è necessariamente un numero puro. Molti anni dopo questa proposta lo portò a una lunga polemica con Giorgi, nel cui sistema di unità di misura i due campi hanno dimensioni fisiche differenti. In ogni caso la Memoria sull'argomento presentata da Puccianti all'Accademia dei Lincei rappresenta un importante momento di sistemazione unitaria del complesso dei fenomeni elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Nel 1915 Puccianti lasciò Firenze perché, vinto il concorso a cattedra, fu chiamato dall'Università di Genova come professore di Fisica sperimentale. L'anno successivo si fece trasferire all'Università di Torino, ma con la morte di Angelo Battelli avvenuta l'11 dicembre 1916, gli si aprì l'opportunità di tornare nella sua Pisa, e di fatto venne subito chiamato alla cattedra nel 1917.

In quell'anno pubblicò un articolo in cui riuscì a portare a termine una abilissima determinazione della costante di Stefan: *Sulla costante della legge di Stefan-Boltzmann*; uno dei pregi maggiori di questa ricerca fu la scelta di sperimentare alle temperature più basse all'epoca accessibili, nella regione di maggior interesse fisico ma anche di maggior difficoltà sperimentale.

I suoi interessi nel campo della teoria elettronica lo spinsero a studiare nel 1918 l'effetto Hall e l'effetto Corbino concludendo le ricerche con due pubblicazioni *Doppia bilancia di induzione per lo studio dell'effetto Corbino* e *Sull'effetto Corbino in campi magnetici di piccola intensità*. Estremamente importante anche in relazione alla determinazione delle costanti universali è un suo suggerimento riportato nel lavoro *Per la determinazione diretta, geometrica, della lunghezza d'onda dei raggi Roentgen* (1923) nel quale, grazie a un'intelligente applicazione della scoperta da parte di Compton del fatto che i raggi X si riflettono regolarmente per incidenze estremamente radenti, egli propose l'uso di un reticolo di diffrazione a largo angolo di incidenza.

Un ultimo significativo risultato fu ottenuto da Puccianti nel 1933 quando, sostituendo, al posto dell'interferometro Jamin da lui usato nelle precedenti esperienze, un interferometro Michelson con ottica di quarzo, e adottando un procedimento di calcolo grafico, poté misurare il rapporto d'intensità per le righe H e K del calcio ionizzato.

Significativo il contributo da lui dato allo sviluppo della fisica in Italia anche tramite le numerose idee che, con grande generosità, egli suggerì ad allievi e colleghi, dando lo spunto per un cospicuo numero di brillanti lavori sperimentali.

Tra queste idee originali merita in particolare di essere ricordato, per la sua grande rilevanza nel successivo sviluppo di varie ricerche, il suggerimento che Puccianti diede verso il 1930 a Bruno Rossi per la possibile costruzione di una lente magnetica, consistente in un circuito magnetico chiuso, formato da due sbarre di ferro magnetizzate in senso opposto, e da due contatori collocati sopra e sotto il magnete<sup>3</sup>. Rossi utilizzò questo apparato per la prima volta nel 1931 per la rilevazione e l'analisi dei raggi cosmici, e l'idea fu ripresa nel 1943-44 da Conversi, Pancini e Piccioni per il loro fondamentale esperimento sui "mesotroni".

In ogni caso partire dai primi anni Venti Puccianti di fatto abbandonò la ricerca sperimentale originale, mentre continuò a dedicarsi con passione alla didattica e all'alta divulgazione, in particolare sui temi a lui cari della teoria elettromagnetica e su argomenti di storia della fisica, non solo locale, tra cui varie commemorazioni di colleghi scomparsi. Fu anche autore di un volumetto di *Storia della Fisica*, pubblicato da Le Monnier nel 1951 e destinato al largo pubblico.

Puccianti fu anche a lungo Preside della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

In un appunto per un *curriculum*, di mano di Puccianti, si legge:

- spettroscopia e radiazione in generale (1900-1923), venti pubblicazioni;
- magnetismo ed elettrodinamica ed affini (1902-1930), dodici pubblicazioni;
- argomenti scientifici vari (1907) tre pubblicazioni;
- scritti didattici, storici e commemorativi (1914-1940), dodici pubblicazioni.

<sup>3</sup> L'attribuzione a Puccianti dell'idea delle lenti magnetiche risulta esplicitamente dall'articolo di Rossi B., *Magnetic Experiments on the Cosmic Rays*, in «Nature», 128, (1931), p. 300 (segnalazione di L. Bonolis).

Molti oggetti (materiale scientifico) sono stati fabbricati nell'Istituto stesso o su disegno del Direttore, tra i quali sono da ricordare:

1. la montatura meccanica di grande precisione per un reticolo concavo di Rowland;
2. quella di una gradinata di Michelson;
3. quella di un interferometro di Michelson, in forma speciale da essere usato col metodo Puccianti per lo studio delle dispersioni anomale;
4. un apparecchio per l'osservazione e la fotografia della diffrazione di raggi elettronici;
5. la sistemazione generale e alcune parti speciali di un grande impianto per raggi Roentgen;
6. le parti meccaniche di un moderno spettrometro a raggi ultrarossi, nel quale è stato adattato un radiometro già costruito dal direttore, al tempo della sua laurea.

Nell'ultima fase della Seconda Guerra Mondiale Puccianti, come altri professori, si rifugiò nella Certosa di Calci, mentre tra il 23 giugno e il 7 luglio 1944 l'Istituto fu più volte saccheggiato dai tedeschi, che asportarono libri e strumenti, ne minacciarono la distruzione, alla quale si oppose la professoressa Ciccone, l'unica che, con il custode Barsali, ancora risiedeva nell'edificio. Un breve resoconto delle vicende e dei danni subiti (inclusa la distruzione della torre d'angolo dell'Istituto) è contenuto nella relazione scritta da Puccianti stesso l'11 ottobre 1944.

Il 20 settembre 1945 in una riunione del Consiglio della Facoltà di Scienze presieduta dal prof. Tonelli, i professori Albanese e Chiarugi chiesero che la Facoltà esprimesse il parere di conservare all'insegnamento per l'anno successivo il prof. Luigi Puccianti, che aveva compiuto 70 anni. La proposta venne approvata nella seduta successiva e il Rettore Mancini la trasmise subito al Ministero con espressioni di sostegno.

Tuttavia nell'adunanza della Facoltà di Scienze del 27 settembre 1945 il Preside comunicò di aver ricevuto una lettera della Delegazione Provinciale di Pisa dell'Alto Commissario per le Sanzioni contro il fascismo. Da tale lettera risultava che l'Alto Commissario aveva proposto che il prof. Luigi Puccianti venisse sospeso dal servizio come «noto apologeta del fascismo».

Comunicò inoltre di aver ricevuto dal prof. Nello Carrara, ordinario di Fisica nella R. Accademia di Livorno, una lettera in cui era da questi espresso il desiderio di succedere al prof. Puccianti nell'insegnamento della Fisica a Pisa. La Facoltà di Scienze, con voto unanime propose tuttavia al Ministro, nell'ipotesi che l'autorità competente ritenesse che il professore stesso potesse continuare ad assolvere i suoi compiti accademici, considerando le sue alte benemeritenze scientifiche, e tenuto conto delle gravi difficoltà di provvedere in modo adeguato alla Direzione dell'Istituto di Fisica gravemente danneggiato dalla guerra, che Puccianti fosse mantenuto in servizio ancora per un anno. Non vi furono sanzioni e Puccianti fu per il momento conservato al suo posto.

Il DPL del 4 gennaio 1947, n. 22 arrivò giusto in tempo per mantenerlo all'insegnamento per altri due anni accademici fino a che, avendo compiuto 72 anni il 6 luglio 1947, egli viene collocato fuori ruolo a partire dal 10 novembre di quell'anno.

La Facoltà tuttavia nell'affidare l'insegnamento e la direzione dell'Istituto a Nello Carrara, propose che a Puccianti fosse permesso di insegnare Fisica superiore. Il Ministero si oppose

ma la Facoltà insisté a proporlo, non più come incarico retribuito ma come attività didattica esplicata come parte della materia di Fisica sperimentale.

Solo con il 10 novembre del 1950 Puccianti viene definitivamente collocato a riposo, ma non per questo lasciò il suo Istituto, ove il 9 giugno 1952 morì nell'abitazione in cui era vissuto ininterrottamente per 35 anni.

L'anno successivo il Consiglio Comunale di Pisa, presieduto dal sindaco Renato Pagni, deliberò: «Pisa è lieta di rendere questo omaggio alla memoria di un suo benemerito cittadino». Era l'autorizzazione a tumularne le spoglie nel Cimitero monumentale: la sua tomba ha una semplice lastra marmorea su cui è scritto: Luigi Puccianti 1875-1952, Fisico.

## 5.2. Pubblicazioni di Luigi Puccianti prima del trasferimento a Pisa

Titolo	Rivista	Pagg.	Anno
Spettri di assorbimento nell'ultravioletto	Nuovo Cim. 11 Phys. Zeits.	241-278	1900
Dispersione anomala dell'ossiemoglobina	Nuovo Cim. 2	257-264	1901
Corrispondente elettrico del diamagnetismo	Nuovo Cim. 4 Phys. Zeits.	408-410	1902
Metodo interferenziale per lo studio della dispersione anomala nei vapori	Soc. Spettr. Italiani		1904
Sulla fluorescenza del vapore di sodio	Nuovo Cim. 8 Accademia Lincei	427-437	1904
Spettri di incandescenza dell'iodio e del bromo	Soc. Spettr. Italiani		1905
Sulla osservazione delle particelle ultramicroscopiche	Arch. di fisiologia		1907
Alcune osservazioni critiche ed esperienze nuove relative ai fondamenti della spettroscopia celeste	Nuovo Cim. 9	393-475	1905
Esperienze sulla dispersione anomala dei vapori metallici nell'arco alternativo etc.	Accademia Lincei		1906
Osservazioni al Congresso di Fisica di Roma	Nuovo Cim.		1906
Studio elettrico e ottico dell'arco alternativo	Nuovo Cim. 13 Phys. Zeits.	269-285	1907
Misure di viscosità sopra i cristalli fluidi del Lehman	Accademia Lincei		1907
Esperienze collo spettrografo senza fenditura sull'arco a corrente continua	Nuovo Cim. 14 Soc. Spettr. Italiani	218-224	1907
Osservazioni ottiche al Congresso di Fisica	Nuovo Cim.		1907
Degli spettri di righe	Nuovo Cim. 15	95-130	1908

Relazione alla S.I.F. sopra la officina Carl Zeiss etc.	Nuovo Cim.		1908
Nuove esperienze sulla molteplicità spettroscopica nell'arco elettrico	Nuovo Cim. 19	397-410	1910
I recenti progressi della spettroscopia. Conferenze alla Univ. di Genova (1909) in "I recenti progressi della fisica"	Albrighi e Segati		1911
Necrologia di Luigi Magri	Nuovo Cim. 2	407-417	1911
Una determinazione in misura assoluta della potenza irraggiata dal corpo nero	Nuovo Cim. 4	31-48	1912
Un'altra determinazione in misura assoluta della potenza irraggiata dal corpo nero	Nuovo Cim. 4	322-330	1912
Sull'interferografo girante del sig. Sagnac	Accademia Lincei		1914
La decomposizione della riga rossa dell'idrogeno nel primo strato catodico	Nuovo Cim. 7 Accademia Lincei	351-353	1914
Confronto fra la scomposizione catodica della prima e della seconda riga della serie di Balmer	Nuovo Cim. 7 Accademia Lincei	361-364	1914
Comunicazioni di argomento didattico alla Società di Fisica	Nuovo Cim.		1914
Galvanometro ad ago mobile immune dalle perturbazioni magnetiche	Nuovo Cim. 8	69-76	1914
Alcuni effetti curiosi del campo magnetico sulla luminosità negativa	Nuovo Cim. 8	109-122	1914
I circuiti superconduttori di Kamerling Onnes e la teoria del magnetismo secondo Ampère	Accademia Lincei		1914
La teoria del magnetismo secondo Ampère	Accademia Lincei Nuovo Cim. 9	401-404	1914 1915
Sulla costante della legge di Stefan e Boltzmann	Accademia Lincei		1917
Fisica dell'Università Pisana alla guerra del 1848. Discorso inaugurale R. Un. Genova 1917-18	"Il nuovo patto"		1919

### 5.3. Cenni bio-bibliografici sui principali allievi, assistenti, collaboratori e tecnici di Puccianti

La maggior parte dei collaboratori si sono succeduti nei posti di Assistente e di Aiuto. In particolare Polvani fu assistente dal 1919 al 1921 e aiuto dal 1921 al 1926, Pierucci fu assistente dal 1921 al 1927 e aiuto dal 1927 al 1931, Ciccone fu assistente dal 1924 al 1931 e aiuto a partire

dal 1931, quando subentrarono in pianta stabile come assistenti Allegretti, Derenzini e De Donatis.

<b>A.A.</b>	<b>Aiuto</b>	<b>Assistente</b>	<b>Assistente</b>	<b>Assistente</b>
1918/19		Collodi T.	Bonazzi O.	Chella S.
1919/20	Collodi T.	Polvani G.	Pierucci M.	Grazi
1920/21	Collodi T.	Polvani G.	Pierucci M.	Grazi
1921/22	Polvani G.	Pierucci M.	Grazi	Carrara N.
1922/23	Polvani G.	Pierucci M.	Grazi	Carrara N.
1923/24	Polvani G.	Pierucci M.	Grazi	Carrara N.
1924/25	Polvani G.	Pierucci M.	Ciccone M.	
1925/26	Polvani G.	Pierucci M.	Ciccone M.	<i>Vecchiacchi (inc)</i>
1926/27	-----	Pierucci M.	Ciccone M.	<i>Vecchiacchi (inc)</i>
1927/28	Pierucci M.	Ciccone M.	<i>Bolla+Pistoia (inc)</i>	Vecchiacchi
1928/29	Pierucci M.	Ciccone M.	<i>Bolla (inc)</i>	<i>Allegretti (inc)</i>
1929/30	Pierucci M.	Ciccone M.	Bolla	Allegretti L.
1930/31	Pierucci M.	Ciccone M.	<i>De Donatis (inc)</i>	Allegretti L.
1931/32	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1932/33	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1933/34	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1934/35	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1935/36	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1936/37	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1937/38	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1938/39	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1939/40	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1940/41	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1941/42	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1942/43	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.

1943/44	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1944/45	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Allegretti L.
1945/46	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Gozzini A.(supp)
1946/47	Ciccone M.	Derenzini	De Donatis C.	Gozzini A.(supp)

## Gli incaricati

Una volta conseguita la libera docenza, era abbastanza usuale che ai collaboratori fosse affidato un incarico d'insegnamento. Mentre Puccianti tese a riservare a sé il corso di Fisica superiore, attivato nel 1926, e fino al 1935 conservò anche il corso di Fisica destinato agli studenti delle altre facoltà (Medicina, Farmacia, Agraria e Veterinaria), il secondo corso di Fisica (corso speciale) fu affidato dapprima a Polvani (1921-1925), poi a Pierucci (1925-1931) e infine a Chella, che lo tenne dal 1931 al 1936, per poi passare definitivamente all'insegnamento della Fisica per la altre facoltà.

Il corso di Fisica teorica fu attivato per la prima volta nel 1932, e fu affidato dapprima, fino al 1936 a Giovanni Gentile jr, poi a Giulio Racah, che nel 1937 ne ebbe anche la cattedra, ma nel 1938 fu epurato a causa delle leggi razziali, per cui l'incarico passò a Derenzini che lo tenne fino al dopoguerra, così come Ciccone, che sempre a partire dal 1938 ebbe l'incarico di Spettroscopia.

Diversa fu la vicenda del corso di Fisica terrestre, attivato nel 1939 e affidato ad Allegretti, che però lo abbandonò a causa delle vicende belliche, lasciandolo a De Donatis.

Alla lista degli incarichi vanno inoltre aggiunti Ottica per applicazioni belliche a Puccianti dal 1925/26 al 1928/29, Matematica per chimici a Polvani nel 1927/28, Fisica tecnica a Cassuto dal 1919/20 al 1934/35 poi a Poggi, Radiocomunicazioni a Carrara nel 1936/37 poi dal 1939/40.

	Fisica Superiore	Complementi/ Fisica sperim.	Fisica Teorica	Spettroscopia	Fisica Terrestre	Altre facoltà
1918/19						Puccianti
1919/20						Puccianti
1920/21						Puccianti
1921/22		Polvani				
1922/23		Polvani				
1923/24		Polvani				
1924/25		Polvani				
1925/26		Pierucci				Puccianti
1926/27	Puccianti	Pierucci				Puccianti
1927/28	Puccianti	Pierucci				Puccianti



1928/29	Puccianti	Pierucci				Puccianti
1929/30	Puccianti	Pierucci				Puccianti
1930/31	Puccianti	Pierucci				Puccianti
1931/32	Puccianti	Chella				Puccianti
1932/33	Puccianti	Chella	Gentile			Puccianti
1933/34	Puccianti	Chella	Gentile			Puccianti
1934/35	Puccianti	Chella	Gentile			Puccianti
1935/36	Puccianti	Chella	Gentile			Chella
1936/37	Puccianti		Racah			Chella
1937/38	Puccianti		Racah			Chella
1938/39	Puccianti		Derenzini	Ciccione		Chella
1939/40	Puccianti		Derenzini	Ciccione	Allegretti	Chella
1940/41	Puccianti		Derenzini	Ciccione	Allegretti	Chella
1941/42	Puccianti		Derenzini	Ciccione	Allegretti	Chella
1942/43	Puccianti		Derenzini	Ciccione		Chella
1943/44	Puccianti		Derenzini	Ciccione		Chella
1944/45	Puccianti		Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella
1945/46	Puccianti		Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella
1946/47	Puccianti		Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella
1947/48	Puccianti	Carrara	Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella
1948/49	Puccianti	Carrara	Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella
1949/50	Puccianti	Carrara	Derenzini	Ciccione	De Donatis	Chella

## I principali allievi, assistenti, collaboratori, e loro notizie bio-bibliografiche

Di seguito, delle brevi notizie sui principali allievi, assistenti e collaboratori di Luigi Puccianti.

**Giovanni Polvani** (Spoleto (PG), 17/12/1892 – Milano, 11/8/1970). Normalista, laureato a Pisa nel 1917, assistente dal 1919 al 1921, aiuto dal 1921 al 1926, incaricato di Complementi di Fisica e Fisica superiore dal 1921 al 1925, libero docente dal 10/7/1922. Vincitore di concorso a cattedra nel 1926, il 1/1/1927 divenne professore straordinario a Bari, per poi passare dopo un anno sulla cattedra di Fisica tecnica della scuola d'Ingegneria di Pisa e infine trasferirsi nel 1929 a Milano, dove tenne la cattedra di Fisica sperimentale fino al 1969.

Fu tra i principali promotori, con Amaldi, della ricostruzione postbellica della ricerca italiana in fisica, e nel corso della sua notevole carriera rivestì numerose importanti cariche,

tra cui quella di Presidente della SIF (1947-1961), di Presidente del CNR (1960-1964), di cui promosse la riforma, e di Rettore dell'Università di Milano (1966-1969). Tra l'altro fondò nel 1953 la scuola di Fisica di Varenna, fu socio nazionale dell'Accademia dei Lincei dal 1948 e fu Presidente della *Domus Galilaiana* dal 1955 alla morte.

La sua produzione scientifica nel periodo pisano si inserì nelle linee di ricerca di Puccianti. In particolare mise a profitto (1920) l'effetto fotoelettrico per poter comandare al momento voluto, con lo specchio rotante, l'inizio della scintilla con una precisione di circa un microsecondo; poté così studiare la variazione nel tempo dello spettro della scintilla elettrica, trovando che i risultati circa le variazioni dell'intensità di ciascuna riga lungo i rispettivi semiperiodi della scarica, le differenze di fase tra le oscillazioni d'intensità subite dalle varie righe e altre proprietà erano coerenti con i risultati dati dallo studio dell'arco alternativo, confermando quindi la teoria della molteplicità spettroscopica come espressione del grado di eccitazione. Nel 1922, sempre riconnettendosi ai lavori di Puccianti, studiò stroboscopicamente l'arco alternativo con frequenze dell'ordine di 6.000 Hz; le differenze di comportamento tra righe di bassa e di alta eccitazione andavano in tal caso attenuandosi, poiché in entrambi i casi le righe si mantenevano presenti anche nei momenti di annullamento della tensione o della corrente. Nello stesso anno dimostrò sperimentalmente l'indipendenza dell'emissione fotoelettrica del ferro dalla densità magnetica superficiale della superficie emittente. A partire dal 1924 si interessò all'effetto Hall, dimostrando teoricamente e sperimentalmente che, a causa dell'effetto, in un conduttore cilindrico attraversato da corrente l'equazione di Poisson-Kirchhoff per la distribuzione del potenziale non è più valida e la corrente non è più ohmica, mentre un campo magnetico parallelo a un conduttore percorso da corrente impone ai filetti di corrente un andamento elicoidale. Nel 1925-26 studiò teoricamente alcuni aspetti dell'effetto fotoelettrico; nel 1926 cercò poi (con esito negativo) di verificare se l'effetto Hall presentasse un ritardo rispetto al campo magnetico. In quel periodo si occupò anche di ricerche sulla teoria cinetica dei gas, sul galvanomagnetismo e sul magnetron di Hull, oltre che di storia della fisica (promosse la creazione del Fondo Pacinotti).

Lasciata Pisa, nel periodo prebellico si occupò ancora di teoria dei gas, sia classici che quantistici, di fenomeni acustici, della natura della luce, oltre che di storia della fisica (in particolare le figure di Pacinotti, Mossotti e Volta), mentre dopo la guerra il suo ruolo divenne soprattutto organizzativo.

**Mariano Pierucci** (Pisa, 28/10/1893 – Pisa, 19/12/1976). Laureato a Pisa nel 1915, dopo un breve periodo come incaricato a Urbino fu assistente a Pisa dal 1919 al 1927 e aiuto dal 1927 al 1931. Libero docente dal 9/12/1924, fu incaricato di Fisica sperimentale (corso speciale) dal 1925 al 1931. Avendo vinto un concorso a cattedra nel 1930, prese servizio come straordinario il 1/11/1931 sulla cattedra di Fisica sperimentale dell'Università di Modena, dove trascorse l'intera carriera fino al pensionamento nel 1968. Fu anche Presidente della *Società dei Naturalisti e Matematici* di Modena nel biennio 1936-37. Negli anni 1944-45, a causa del conflitto, fu tuttavia comandato a tenere anche l'insegnamento di Geofisica all'Università di Pisa.

Nel periodo pisano le sue ricerche furono strettamente legate alle tematiche tipiche di Puccianti. Nel 1919 portò una nuova conferma sperimentale ai risultati di Puccianti sulla molteplicità spettroscopica dell'arco, studiando direttamente, attraverso un foro praticato lungo l'asse di uno degli elettrodi, la luce del nucleo dell'arco. Effettuò poi numerose ricerche relative alle apparenze spettroscopiche, ottenute per insufflazione nell'arco di polveri (1920)

o di gas, vapori, soluzioni (1923), e in seguito (1932) anche aumentando il numero degli elettrodi negativi. Nel 1924 tornò sulla questione della temperatura dell'arco, confermando per il cratere positivo dell'arco normale la legge di Lummer sull'indipendenza della temperatura dall'intensità di corrente, mentre confrontando l'arco normale con l'arco forzato ideato nel 1916 da Puccianti e Morghen, dove la limitazione del cratere esalta la densità di corrente, trovò che la temperatura del cratere è in questo caso alquanto superiore a quella del cratere positivo dell'arco normale e dipende dalla densità di corrente. Tra il 1927 e il 1931 studiò le variazioni di resistività delle pellicole metalliche quando sono caricate positivamente o negativamente, mentre a partire dal 1929 (e fino al 1935) investigò le reciproche influenze che, nell'emissione di fiamma, hanno i sali metallici, estendendo l'analisi al caso dell'arco, e provando infine che, a parità di condizioni, si ha un più facile irraggiamento da parte degli atomi di più basso potenziale d'eccitazione. Nello stesso periodo Pierucci, trattando gli atomi quasi come corpuscoli massicci, cercò di mettere in evidenza alcune regolarità tra i raggi atomici. Tra il 1930 e il 1934, ispirandosi ad alcuni esperimenti di Fermi, Pierucci costruì vari collettori per raggi X, avvolgendo su un rocchetto strisce di mica alternate con strisce di carta opportunamente inclinate sull'asse del rocchetto, con lo scopo di ottenere fasci paralleli e immagini dell'anticatodo ingrandite o rimpicciolite. Anche successivamente alla partenza da Pisa le sue ricerche, almeno fino alla guerra, furono soprattutto orientate sulle condizioni di accensione e di regime dell'arco, in molti differenti assetti sperimentali.

Pierucci ebbe anche un costante interesse per l'astronomia, e negli anni Venti scrisse svariati articoli sul tema delle distanze dei pianeti dal Sole e su altre caratteristiche planetarie.

**Marianna Ciccone** (Noto (SR), 29/8/1891 – Noto (SR), 29/3/1965). Laureata a Pisa in Matematica nel 1919 e in Fisica nel 1924, assistente dal 1924 al 1931, poi aiuto dal 1931 al 1953, a riposo nel 1955. Libera docente dal 18/6/1936, nel 1938 le fu affidato l'incarico del corso di Spettroscopia, che tenne con continuità fino al 1955, alternandolo poi fino al 1962 con corsi di servizio di Fisica per altre lauree.

Le sue ricerche più significative si svolsero negli anni Trenta, in particolare con lo studio (1932) degli spettri del berillio neutro e del berillio ionizzato, eseguito con varie modalità di eccitazione, giungendo alla classificazione delle righe e alla compilazione di varie tabelle di termini. In questo lavoro, il primo del genere in Italia, sono anche da rilevare i tentativi per ottenere la riga di intercombinazione dello spettro d'arco del berillio, vanamente ricercata anche da altri fisici. Nel 1933 Ciccone studiò l'effetto Hall nel berillio, mentre nel 1935 trovò e studiò un notevole sistema di bande, con struttura a tripletti, nel complicato spettro dell'ossido di berillio, e ottenne le cosiddette bande di alta pressione nello spettro dell'ossido di carbonio.

Marianna Ciccone va ricordata anche per un significativo episodio avvenuto nel corso della Seconda Guerra Mondiale, quando nell'estate del 1944 si oppose ai nazisti che intendevano deprecare dagli strumenti scientifici l'Istituto di Fisica per poi farlo saltare in aria, e con la propria determinazione convinse il comandante a desistere dal proposito.

**Lamberto Allegretti** (Pisa, 14/10/1906 – Parigi, 29/1/1963). Figlio di Mario, laureatosi a Pisa nel 1928, nello stesso anno divenne assistente incaricato, e assistente ordinario già dal 1929. Libero docente dal 10/3/1939, nel 1939 ottenne l'incarico di Fisica terrestre, che tenne fino al 1942, poi per due anni ebbe l'incarico di Misure elettriche (per chimici). Richiamato alle armi dalla R.S.I. nel febbraio 1944, si arruolò nella "X Mas", e al termine del conflitto fu

prigioniero a Coltano fino all'estate 1946, poi dal 1946 al 1948 fu il primo direttore "di fatto" dell'Istituto di Fisica di Bari, all'epoca in corso di costituzione, e al quale trovò la prima sede. Dopo un periodo di attività all'Istituto di Fisica di Roma, dal 1948 al 1953 fu docente all'Università di Alessandria d'Egitto e nel 1951-52 in quella sede si occupava di raggi cosmici. Dal 1954 al 1959 fu in missione per l'UNESCO alla Facoltà di Scienze dell'Università di Damasco. In seguito fu consulente per l'OECD.

Tra le sue ricerche del periodo pisano vanno ricordate le osservazioni sulla struttura della riga rossa del litio in emissione (1932); le misure di dispersione anomala, effettuate (a partire dal 1934) con la disposizione proposta da Puccianti nel 1933, sul primo doppietto delle serie principali del rame, dell'argento, dell'oro, oltre che dello stronzio e del bario ionizzati, ottenendo valori leggermente crescenti del rapporto di intensità al crescere del peso atomico; una misura della velocità di propagazione degli ultrasuoni nell'anidride carbonica.

**Tullio Derenzini** (Fiume (HU), 13/8/1906 – Montecatini Terme (PT), 1/4/1988). Normalista, laureato a Pisa nel 1928, assistente dal 1931, libero docente dal 1948 al 1983, aiuto dal 1951 al 1961, incaricato del corso di Fisica teorica dal 1938 al 1955, dal 1955 incaricato di Fisica (in particolare a Ingegneria dal 1958 fino al 1976) e in seguito anche di Storia della Fisica (dal 1961 al 1964), dal 1958 al 1962 fu direttore della *Domus Galilaeana*, dove curò il parziale riordino dei manoscritti di Fermi. Dal 1961 fu professore all'Accademia Navale di Livorno.

Tra i suoi contributi si ricordano un articolo del 1934 sulla teoria relativistica dell'elettrone, alcuni saggi del 1936 sul fattore atomico, studi del 1938 (con Bonatti) sulla riflessione e la rifrazione dei raggi Roentgen e sulla struttura cristallina di sali dell'acido xantogenico, altri studi sulla riflessione dei raggi X in collaborazione con De Donatis (1940-41), studi sulla propagazione di ultrasuoni (1942) e di onde elettromagnetiche in mezzi non omogenei. Si occupò anche di storia della fisica.

**Cosimo De Donatis** (Carpignano Salentino (LE), 25/6/1904 – Pisa, 29/6/1968). Laureato a Pisa nel 1930, assistente dal 1930, incaricato del corso di Fisica terrestre dal 1944, libero docente dal 1948. Autore di un articolo sulla struttura cristallina dello xantogenato di ferro (1938), di due studi sulla diffrazione dei raggi Roentgen (1940) e di due studi (in collaborazione con Derenzini) sulla riflessione dei raggi Roentgen (1940-41).

Continuarono la loro collaborazione con l'Istituto anche diversi allievi di Battelli, tra cui in particolare Collodi, che nel 1920 studiò l'effetto Corbino nel bismuto al variare della temperatura, trovando che esso cessa con la fusione (come l'effetto Hall); Chella che, oltre a tenere il corso di Fisica sperimentale (corso speciale) dal 1931 al 1936 e il corso di Fisica per altre facoltà a partire dal 1935, nel 1927 mostrò l'incompatibilità del concetto di massa magnetica con quello di corrente come moto di cariche e nel 1928 studiò le proprietà ottiche di lamine di acqua saponata; R. Magini che nel 1925 effettuò ricerche sui catodi vuoti nella scarica elettrica a bassa pressione e sull'origine dei raggi canale, oltre a scrivere numerosi articoli sull'uso degli apparecchi per le dimostrazioni didattiche.

Occorre infine aggiungere alla lista numerosi contributi singoli che dettero luogo a pubblicazioni a partire dal lavoro di tesi degli studenti più brillanti. Tra questi ricordiamo i risultati di Giovanna Mayr (1920-21), sul passaggio della corrente nelle leghe che risultò essere accompagnato da un lievissimo movimento di ioni; l'articolo di Ester Bellisai (1921) sul passaggio dell'elettricità da una punta a un piano attraverso un liquido isolante; quello

di Maggini (1922) sulla dispersione anomala di vapori metallici, con la valutazione dei rapporti d'intensità delle righe di alcuni triplette del magnesio del calcio e dello zinco e la determinazione dell'indice di rifrazione in prossimità delle righe; lo studio di Niccolai (1926) sull'effetto Hall nella pirite; quello di Mazzari (1928) sull'effetto Hall in campi magnetici molto intensi; quello di Fagioli relativo alle onde stazionarie sui fili di Lecher traversanti uno strato dielettrico; il lavoro di Gregoretti (1938) sull'effetto fotoelettrico interno dei cristalli allocromaici e quelli di Budinich (1939) sull'allargamento e lo spostamento delle righe spettroscopiche.

### **I collaboratori tecnici**

Il Capo-tecnico Orfeo Di Nasso mantenne il suo importante ruolo fino al pensionamento nel 1934. Invece i tecnici Manzetti e Bottai rimasero in servizio per tutto il periodo della direzione Puccianti. Il custode Ulisse di Nasso, che viveva nell'Istituto, rimase al suo posto fino al 1939, e il bidello Barsali fu in servizio fino alla Seconda Guerra mondiale, mentre il bidello Bellatalla lasciò il servizio nel 1930, e fu rimpiazzato da Ricoveri soltanto nel 1939.

### **Le abitazioni**

Anche nel periodo della direzione Puccianti resta forte la tendenza dei collaboratori dell'Istituto a risiedere nel quartiere di Santa Maria, e in particolare proprio in via S. Maria e in poche altre strade prossime all'Istituto (fra le quali, via S. Frediano, via Cavalca, via Tavoleria, via S. Tommaso, Lung'Arno Regio).

## **5.4. La “società antiprossimo”, ovvero Carrara, Rasetti e Fermi a Pisa**

Una trattazione del periodo in cui l'Istituto di Fisica fu diretto da Puccianti sarebbe tuttavia incompleta senza un *excursus* su un gruppo di studenti che, se pure non furono in senso stretto suoi collaboratori, certamente furono suoi allievi e ricevettero da lui un significativo *imprinting* nella loro formazione come fisici sperimentali, attività che svolsero con grande successo, in altre sedi, negli anni successivi. Ci riferiamo ovviamente a Nello Carrara (Firenze 19/2/1900 – Firenze 5/6/1993), Enrico Fermi (Roma 29/9/1901 – Chicago 29/11/1954) e Franco Rasetti (Pozzuolo Umbro 10/8/1901 – Waremme 5/12/2001), contemporaneamente presenti a Pisa negli anni dal 1918 al 1921. Carrara e Fermi entrarono alla Scuola Normale Superiore e si iscrissero al corso di laurea in Fisica (Carrara nel 1917 e Fermi nel 1918), mentre Rasetti, iscrittosi inizialmente nel 1918 a Ingegneria, passò poi a Fisica nel 1920 sulle orme di quelli che nel frattempo erano diventati i suoi migliori amici.

L'amicizia era stata cementata dalla comune passione per la montagna, che si traduceva in frequenti escursioni sulle Apuane, accompagnate di solito da singolari riti propiziatori alla “Dea Entropia” effettuati facendo rotolare a valle grandi macigni, ma anche dall'appartenenza a un'associazione, di natura evidentemente goliardica, da loro stessi costituita con il nome di *Società antiprossimo*, e la cui principale finalità era la realizzazione di ogni tipo di scherzi, tra cui memorabili furono soprattutto la posa di un cappello a cilindro sulla testa della statua del granduca Cosimo I in piazza dei Cavalieri, dopo una difficile arrampicata da parte di Carrara e Fermi, e la verifica sperimentale di un argomento di meccanica razionale che spesso va sotto il nome di “teorema del gatto” (quello per cui l'animale, comunque lascia-

to cadere, atterra sempre sulle quattro zampe) mediante il lancio di un gatto vivo in aula al termine della lezione di Meccanica in cui era stato trattato il tema. Merita ricordare che della banda facevano parte anche alcuni ragazzi “della tribù dei Pontecorvo”, tra cui Guido, fratello maggiore di Bruno, che portò anche Fermi a casa per farlo conoscere alla famiglia ed ebbe poi un ruolo cruciale nel convincere il fratello minore, inizialmente iscrittosi a Ingegneria, a passare a Fisica e trasferirsi a Roma.

Non potendo in questa sede approfondire tutti gli aspetti dell'importante carriera scientifica dei tre (peraltro abbondantemente trattata in letteratura) ci limiteremo a menzionarne i contributi più strettamente legati alla loro presenza a Pisa e al loro legame con l'Istituto di Fisica. Nello Carrara, laureatosi nel 1921 con una tesi sulla misura della lunghezza d'onda dei raggi X mediante diffrazione, divenne assistente di Puccianti dal 1921 al 1924, ed è di quel periodo un suo primo tentativo di misura della lunghezza d'onda mediante un reticolo predisposto per la luce, seguendo il suggerimento di Puccianti di inviare i raggi X non perpendicolarmente, come nel caso della luce, ma obliquamente. Difficoltà tecniche non permisero di ottenere il risultato desiderato, ma Compton, che nel 1924 rifece con successo lo stesso tipo di esperimento (e per questo ottenne il Nobel), riconobbe la validità dei risultati di Carrara sulla riflessione totale dei raggi X. Nel 1924 Carrara divenne professore all'Accademia Navale di Livorno, dove insegnò per ben 46 anni. Ottenuta la libera docenza in Radiocomunicazioni nel 1935, tenne più volte il corso per incarico. Tra il 1947 e il 1950, a seguito del passaggio fuori ruolo di Puccianti, ebbe l'incarico di dirigere l'Istituto di Fisica nella difficile fase postbellica, e fino all'arrivo di Conversi come titolare della cattedra. Avendo fondato nel 1947 a Firenze il Centro di Studi per la Fisica delle Microonde (termine da lui coniato), che oggi gli è intitolato come Istituto di Fisica Applicata del CNR, nel 1955 divenne professore di Onde elettromagnetiche all'Università di Firenze, dove rimase fino al pensionamento nel 1975.

Di Enrico Fermi, la cui attività nel periodo pisano è già stata ampiamente descritta nel saggio di A. Gambassi, basterà ricordare in questa sede che, dopo la discussione nel 1922 di una tesi di natura sperimentale (secondo le regole vigenti all'epoca) sulle proprietà dei raggi Roentgen, ampiamente basata sulle precedenti ricerche di Carrara, lasciò ben presto Pisa per Roma dove si presentò a Corbino e ottenne una borsa di perfezionamento all'estero (prima a Gottinga presso Born poi a Leida presso Ehrenfest). Nel 1925, conseguita la libera docenza, invitato da Garbasso si recò a Firenze dove ritrovò Rasetti, e finalmente nel 1926 ottenne a Roma la prima cattedra italiana di Fisica teorica. Ma già al tempo della sua permanenza a Pisa aveva avuto modo di pubblicare i suoi primi studi teorici, tra cui in particolare gli articoli sulla massa elettromagnetica, volti a risolvere un'apparente grave discrepanza con la teoria della relatività, e le tre note “Sui fenomeni che avvengono in vicinanza di una linea oraria” in cui introdusse quelle che sono oggi conosciute in relatività generale come “coordinate di Fermi”. Nel 1938, appena vinto il premio Nobel, Fermi si trasferì, con la famiglia, negli Stati Uniti.

Quanto a Rasetti, dopo la tesi di spettroscopia, discussa nel 1922, sulla dispersione anomala nei vapori metallici, accettò ben presto un posto di assistente con Garbasso all'Università di Firenze, e vi rimase fino al 1927 per poi passare a Roma, dove nel 1930 ottenne la cattedra di Spettroscopia e dove proseguì l'importante collaborazione già avviata con Fermi fino ai fondamentali risultati degli anni Trenta. Nel 1939, poco dopo la partenza di Fermi, lasciò anch'egli l'Italia per il Canada.

## 5.5. La Fisica teorica a Pisa

L'esigenza di presentare agli studenti i risultati teorici associati alla "nuova" meccanica quantistica fu avvertita abbastanza precocemente: nel corso di Fisica superiore del 1927/28 Puccianti discuteva le idee di De Broglie e l'equazione di Schrödinger e lo stesso faceva Lazzarino nel corso di Fisica matematica del 1928/29 (ma i nomi di Heisenberg e Dirac compaiono soltanto nel programma del 1930/31); ma l'idea di avviare ricerche di natura strettamente teorica non era sentita come urgente.

La prima tesi teorica discussa a Pisa fu quella di Giovanni Gentile jr (Napoli 6/8/1906 – Milano 30/3/1942), figlio dell'omonimo filosofo, allora direttore della Scuola Normale Superiore. Ma la tesi, discussa nel 1927, intitolata "Massa e elettrone" e consistente in sostanza in una rielaborazione della memoria di Schrödinger sull'atomo di idrogeno, in cui Gentile risolveva l'equazione d'onda con i metodi di Frobenius (solo in seguito largamente utilizzati), fu possibile soprattutto per la circostanza particolare in cui si era venuto a trovare il giovane Gentile, che nel 1926 aveva iniziato una tesi sperimentale sull'effetto Stark-Lo Surdo sotto la guida di Polvani, ma aveva dovuto abbandonarla a causa della partenza del relatore per Bari. Per un breve periodo dopo la laurea Gentile fu poi a Roma come assistente di Fermi, con cui non ebbe un rapporto molto felice, mentre invece strinse amicizia con Majorana, con il quale poté anche collaborare, calcolando la separazione dei termini Roentgen e ottici a causa dello spin dell'elettrone e l'intensità delle righe del cesio. In quello stesso periodo (1928) provò anche l'instabilità del cosiddetto "modello dei satelliti" di Rutherford e calcolò, con autofunzioni di tipo idrogenoide, la separazione di alcuni dei termini accentati del calcio.

Recatosi a Berlino da Schrödinger nel 1929, si dedicò alla teoria quantistica della valenza, calcolando (1930) l'azione repulsiva che un atomo di elio nello stato fondamentale ha rispetto a un atomo di idrogeno oppure a un altro atomo di elio, e determinando in questo secondo caso la debole azione attrattiva delle forze di van der Waals. Trasferitosi a Lipsia da Heisenberg nel 1930, trattò il problema della dipendenza che intercorre, in un cristallo, tra magnetizzazione e assi cristallografici, dando un fondamento teorico all'ipotesi dei domini di Weiss con una soluzione che permette di localizzare nello spazio i momenti magnetici delle zone elementari. Nel 1931, tornato in Italia, ottenne la libera docenza in Fisica teorica e nel 1932 fu chiamato a Pisa con l'incarico per il corso, finalmente per la prima volta attivato, di questa disciplina. Tenne il corso fino al 1936, quando si trasferì a Milano, dapprima come incaricato, poi come titolare della cattedra di Fisica teorica, avendo vinto con Wick e Racah il secondo concorso nazionale (1937) di Fisica teorica, grazie alla chiamata "per chiara fama" di Majorana, il più autorevole potenziale concorrente.

Il periodo pisano non fu particolarmente fertile dal punto di vista della ricerca: l'unico risultato significativo fu un articolo del 1934 in cui, basandosi sulla teoria della rimanenza di Bloch, si pose la questione di come si modifichi il sistema dei livelli energetici di un cristallo ferromagnetico qualora si introduca il concetto classico di momento magnetico di una zona elementare di Weiss-Bloch. Sono di questo periodo anche le *Lezioni di meccanica quantistica* (1934) basate sulle dispense del suo corso. In quegli anni Gentile si dedicò anche alla stesura di una monografia sulla fisica nucleare, pubblicata però soltanto nel 1937 a Roma, e scrisse saggi per varie riviste sulla filosofia della fisica atomica e di quella classica, oltre a vari arti-



coli di fisica per l'Enciclopedia Italiana. Negli anni milanesi ottenne invece i suoi risultati più significativi, tra cui in particolare le memorie sulle statistiche intermedie (1940-41), ma morì precocemente nel 1942 per un attacco di setticemia dovuto a un ascesso dentario.

La volontà di mantenere comunque a Pisa un forte presidio di Fisica teorica si manifestò comunque con la chiamata di Giulio Racah (Firenze 9/2/1909 – Firenze 28/8/1965). Laureato a Firenze con Persico nel 1930 e presto libero docente, dopo un periodo di collaborazione con Fermi a Roma e a con Pauli a Zurigo, dal 1932 al 1937 Racah fu professore incaricato a Firenze, dove svolse complessi calcoli sulla *bremstrahlung* e sulla produzione di coppie elettrone-positrone nel contesto dell'elettrodinamica quantistica, studiò l'effetto isotopico sulla struttura iperfine degli atomi, scrisse articoli di teoria dei gruppi con possibili applicazioni alla fisica e un importante saggio sulla simmetria tra particelle e antiparticelle (1937). Vinta la cattedra, nel 1937 si trasferì a Pisa, dove già dal 1936 aveva tenuto per incarico il corso di Fisica teorica lasciato da Gentile. A Pisa però rimase un solo anno, in quanto nel 1938, a causa delle leggi razziali, fu espulso dall'Università e decise di trasferirsi a Gerusalemme, dove fu nominato professore sulla prima (e per molto tempo unica) cattedra di Fisica teorica in Israele. Nei primi anni Quaranta portò a compimento la sua ricerca più significativa, che nei quattro articoli intitolati *Theory of complex spectrae* pose le basi della spettroscopia teorica, introducendo tra l'altro le quantità oggi note come "coefficienti di Racah". Nel dopoguerra produsse numerosi altri contributi che contribuirono alla sua fama internazionale, e divenne anche Rettore (1961-65) della *Hebrew University*. Morì nel 1965 a causa di una fuga di gas, mentre era in vacanza a Firenze.

La partenza di Racah fu esiziale per lo sviluppo della fisica teorica pisana, in quanto mancò la volontà, o la possibilità, di coprire nuovamente la cattedra con un titolare; ricordiamo che nel 1939 tra i vincitori dei due concorsi di Fisica teorica erano rimasti in Italia soltanto Persico a Torino e Gentile a Milano, e non ci fu un nuovo concorso fino al 1947, peraltro senza che fosse bandito un posto a Pisa. L'insegnamento, come s'è detto, fu affidato per incarico fino al 1955 a Derenzini, che però non svolgeva ricerche teoriche e si limitava a impartire nozioni elementari di meccanica quantistica.

## 5.6. Le pubblicazioni scientifiche nel periodo 1919–1943

Di seguito sono elencate i lavori pubblicati nel periodo 1919-43 dal personale scientifico che all'epoca afferiva all'Istituto di Fisica.

Autore	Titolo	Rivista	Anno
Magini R.	Per l'insegnamento speriment. dell'Ottica geometrica	Nuovo Cim. 18, 289-311	1919
Magini R.	Apparecchi de esperienze da lezione	Nuovo Cim. 19, 76-87	1920
Puccianti L.	Doppia bilancia di induzione per lo studio dell'effetto Corbino	Nuovo Cim. 15, 249-257	1918
Puccianti L.	Sull'effetto Corbino in campi magnetici di piccola intensità	Nuovo Cim. 16, 97-104	1918



Puccianti L.	La magneto-ionizzazione di A. Righi e la teoria di P. Langevin etc.	Nuovo Cim. 18, 197-204 e Le Radium	1918 1919
Puccianti L.	Per l'avvenire della Scuola (discorso inaugurale R. Un. Pisa 1921-22)	Ann. Delle Univ. Toscane	1922
Puccianti L.	Elementi di elettrodinamica	Nuovo Cim. 24, 95-114	1922
Collodi T.	Un semplice apparecchio per il rapido controllo dei prismi di Wollaston	Riv. d'Ott. E Mecc. di prec.	1919
Collodi T.	L'effetto Corbino nel bismuto fuso	Nuovo Cim. 19, 163-172	1920
Polvani G.	Saggio d'estensione della teoria cinetica di Boltzmann al caso di forze esterne etc. Parte I	Nuovo Cim. 19, 173-192	1920
Polvani G.	Saggio d'estensione della teoria cinetica di Boltzmann al caso di forze esterne etc. Parte II	Nuovo Cim. 19, 225-237	1920
Polvani G.	Come varia nel tempo lo spettro della scintilla elettrica	Nuovo Cim. 20, 119-184 An- nali R. S.N.S. di Pisa	1920
Polvani G.	Ricerche spettroscopiche sulla scintilla in atmosfera di idrogeno	Nuovo Cim. 22, 323-342	1921
Polvani G.	Ricerche stroboscopiche sull'arco ad alta frequenza	Nuovo Cim. 23, 59-75	1922
Polvani G.	Se l'effetto fotoelettrico nel ferro sia influenzato dalla magnetizzazione	Nuovo Cim. 24, 65-93	1922
Pierucci M.	Esperienze di molteplicità spettroscopica nell'arco elettrico	Nuovo Cim. 18, 82-85	1919
Pierucci M.	Il modulo di Young e il coefficiente di compressibilità cubica dell'ebanite	Nuovo Cim. 18, 86-89	1919
Pierucci M.	Sulle distanze dei pianeti dal sole	Nuovo Cim. 18, 107-111	1919
Pierucci M.	Ancora sulle distanze dei pianeti dal sole	Nuovo Cim. 19, 31-34	1919
Pierucci M.	Esistono relazioni numeriche semplici tra le dimensioni lineari degli atomi?	Nuovo Cim. 19, 109-115	1920
Pierucci M.	Una esperienza di spettroscopia sull'arco elettrico	Nuovo Cim. 20, 41-46 e L'elettric.	1921
Pierucci M.	Un confronto tra le comete di cui si conosce il periodo	Nuovo Cim. 21, 259-262	1921
Pierucci M.	Sulle distanze dei pianeti dal sole. Nota III	Nuovo Cim. 21, 263-264	1921
Pierucci M.	Sulle dimensioni atomiche	Nuovo Cim. 22, 189-198	1921
Pierucci M.	A proposito di un pianetino ad orbita cometaria	Nuovo Cim. 22, 343-344	1921
Pierucci M.	Sulle distanze dei pianeti dal sole. Nota IV	Nuovo Cim. 23, 227-231	1922

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Pierucci M.	Sulle distanze dei pianeti dal sole. Nota V	Nuovo Cim. 23, 233-238	1922
Pierucci M.	Sulle distanze dei pianeti dal sole. Nota VI	Nuovo Cim. 23, 333-342	1922
Pierucci M.	Alcuni effetti del campo magnetico sui liquidi	Nuovo Cim. 24, 45-63	1922
Pierucci M.	Una doppia regolarità nel sistema solare	Nuovo Cim. 24, 221-234	1922
Fermi E.	Sull'elettrostatica di un campo gravitazionale uniforme e sul peso delle masse elettromagnetiche	Nuovo Cim. 22, 176-188	1921
Fermi E.	Sulla dinamica di un sistema rigido di cariche elettriche in moto traslatorio	Nuovo Cim. 22, 199-207	1921
Fermi E.	Sopra i fenomeni che avvengono in vicinanza di una linea oraria. Nota I	Accademia dei Lincei	1922
Fermi E.	Sopra i fenomeni che avvengono in vicinanza di una linea oraria. Nota II	Accademia dei Lincei	1922
Fermi E.	Sopra i fenomeni che avvengono in vicinanza di una linea oraria. Nota III	Accademia dei Lincei	1922
Fermi E.	Correzione di una grave discrepanza tra la teoria delle masse elettromagnetiche e la teoria della relatività. Inerzia e peso dell'elettricità. Nota I	Accademia dei Lincei	1922
Fermi E.	Correzione di una grave discrepanza tra la teoria delle masse elettromagnetiche etc. Nota II	Accademia dei Lincei	1922
Fermi E.	I raggi Roentgen	Nuovo Cim. 24, 133-163	1922
Mayr G.	Contributo allo studio delle amalgame	Nuovo Cim. 19, 116-128	1920
Bellisai E.	Sopra il passaggio dell'elettricità da una punta ad un piano attraverso ad un liquido isolante	Nuovo Cim. 21, 310-316	1921
Maggini M.	Dispersione anomala di vapori metallici. Triple regolari	Nuovo Cim. 24, 181-201	1922
Puccianti L.	Per la determinazione diretta geometrica della lunghezza d'onda dei Raggi Roentgen	Nuovo Cim. 25, 307-309	1923
Pierucci M.	Ricerche sperimentali sull'arco elettrico	Nuovo Cim. 26, 73-96	1923
Pierucci M.	Sui telegrafi autografici	L'Elettrotecnica	1923
Fermi E.	Formazione di immagini coi raggi Roentgen (dalla dissertazione di Laurea)	Nuovo Cim. 25, 63-68	1923

Fermi E.	Correzione di una contraddizione tra la teoria e.m. e quella relativistica delle masse elettromagnetiche	Nuovo Cim. 25, 159-170	1923
Polvani G.	Origini storiche e concetti fondamentali della teoria cinetica dei gas	Nuovo Cim. 1, 1-48	1924
Polvani G.	La legge del caso verificata mediante le scintille elettriche	Nuovo Cim. 1, 217-225	1924
Polvani G.	Un nuovo esperimento sull'effetto di Hall	Nuovo Cim. 1, 283-310	1924
Polvani G.	Un nuovo esperimento galvanomagnetico nel ferro	Nuovo Cim. 1, 359-368	1924
Pierucci M.	Sulla temperatura del cratere positivo nell'arco elettrico	Nuovo Cim. 1, 227-241	1924
Carrara N.	Sui gas non perfetti	Nuovo Cim. 26, 157-166	1923
Carrara N.	Sulla riflessione dei raggi X	Nuovo Cim. 1, 107-114	1924
Carrara N.	La riflessione dei raggi X. Previsione di un nuovo tipo di riflessione	Nuovo Cim. 1, 169-183	1924
Stefanini A.	Il fonometro di Zwaardemaker per la misura fisiologica del suono	Arch. Italiano di Otologia etc. vol. 34	1923
Stefanini A.	Nuovo modello operativo per illustrare il funzionamento della coclea secondo la teoria della risonanza	Arch. Italiano di Otologia etc. vol. 34	1923
Polvani G.	Sul "Magnetron" di Albert W. Hull	Nuovo Cim. 2, 75-82	1925
Pierucci M.	Relazioni semplici tra i valori della così detta "energia totale" per i diversi pianeti	Nuovo Cim. 2, 325-331	1925
Pierucci M.	Arco elettrico con più di una base negativa	Nuovo Cim. 2, 519-526	1925
Magini R.	Comportamento dei catodi vuoti nella scarica elettrica a bassa pressione	Rendiconti R. Accademia Lincei	1925
Magini R.	Sulla scarica elettrica nei gas. Esperienze mediante catodi con fori e con fenditure e considerazioni sul moto degli ioni positivi	Nuovo Cim. 2, 83-124	1925
Magini R.	Ricerche sui catodi multipli e sull'origine dei raggi canali	Nuovo Cim. 2, 235-273	1925
Magini R.	Emissione di fasci da catodi vuoti	Nuovo Cim. 2, 485-510	1925
Puccianti L.	Teoria Vettoriale del Pendolo di Foucault	Nuovo Cim. 3, 98-100	1926

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Puccianti L.	La teoria del magnetismo	L'Energia Elettrica (Fasc. Centenario Voltiano)	Stampa
Polvani G.	Ricerca di un eventuale ritardo dell'effetto di Hall rispetto al campo magnetico	Nuovo Cim. 3, 184-206	1926
Polvani G.	Campo magnetico prodotto da una corrente circolare nei punti del suo piano	L'Elettrotecnica n. 13	1926
Polvani G.	L'introduzione dell'ipotesi dei quanta nella fisica	L'Elettrotecnica e Nuovo Cim. 3 R83-R99	1926
Polvani G.	Probabilità di liberazione posseduta dagli elettroni nell'effetto fotoelettrico	Nuovo Cim. 3, 319-333 e Mariotti, Pisa	1926
Polvani G.	L'effetto fotoelettrico presentato dalle pellicole metalliche e la probabilità di liberazione posseduta dagli elettroni	Mariotti, Pisa	1926
Pierucci M.	Sull'energia totale dei pianeti	Rendiconti R. Accademia Lincei	1926
Pierucci M.	A proposito di una recente determinazione della massa di Venere. (Comunicazione alla Riunione della SIPS del 1926)	Atti della SIPS	1926
Pierucci M.	Scariche nell'arco elettrico. (Comunicazione alla Riunione della SIPS del 1926)	Atti della SIPS	1926
Puccianti L.	La vita e le opere di Alessandro Volta. Commemorazione al R. Istituto Agrario di Pisa. 1927	Annuario della R. Scuola di Agraria	1927
Puccianti L.	Elogio di Giov. Batt. Donati, letto il 16 dicembre 1926 nell'Aula magna della R. Un. Di Pisa	Memorie della Società Astronomica Italiana	1927
Pierucci M.	La scintilla dentro l'arco elettrico	Nuovo Cim. 4, 252-262	1927
Pierucci M.	A proposito di una recente determinazione della massa di Venere	Nuovo Cim. 4, 24-27	1927
Pierucci M.	Sull'orbita della cometa di Gale	Nuovo Cim. 4, 379	1927
Pierucci M.	Influenza della carica elettrica sulla conducibilità di una pellicola metallica. (Seduta del 5 febbraio 1928)	Rendiconti R. Accademia Lincei	Stampa
Ciccone M.	Saggio di applicazione delle frange di combinazione allo studio degli obiettivi microscopici	Nuovo Cim.	Stampa
Chella S.	Le azioni elettrodinamiche e il principio di simmetria	Nuovo Cim. Anno IV n. 5	1927

Puccianti L.	A.M. Ampère (voce)	Enciclopedia Italiana	1928
Pierucci M.	Influenza della carica elettrica sulla conducibilità di una pellicola metallica	Rendiconti R. Accademia Lincei marzo 1928	1928
Ciccone M.	Saggio di applicazione delle frange di combinazione allo studio degli obiettivi microscopici	Nuovo Cim. 5, 14-25	1928
Chella S.	Proprietà ottiche delle lamine liquide nello spazio oscuro di newton	Nuovo Cim. 4, 238-240	1928
Mazzari A.	L'effetto di Hall in campi magnetici molto intensi	Nuovo Cim. 5, 215-223	1928
Puccianti L.	La Fisica in "L'Europa nel secolo XIX", pubbl. a cura dell'Istituto Superiore di Perfezionamento di Brescia	Milani, Padova	1929
Pierucci M.	A proposito di recenti esperienze sopra sottili lamine metalliche	R. Accademia dei Lincei Giugno 1929	1929
Pierucci M.	L'influenza della carica elettrica sopra la conduttività delle pellicole metalliche	Nuovo Cim. 6	1929
Pierucci M.	I potenziali di ionizzazione e alcune esperienze di spettroscopi	Nuovo Cim. 6, 412-417	1929
Pierucci M.	Tre recenti determinazioni della massa di Venere e la regolarità del rapporto m/a per i diversi pianeti	Nuovo Cim. 7, 142-143	1930
Pierucci M.	Un collettore per raggi X	Nuovo Cim. 7, 245-247	1930
Pierucci M.	Sull'orbita del pianeta ultranettuniano. Nota I	Rendiconti dei Lincei	1930
Pierucci M.	Sull'orbita del pianeta ultranettuniano. Nota II	Rendiconti dei Lincei	1930
Pierucci M.	Le regolarità proposte per il sistema solare di fronte alla scoperta del nuovo pianeta. Analogia etc.	Nuovo Cim. 7, 367-373	1930
Puccianti L.	La spettroscopia. Conferenze alla Scuola Normale Superiore di Pisa, II		1932
Ciccone M.	Lo spettro del Berillio I e del Berillio II	Nuovo Cim. 9, 1-22	1932
Ciccone M.	The Hall effect of Berillium	Nature Vol. 130 p. 315	1932
Allegretti L.	La struttura della riga 6708 del Li osservato in emissione	Atti della R. Acc. Naz. Lincei Serie VI Vol. XVI p. 33	1932
Puccianti L.	Commemorazione del Presidente dell'Accademia Antonio Garbasso	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei Serie VI Vol. XVII p. 988	1933
Puccianti L.	Dispersione anomala per la doppia H, K del calcio ionizzato	Nuovo Cim. 10, 373-382	1933
Gentile G.	Infrarosso (voce)	Enciclopedia Italiana	1933

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Ciccone M.	L'effetto di Hall nel Berillio	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei Serie VI Vol. XVII 1 sem	1933
Ciccone M.	Gli spettri di bande. Descrizione	Nuovo Cim. 10 R57-R74	1933
Ciccone M.	Gli spettri di bande. Subordinazione dei termini molecolari della molecola	Nuovo Cim. 10 R89-R100	1933
Ciccone M.	Gli spettri di bande. Subordinazione dei termini molecolari ai termini degli atomi separati	Nuovo Cim. 10 R101-R108	1933
Fagioli G.	Onde stazionarie sui fili di Lecher traversanti uno strato dielettrico	Nuovo Cim. 10, 383-392	1933
Gentile G.	Sopra la teoria della rimanenza e della curva di ionizzazione	Nuovo Cim. 11, 20-33	1934
Derenzini T.	La teoria relativistica dell'elettrone	Nuovo Cim. 11, 309-328	1934
Allegretti L.	Dispersione anomala dei vapori d'argento	Nuovo Cim. 11, 717-722	1934
Palagi A.	Ionizzazione atmosferica nella regione boracifera di Larderello nell'estate del 1926	La Meteorologia Pratica n. 1 Anno XV, 1934-XII PG	1934
Gentile G.	Lezioni di meccanica quantistica	(Dispense)	1935
Gentile G.	Raggi infrarossi - Ionizzazione (voci)	Enciclopedia Italiana	1935
Puccianti L.	Chiarimenti sulle induttività elettrica e magnetica in rapporto alla nuova metrologia elettrica	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XXI, 732	1935
Puccianti L.	Chiarimenti sulle induttività elettrica e magnetica in rapporto alla nuova metrologia elettrica. Parte II	Acc. Naz. dei Lincei XXII, 187	1935
Puccianti L.	Considerazioni generali sul momento e Poli magnetici, la intensità di magnetizzazione e la Suscettività	Acc. Naz. dei Lincei XXII, 194	1935
Puccianti L.	Ancora sulle induttività e sui campi di forza	Acc. Naz. dei Lincei XXIII, 643	1936
Ciccone M.	Bande ultraviolette dell'ossido di berillio	Ricerca Scientifica 15.8.35	1935
Allegretti L.	Misure di dispersione anomala sulle prime doppie dello Sr <sup>+</sup> e del Ba <sup>+</sup>	Acc. Naz. dei Lincei XXII, 256	1935
Derenzini T.	Il Fattore Atomico per Raggi Roentgen. Parte I	Nuovo Cim. XIII, 16	1936
Derenzini T.	Il Fattore Atomico per Raggi Roentgen. Parte II	Nuovo Cim. 13, 79-80	1936
Derenzini T.	Sul calcolo del Fattore Atomico di Ioni positivi	Nuovo Cim. 13, 341-348	1936
Derenzini T.	Sul fattore atomico del mercurio	Nuovo Cim. 13, 423-425	1936

Racah G.	A proposito di una osservazione di Stark sulla realtà del moto assoluto (in collaborazione con B. Rossi)	Nuovo Cim. 6	1929
Racah G.	Sopra un esempio di trattazione quantistica di un fenomeno di interferenza	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XI, 837	1930
Racah G.	Sopra l'elettrodinamica quantistica	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XI, 1100, N.C. 7 355-359	1930
Racah G.	Caratteristiche dell'equazione di Dirac e principio di indeterminazione	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XIII, 424 N.C. 9 28-32	1931
Racah G.	Sopra le strutture iperfini	Nuovo Cim. 8, 178-190	1931
Racah G.	Zur Theorie der Hyperfeinstruktur	Zeitschrift fur Physik 71, 431	1931
Racah G.	Il Convegno di Fisica Nucleare	Ricerca Scientifica 2, 416	1931
Racah G.	Isotopic Displacement and hyperfine structure	Nature 129, 723	1932
Racah G.	Determinazione del numero di tensori isotropi indipendenti di rango n	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XVIII, 386	1933
Racah G.	Numero dei tensori isotropi e anisotropi in spazi a più dimensioni	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XVIII, 135	1933
Racah G.	Numero dei tensori isotropi e anisotropi in spazi a più dimensioni	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XX, 109	1934
Racah G.	Sopra l'irradiazione nell'urto di particelle veloci	Nuovo Cim. 11, 461-476	1934
Racah G.	Sulla nascita degli elettroni positivi	Nuovo Cim. 11, 477-481	1934
Racah G.	Sul cosiddetto momento elettrico dell'elettrone	Rendic. R. Acc. Naz. Lincei XX, 39	1934
Racah G.	Sopra l'effetto Zeeman quadratico	Nuovo Cim. 11, 723-724	1934
Racah G.	Bemerkung zur Arbeit von Herrn Gamow: Empirische Stabilitaetsgrenzen vom Atomkernen	Zeitschrift fur Physik 93, 704	1935
Racah G.	Vedute generali sulla costituzione del nucleo atomico	Boll. Matem. 31, 1	1935
Racah G.	Production of Electron Pairs	Nature 136, 393	1935
Racah G.	Sulla nascita di coppie per urti di particelle elettrizzate	Nuovo Cim. 13, 66-73	1936
Cassuto L.	Lezioni di Elettricità	Tipo-litog. R.A.N. Livorno	
Cassuto L.	Fisica Tecnica - Termodinamica generale	Tipo-litog. R.A.N. Livorno	

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

Puccianti L.	La moderna concezione del Campo Magnetico	Nuovo Cim. 14, 272-288	1937
Puccianti L.	In memoria di Ugo Grassi	Nuovo Cim. 14, 474-479	1937
Ciccone M.	Gli spettri ultrarossi e Raman delle molecole poliatomiche	Nuovo Cim. 15, 482-521	1938
Allegretti L.	Misure di dispersione anomala sulle prime doppie del Cu e dell'Au	Nuovo Cim. 14, 337-342	1937
Allegretti L.	Ultrasuoni e loro relazione con la costituzione molecolare	Nuovo Cim. 15, 397-415	1938
De Donatis C.	Sulla struttura cristallina dello xantogenato di ferro	Memorie Soc. Tosc. Scienze Naturali XLVII	1938
Derenzini T.	Riflessione totale e dispersione dei Raggi Roentgen	Nuovo Cim. 15, 120-132	1938
Derenzini T.	Determinazione della struttura cristallina dei Sali dell'acido xantogenico (in collaborazione con Bonatti)	Atti Soc. Tosc. Scienze Naturali XLVII (Proc. Verb.)	1938
Derenzini T.	Sulla struttura cristallina dello xantogenato di cobalto	Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat. XLVII	1938
Gregoretti	Sull'effetto fotoelettrico interno dei cristalli allocromaici	Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat. XLVII	1938
Racah G.	Sulla nascita di coppie per urti di particelle elettrizzate. Nota II	Nuovo Cim. 14, 93-113	1937
Racah G.	Sopra alcuni integrali collegati con gli integrali ellittici e loro valutazione asintotica	Rend. Ist. Lomb. 70, 340	1937
Racah G.	Sulla forma lagrangiana delle forze elettromagnetiche	Rend. Lincei 25, 223	1937
Racah G.	Sopra i tensori isotropi che presentano particolari simmetrie	Rend. Lincei 25, 475 e 615	1937
Racah G.	Sulla simmetria tra particelle e antiparticelle	Nuovo Cim. 14, 322-328	1937
Racah G.	Ricerche moderne sulle teorie nucleari	Atti XXVI Riunione SIPS, Venezia 1937	1937
Puccianti L.	Sulla concezione elettrodinamica della Energia magnetica	Nuovo Cim. 16, 34-41	1939
Ciccone M.	Spettri prodotti da scariche elettriche in ossido di carbonio	Nuovo Cim. 15, 532-540	1938
Allegretti L.	Misure di velocità di ultrasuoni in gas	Lischi, Pisa	1938
Derenzini T.	Sulla struttura cristallina dello xantogenato di antimonio (in collaborazione con P. Rossoni)	Atti Soc. Tosc. Scienze Naturali XLVII (5)	1938



Budini P.	Sull'allargamento e spostamento delle righe spettroscopiche	Nuovo Cim. 16, 86-107	1939
Puccianti L.	Contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana	Atti XXVIII Riunione della SIPS Ottobre 1939-XVII	1939
De Donatis C.	Diffrazione di raggi Roentgen in miscugli di liquidi (in collaborazione con A. Vespi)	Nuovo Cim. 17, 132-138	1940
Magini R.	Lezioni di Fisica tecnica per la facoltà di Architettura	Poligrafica universitaria	1933
Magini R.	Scuola e materiale scientifico	Ass. Fasc. Scuola, Bemporad	1935
Magini R.	Istruzioni per l'uso del termoscopio doppio di Looser	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori	1936
Magini R.	Istruzioni per l'uso dello Strumentario per esperienze su correnti variabili	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori	
Magini R.	Istruzioni per l'uso dell'apparecchio tipo Pizzarello	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori	1938
Magini R.	Apparecchi per l'insegnamento della Fisica voll. 4	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori	1940
Magini R.	Istruzioni per l'uso del nuovo apparecchio di rotazione	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori 1938-41	1940
Magini R.	Notizie dei Laboratori Scientifici industriali, sino al n. 92 incluso	Firenze, Officine Galileo, Tip. C. Mori 1931-38	1938
Magini R.	Articoli vari in "Notizie dei Laboratori Scientifici Industriali"	Milano, Officine Galileo, Tip. Bertieri, 1939-40	1940
Derenzini T.	Contributo sperimentale allo studio della riflessione dei raggi Roentgen (con C. De Donatis)	Nuovo Cim. 17, 428-435	1940
Derenzini T.	Riflessione di raggi Roentgen su specchi d'oro (con C. De Donatis)	Nuovo Cim. 18, 447-457	1941
Derenzini T.	Dipendenza della velocità degli ultrasuoni dalla temperatura nella mescolanza alcool etilico-tetracloruro di carbonio (coll. A. Giacomini)	Ricerca Scientifica	1942
Derenzini T.	Sulla velocità di propagazione degli ultrasuoni nella mescolanza alcool metilico-tetracloruro di carbonio	Ricerca Scientifica	1942
Derenzini T.	Contributo allo studio della propagazione di onde e.m. in un mezzo non omogeneo	Nuovo Cim. 1, 291-301	1943

## 5.7. Questioni didattiche, organizzative e istituzionali nel periodo della direzione di Luigi Puccianti

Riportiamo qui di seguito l'ordinamento degli studi in Fisica e uno stralcio dei programmi (che è stato possibile recuperare) delle principali materie d'insegnamento impartite ai fisici.

L'incompletezza, ovvero l'eventuale frammentarietà, dei dati ivi riportati sono dovute all'assenza delle relative fonti certe ovvero all'impossibilità logistica di reperirle.

### L'ordinamento degli studi

La prima versione disponibile dell'ordinamento degli studi per il periodo successivo alla Prima Guerra Mondiale è quella relativa all'Anno Accademico 1923/24, che per la laurea in Fisica prevede la seguente organizzazione dei corsi e degli esami:

#### Anno I

*Corsi:* Analisi algebrica e infinitesimale con esercizi (I parte);  
Geometria analitica con esercizi;  
Geometria proiettiva con disegno;  
Fisica sperimentale;  
Chimica generale e inorganica.

*Esami:* Analisi algebrica e infinitesimale con esercizi (I parte);  
Geometria analitica;  
Geometria proiettiva;  
Fisica sperimentale;  
Chimica generale e inorganica.

#### Anno II

*Corsi:* Analisi infinitesimale con esercizi (II parte);  
Meccanica razionale;  
Geometria descrittiva con disegno;  
Fisica sperimentale;  
Chimica organica.

*Esami:* Analisi infinitesimale (II parte);  
Geometria descrittiva;  
Meccanica razionale;  
Fisica sperimentale (biennale);  
Chimica organica.

#### Anno III

*Corsi:* Fisica superiore e Complementi di Fisica;  
Mineralogia;

*un corso a scelta tra*

Analisi superiore; Geodesia teoretica ed Astronomica; Chimica fisica e Complementi di Chimica (per 1 anno); Geografia fisica e Meteorologia; Elettrotecnica; Fisica tecnica.

*Eserc.:* Fisica sperimentale;  
Chimica generale.

*Esami:* Mineralogia;  
Corso scelto.

*Prova:* Chimica.

#### Anno IV

*Corsi:* Fisica superiore e Complementi di Fisica;  
Fisica matematica.

*Eserc.:* Fisica sperimentale.

*Esami:* Fisica superiore e Complementi di Fisica (biennale);  
Fisica matematica.

*Prova:* Fisica.

È interessante osservare che era a quel tempo prevista anche la possibilità di conseguire una “laurea mista in Scienze fisiche e matematiche”, rivolta evidentemente ai futuri insegnanti della scuola secondaria: il primo biennio coincideva con quello di Matematica, differendo marginalmente dal biennio di Fisica a causa dell'introduzione del corso di Complementi di Geometria proiettiva e descrittiva al posto di Chimica organica, mentre nel secondo biennio Mineralogia era sostituita da un corso di Matematica, ma soprattutto la pratica di laboratorio era chiaramente finalizzata alla preparazione di esperienze didattiche.

L'ordine degli studi del primo biennio, che dal 1924 al 1935 diventa comune ai corsi di laurea in Matematica, in Fisica e misto in Matematica e Fisica, rimane in tale periodo sostanzialmente immutato, salvo la scomparsa della Chimica organica (di cui vengono introdotti elementi a partire dal 1930) e la comparsa di un corso di Calcolo numerico e applicazioni di matematica, che però dal 1930 diventa facoltativo.

A partire dal 1936 compare un piano di studi specifico per il primo biennio del corso di laurea in Fisica, che prevede i seguenti corsi ed esami:

#### I ANNO

Analisi matematica (algebraica);  
Geometria analitica con elementi di proiettiva;  
Fisica sperimentale;  
Chimica generale ed inorganica con elementi di organica.

#### II ANNO

Analisi matematica (infinitesimale);  
Fisica sperimentale;  
Meccanica razionale con elementi di statica grafica;  
Esercitazioni di fisica sperimentale;

Preparazioni chimiche;  
Un insegnamento complementare.

L'ordine degli studi del secondo biennio vide di anno in anno numerose piccole modifiche, con qualche flessibilità anche in relazione alla collocazione tra il terzo e il quarto anno.

Rimase costante per l'intero periodo in esame la pratica di laboratorio, che precedeva un Laboratorio biennale di Fisica e uno annuale di Chimica.

Rimase costante anche l'obbligatorietà del corso e dell'esame di Fisica matematica, e quella di Fisica superiore, che fu biennale fino al 1932 quando al posto del secondo corso di Superiore fu per la prima volta introdotto il corso di Fisica teorica.

Il corso di Mineralogia cessò di essere obbligatorio già nel 1924, quando fu rimpiazzato dal corso di Astronomia e Geodesia, che a sua volta non fu più obbligatorio a partire dal 1933, mentre già nel 1930 era diventata obbligatoria la prima parte del corso di Analisi superiore. Infine nel 1936 divenne obbligatorio il corso di Chimica fisica, portando così a cinque il numero degli esami obbligatorio del biennio (esclusi i laboratori) al posto dei consueti quattro.

Alla lista bisogna infine aggiungere la previsione di un corso a scelta, che andava individuato tra i seguenti (quando attivati e quando non già obbligatori): Mineralogia, Matematiche complementari, Analisi superiore, Astronomia e Geodesia, Chimica fisica, Elettrotecnica, Meccanica superiore, Fisica tecnica, Spettroscopia (dal 1938).

### **I programmi di alcuni corsi d'insegnamento in Fisica**

I programmi dei corsi furono spesso soggetti a modifiche, anche in funzione di un meccanismo di rotazione che consentiva al docente, quando incaricato di entrambi i segmenti di un corso biennale, di svolgere il programma ad anni alterni tenendo così di fatto un solo corso ogni anno.

La versione più completa del programma di Fisica sperimentale è quella presentata per l'anno accademico 1926/27, quando il corso generale era tenuto da Puccianti e quello speciale da Pierucci.

#### Fisica sperimentale (Corso generale)

*Introduzione.*

Posizione della fisica tra le varie discipline.

#### PARTE I – *Meccanica e proprietà meccaniche dei corpi*

Moto di un punto, spostamento, velocità, odografo, accelerazione, moto circolare uniforme e moto oscillatorio semplice. Moto di oggetti estesi. Movimento rigido, traslatorio e rotatorio. Cenno sul moto dei liquidi e degli aeriformi.

Forza, inerzia, relazione tra forza e accelerazione. Gravi cadenti e lanciati. Massa nei tre attributi di massa inerte, massa gravitante e quantità di materia.

Impulso e quantità di moto. Lavoro e forza viva. Azione e reazione. Forza centrifuga e centrifuga composta. Prove meccaniche della rotazione terrestre.

Macchine e impossibilità del moto perpetuo. L'energia e la sua conservazione.

Sistemi di misura e principali strumenti di misura.

Solidi isotropi e anisotropi, cristalli, generalità sulle simmetrie.

Descrizione dei più semplici fenomeni elastici. Elasticità susseguente. Proprietà meccaniche dei solidi.

Liquidi in equilibrio. Misura della pressione. Casi semplici di liquidi in moto. Regime libero, regime idraulico, regime di Poiseuille. Proprietà superficiali dei liquidi. Tensione superficiale. Capillarità.

Proprietà meccaniche dei gas. Loro comprimibilità. Atomi e molecole in generale e in particolare negli aeriformi. Primi elementi della teoria cinetica dei gas.

Aeriformi in presenza di altri aeriformi, di liquidi, di solidi. Miscugli, diffusioni, assorbimenti superficiali e volumici. Liquidi con liquidi, mescolanze, emulsioni.

Soluzioni di solidi in liquidi. Diffusione, osmosi, pressione osmotica. Cenno sui colloidi.

## PARTE II – *Termologia*

Determinazione della temperatura. Misura del calore. Calori specifici. Il calore come forma di energia. Le sorgenti di calore. Primo principio della Termodinamica.

La propagazione del calore.

Gli effetti del calore sui corpi: dilatazione di solidi e di liquidi. Il calore negli aeriformi. Calore specifico a pressione e a volume costante. Leggi dello stato gassoso. Temperatura assoluta.

Cambiamenti di stato: fusione, vaporizzazione, evaporazione, ebollizione: liquidi, vapori e gas. Il punto critico, la liquefazione dei gas e la produzione del freddo.

Prime nozioni sul secondo principio della Termodinamica.

## PARTE III – *Compendio di Acustica*

Le onde sonore, la loro propagazione. Interferenza.

I corpi sonanti e i caratteri distintivi dei suoni. Intensità, altezza, tempera.

La risonanza. L'orecchio e l'audizione.

## PARTE IV – *Elettrologia*

Elettricità ed azioni elettriche.

Principii di elettrostatica: campo elettrico, potenziale elettrico, capacità dei conduttori.

Energia elettrica, elettrometri, dielettrici.

Elettromotori: I. Le macchine elettriche. Cenno sulla piro- e piezo-elettricità.

Elettromotori: II. Le pile. La corrente elettrica. Suoi effetti. Misura della sua intensità. Leggi della corrente elettrica nei conduttori metallici e negli elettroliti.

La corrente elettrica nei gas. Scintilla. Arco. Fenomeni elettrici nei gas rarefatti. Raggi catodici. Raggi canale. Raggi anodici. Raggi del Röntgen.

La radioattività.

Termoelettricità. Effetto Peltier. Effetto Thomson.

Azioni elettrodinamiche e induzione elettrodinamica. Il campo magnetico e le proprietà magnetiche dei corpi con speciale riguardo al ferromagnetismo.

Le oscillazioni elettriche. Esperienze di Feddersen, Poulsen, Tesla. Correnti ad alta frequenza; valvole ioniche.

Onde elettromagnetiche. Concetto generale della teoria elettromagnetica della luce.

PARTE V – *Energia raggiante ed ottica*

Emissione, assorbimento, propagazione. La riflessione, la rifrazione, la dispersione e i colori.

Generalità sui sistemi diottrici e catottrici. L'occhio e i principali strumenti ottici.

Descrizione delle aberrazioni e cenno sulle correzioni delle immagini.

Interferenze e onde luminose. Casi elementari di diffrazione. Reticoli. Spettro normale.

La polarizzazione e la doppia rifrazione, polarizzazione rotatoria. Vari effetti dell'energia raggiante. Fluorescenza, fotografia.

Analisi spettroscopica. Radiazioni a bassissima ed altissima frequenza.

Descrizione dei più semplici fenomeni magneto-ottici ed elettro-ottici.

Fisica sperimentale (Corso speciale)

I. – *Preliminari*

Delle misure e dei sistemi di misura. Misurazioni e strumenti di misura (Misurazione degli angoli, delle lunghezze, del tempo – Bilancia).

II. – *Termodinamica*

Il primo principio.

Il ciclo di Carnot. La scala assoluta delle temperature. L'entropia. Enunciato generale del secondo principio. Equilibrio termodinamico. I due potenziali come funzioni caratteristiche. Il teorema di Clapeyron.

*Applicazioni ai gas.* – Rapporto dei calori specifici. Legge di Poisson e Laplace. Esperienza di Clement e Desormes. Il rapporto dei calori specifici e la propagazione del suono. L'equazione di D'Alembert e sua integrazione. La differenza dei calori specifici. Scala termodinamica e scala del termometro a gas. L'entropia di un gas perfetto. Energia libera ed energia vincolata.

*Cenno sulla teoria cinetica.* – I solidi, i liquidi, i gas e loro costituzione. Moti browniani. Percorso medio libero. Teorema del viriale. Equazione di Joule-Clausius. Il numero di Avogadro e sua determinazione col metodo del Perrin. Legge di Maxwell. Il rapporto dei calori specifici.

*Cambiamenti di stato.* – Influenza della pressione sul punto di fusione. Vapori. Temperatura critica. Divergenze dalle leggi di Boyle e di Joule. La teoria di Van der Waals.

*Breve cenno sulla teoria delle fasi.*

III. – *Strumenti e determinazioni sperimentali di termometria e di calorimetria.*

(Verificazione dello zero e del cento di un termometro. Curve di raffreddamento. Calorimetro ad acqua. Calorimetro di Bunsen.)

Gli argomenti tra parentesi sono di indole sperimentale e sono svolti in sede di esercitazioni.

IV. – *Elementi di calcolo vettoriale. Campi vettoriali.*

Vettori ed operazioni sui vettori.

Campo vettoriale. Linee di flusso, superficie di livello. Integrale di un vettore lungo una linea. Flusso di un vettore. Campi newtoniani. Teorema di Gauss. Circuitazione. Campi lamellari. Potenziale monodromo.

Divergenza. Teorema della divergenza. Espressione analitica della divergenza. Campi solenoidali.

Formule di Poisson e Laplace. Campi non omogenei.

Doppi strati. Rotazionale. Campi circuitali. Filetto vorticoso. Potenziale polidromo.

V. – *Complementi di Cinematica e di Dinamica.*

Richiami sulla velocità e l'accelerazione come quantità vettoriali. Moto circolare uniforme e pendolare semplice. Composizione e scomposizione di moti circolari uniformi di ugual periodo. Composizione di moti pendolari di ugual periodo.

Rappresentazione di un movimento pendolare mediante un vettore rotante. Cenno sull'uso degli esponenziali complessi. Composizione di movimenti pendolari di periodo diverso.

Gradi di libertà di un corpo rigido. Moto rotatorio. Atto di movimento.

Composizione di campi vettoriali. Vettore area. Flusso di fluidi.

Richiamo dei due primi principi della Dinamica. Moto dei proiettili. Il pendolo. Moto ellittico circolare del pendolo.

Espressione vettoriale del lavoro. Il teorema della forza viva.

Richiami del terzo principio. Forza centripeta e centrifuga. Equilibrio relativo.

La forza centrifuga composta come reazione al vincolo. Effetti del moto rotatorio della terra.

VI. – *Elettrologia.*

Teoremi di elettrostatica. Sistema elettrostatico C.G.S. Capacità dei conduttori. Energia elettrostatica. Condensatori. Elettrometri.

Polarizzazione dei dielettrici. Superficie di discontinuità. Componenti tangenziali e normali della forza e dell'induzione elettrica. Il vettore spostamento di Maxwell.

*Magneti e campi magnetici.* – Metodo di Gauss. Il campo magnetico e le proprietà magnetiche dei corpi.

*Elettromagnetismo.* – Legge di Biot e Savart. Legge di Laplace. Bussola delle tangenti. Sistema elettromagnetico C.G.S. Dimensioni e grandezze elettriche. Velocità critica. Sistema industriale e internazionale.

*Campo elettrodinamico.* – L'induzione elettrodinamica. Energia intrinseca ed energia mutua. Legge di Neumann. Scarica di un condensatore.

*Primi cenni sulla teoria elettromagnetica della luce.* – Le equazioni di Maxwell-Hertz. L'equazione di D'Alembert. Il teorema di Poynting.

*Applicazioni di Termodinamica alle pile.* – Regola di Thomson. Equazione di Helmholtz. Energia libera ed energia vincolata.

VII. – *Ottica.*

*Complementi di ottica geometrica.*

*Ottica fisica.* – Velocità della luce. Polarizzazione della luce. Cenni di spettroscopia.

Per quanto detto in precedenza, nel caso del corso di Fisica superiore, tenuto sempre da Puccianti, occorre prendere in esame i programmi di due anni consecutivi.

Fisica superiore (Anno Accademico 1926/27)

*Preliminari.* – I campi vettoriali regolari. Il teorema di Green e varie sue applicazioni.

*Il campo elettrodinamico.* – Le proprietà generali del vettore  $\mathbf{B}$  ricavate da esperienze di induzione elettrodinamica.

*Teoria elettrodinamica del campo magnetico.* - Il campo di forza magnetizzante. Le correnti di Ampère. Il campo totale magnetico. Le principali grandezze e vettori magnetici secondo l'interpretazione elettrodinamica. L'energia magnetica. I cicli di isteresi. La rifrazione delle linee di forza. I magneti permanenti. La dipendenza dal mezzo ambiente delle azioni mutue magnetiche, elettromagnetiche, elettrodinamiche.

*La corrente elettrica.* Natura convettiva della corrente elettrica. Critica della corrente di spostamento.

*Le Equazioni generali Maxwelliane.* - Loro significato e alcuni loro integrali; il teorema di Poynting. Radiazioni.

*Prima relatività.* - Invarianza formale delle Equazioni Maxwelliane. Considerazioni ed esperienze relative alla teoria di Einstein.

*Cenno sulle proprietà magnetiche dei corpi.* Langevin, Bohr.

*Principii fondamentali di Ottica* dal punto di vista elettrodinamico e geometrico.

### Fisica superiore (Anno Accademico 1927/28)

Preliminari. Richiamo e complementi di Ottica Geometrica. Dispersione. Interferenze. Diffrazione. Polarizzazione dell'energia raggiante. Gli strumenti spettroscopici: spettroscopi e spettrografi a prismi, a reticolo, a gradinata, interferometri. Apparecchi e strumenti per lo studio delle parti invisibili dello spettro.

Generale classificazione degli spettri: spettri continui, a bande, a righe. Principali fenomeni spettroscopici: emissione, assorbimento, inversione.

Le sorgenti di radiazione naturali e artificiali.

Compendio della teoria termodinamica delle radiazioni: Kirchhoff, Bartoli, Boltzmann, Wien Planck.

Gli spettri di righe e le regolarità. Gli spettri di bande e le regolarità.

Il fenomeno Zeeman e il fenomeno Stark-Lo Surdo.

La radiazione secondaria.

Teorie classiche e quantistiche: Lorentz, Bohr, Einstein, De Broglie, Schrödinger.

Quando poi nel 1932 fu soppresso il secondo corso di Fisica superiore per far posto al corso di Fisica teorica (tenuto dapprima da Gentile, in seguito da Racah e infine da Derenzini) i programmi si modificarono di conseguenza, e nell'anno accademico 1934/35 erano i seguenti:

### Fisica superiore

*Elettrodinamica:* Nozioni preliminari sui campi vettoriali e sul campo elettrico in particolare. Natura fisica della corrente elettrica nei conduttori e negli isolanti. Le leggi del campo elettrodinamico dedotte dall'esperienza. Teoria elettrodinamica del campo magnetico. Le equazioni di Maxwell. Oscillazioni elettriche, onde elettriche. Fondamenti della teoria della prima relatività in relazione con varie esperienze ottiche.

### Fisica teorica



Principi di meccanica quantistica e principio di corrispondenza meccanica dell'atomo – della molecola – dei corpi solidi. Campo di radiazione. Statistiche Quanti.

Fisica del nucleo. Equazione di Dirac. Teoria di Gamow. Elettrone positivo. Neutrone. Risultati sperimentali, e loro interpretazione, delle ricerche più recenti.

Parte del programma originario di Superiore venne poi incorporata nel corso di Spettroscopia, quando questo fu attivato nel 1938 per affidarlo a M. Ciccone:

#### Spettroscopia (Anno Accademico 1940/41)

Introduzione al Corso: I più semplici spettri di righe. Struttura multiplettrica degli spettri di righe. Lo spin elettronico. Effetto Zeeman; effetto Stark. Il principio di esclusione di Pauli. Cenno sulla struttura iperfine degli spettri. Effetto isotopico; spin nucleare. Il momento magnetico di un atomo. Paramagnetismo e Diamagnetismo.

È importante ricordare che le idee e le nozioni della nuova meccanica quantistica compaiono non soltanto nel corso di Fisica superiore ma anche, almeno a partire dal 1928/29, nel corso di Fisica matematica tenuto da Orazio Lazzarino, il cui programma più completo (ma non diverso nell'impostazione generale da quello degli anni precedenti) è quello per il 1930/31:

#### Fisica matematica

*Preliminari matematici.* I. Omografie vettoriali. II. Funzioni di punto e operatori differenziali.

##### PARTE PRIMA

1. Teoremi generali della fisica matematica.
2. Teoria dei campi vettoriali.
3. Potenziali ritardati.
4. Equazioni ed integrali dell'elettrodinamica dei corpi in riposo.
5. Teoria elettromagnetica della luce.
6. Dinamica dell'elettrone rigido.
7. Trasformazioni generali di Lorentz e principio generale di relatività.

##### PARTE SECONDA

1. Principi e teoremi generali della dinamica dei sistemi.
2. Equazioni di Lagrange ed equazioni canoniche.
3. Lequazione alle derivate parziali di Hamilton-Jacobi e il teorema di Jacobi.
4. Il principio di Hamilton e la funzione di azione. L'integrale di Jacobi e il principio di minima azione. Il principio di Maupertuis. Azione maupertoisiana e sua rappresentazione geometrica.
5. Fondamenti della meccanica quantistica.
6. Teoria dell'atomo di Bohr. Effetto Zeeman. Effetto Stark.
7. La Meccanica ondulatoria di De Broglie e Schrödinger.
8. La Meccanica quantistica di Heisenberg e Dirac.

## Statistica degli iscritti al corso di laurea in Fisica nel periodo 1918-1948

	I anno		II anno		III anno		IV anno		Totale
	M	F	M	F	M	F	M	F	
1918/19	2		5		2		2		11
1919/20	-		1		2		-		3
1920/21	-		2		4		2		8
1921/22	3		5		2		3		13
1922/23									n.d.
1923/24	1		-		23		5		29
1924/25	4		3		21		15		43
1925/26	1		2		33		10		46
1926/27	-		2		17		25		44
1927/28	-		-		46		19		65
1928/29	-		-		26		31		57
1929/30	3		-		8		23		34
1930/31	3		2		7		11		23
1931/32	-	-	1	1	5	1	11	-	19
1932/33	4	-	1	-	4	-	7	1	17
1933/34	3	-	6	-	2	-	5	-	16
1934/35	4		3		14		3		24
1935/36									24
1936/37									19
1937/38									19
1938/39									21
1939/40									27
1940/41									42
1941/42	10	2	7	4	10	3	13	1	50
1942/43	5	2	7	6	14	6	12	2	54
1943/44									35
1944/45									n.d.
1945/46									n.d.
1946/47	1	1	7	2	3	1	10	4	29
1947/48	2	3	3	1	5	2	3	2	21

I risultati degli esami di Fisica sperimentale (generale), Fisica sperimentale (speciale), Esercitazioni di Fisica e Fisica superiore sono disponibili soltanto per gli anni accademici dal 1922/23 al 1933/34, e non mostrano nessuna particolare evoluzione nel tempo. Gli esami

di Fisica sperimentale (generale) erano in media poco meno di un centinaio all'anno, con un 10% di respinti; gli esami di Fisica sperimentale (speciale) erano in media una sessantina, con pochi respinti, quelli di Esercitazioni e di Fisica superiore erano in media una quindicina all'anno, con un numero trascurabile di respinti.

## 5.8. I laureati in Fisica a Pisa nel periodo 1917–1950

L'esame di laurea consisteva nella presentazione di una dissertazione scritta e nella discussione pubblica di essa. La discussione poteva essere preceduta da prove pratiche e di cultura, secondo quanto fosse stato stabilito dalla Facoltà.

Insieme alla discussione suddetta poteva farsi quella dei risultati ottenuti nelle prove pratiche.

I candidati dovevano inoltre discutere su tre argomenti liberamente scelti, relativi a tre materie d'insegnamento diverse tra loro e da quella della tesi scritta.

Tra il 1917 e il 1950 si laurearono in Fisica almeno 173 studenti (salvo errori per difetto dovuti a carenza di informazioni relative al periodo bellico e immediatamente postbellico), con una media di circa cinque laureati per anno, un poco superiore a quella del periodo precedente.

Le lodi furono 31 (la cifra dovrebbe essere esatta) ovvero poco meno di un quarto, mentre i "pieni voti assoluti" furono una quindicina.

Anno	Laureato	Voto		Titolo della tesi
1917	Polvani Giovanni	Lode	N	Sulle proprietà degli Audion
1917	Grassi Ugo	PVA		Teoria dei quanta
1917	Cecchi Celio	A		Sui più recenti mezzi di produzione dei raggi Roentgen
1918	Mayr Giovanna	PVL		Contributo allo studio delle amalgame
1919	Ronchi Vasco	Lode	N	Radiazioni elettriche a carica positiva
1919	Grazi Giulio	PVL		L'ottica delle oscillazioni elettriche
1920	Maggini Mentore	A		Dispersione anomala di vapori metallici. Triple regolari
1921	Carrara Nello	PVA	N	Cristalli e raggi X
1921	Ciucci Leonetto	A		Dimostrazione della dispersione anomala del vapore di sodio
1922	Fermi Enrico	Lode	N	Studi sopra i raggi Roentgen
1922	Rasetti Franco	Lode		Sulla dispersione anomala nei vapori metallici
1922	Martelli Luisa	A		Contributo allo studio degli effetti termomagnetici trasversali
1924	Bandini Roberto	PVL		Magnetismo e calore
1924	Ciccione Marianna	PVL		Saggio di applicazione del metodo di Ronchi
1925	Roncali Giorgio	PVA		Vedute moderne dello spettro

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1925	Vecchiacchi Francesco	PVA		Le lampade a tre elettrodi
1925	Niccolai Gualtiero	PVL		I fenomeni di Hall nella pirite
1925	Rimediotti Ugo	A		Sull'arco fra elettrodi di ferro
1926	Santini Pio	PVA		Sul fenomeno ottico della dispersione
1926	Alferi Osorio Maria	PVL		Sui moti di Braun
1926	Bolla Giuseppe	PVL		I cristalli liquidi di otto Lehman
1927	Bernardini Gilberto	Lode	N	Alcune ricerche su una esperienza del Prof. Puccianti
1927	D'Urso Alfonso	Lode		Il magnetismo attraverso alle varie teorie
1927	Gentile Giovanni	Lode	N	Massa e elettrone
1927	Mazzari Alessandro	Lode		L'effetto di Hall nei campi magnetici intensi
1927	Pistoia Cosimo	Lode		Ricerche sperimentali sulla costante dielettrica dei gas
1927	Gelli Francesco	A		Sul potere termoelettrico della galena
1928	Allegretti Lamberto	Lode		La dispersione anomala nelle righe spettroscopiche
1928	Derenzini Tullio	Lode	N	L'effetto del campo elettrico sulle righe spettroscopiche
1928	Margary Alberto	A		Ricerche sperimentali sugli attinometri elettro-chimici
1928	Romani Carlo	A		Effetto termoelettrico in un circuito omogeneo metallico
1929	Agni Gastone	PVL		Onde elettromagnetiche cortissime: generazione e propagazione
1929	Bartoli Vincenzo	PVL		Produzioni di onde elettromagnetiche corte nello spazio
1929	Bocelli Sestilia	PVL		Movimenti howeriani nei liquidi
1929	Ledda Maria Grazia	PVL		I moti howeriani nel gas
1929	Schander Mario	PVL		Sulla ionizzazione del dielettrico
1929	Turillazzi Manlio	PVL		Effetto Thompson
1929	Bargone Agostino	A		Analisi dei suoni delle vocali
1929	Giagnoni Anna	A		Distorsioni del prof. Volterra
1929	Giubilei Francesco	A		Archi elettrici con speciali riguardi ai proiettori militari
1929	Lazzari Antonio	A		La magnetostrinzione e I telefoni strinzionali
1929	Staret Solomon	A		L'applicazione delle valvole termoioniche alle misure elettriche
1930	De Pace Vittorio	Lode		La propagazione delle onde elettromagnetiche Hertziane

1930	Giacomini Amedeo	Lode	N	Alcune esperienze per la ricerca della dispersione anomala nel dominio X
1930	Bernardi Pietro	PVA		Camera di ionizzazione e sue applicazioni nel campo delle radiazioni Roentgen
1930	Bacchereti Ermelina	PVL		Potenziali critici atomici
1930	De Donatis Cosimo	PVL		Effetto Compton
1930	Maddaleni Giovanni	PVL		Effetto di Hall
1930	Nucci Itala	PVL		Potenziali di ionizzazione e metodi per determinarli
1930	Araneo Carlo	A		Effetto fotoelettrico
1930	Barbetta Cosimo	A		Effetto Edison
1930	Bresciani Carlo	A		Moti browniani
1930	Brogia Alberto	A		Generatori a triodi di onde elettromagnetiche cortissime
1930	Chiappini Iginò	A		L'effetto Corbino
1930	Garaccioni Riccardo	A		Fenomeni fotoelettrici sugli audion
1930	Mancini Mario	A		Le anomalie dielettriche
1930	Pellissari Luigi	A		Sulle pellicole metalliche
1930	Sanjust di Teulada Enrico	A		Il telefono
1930	Sorbi Raoul	A		Effetti termoelettrici
1930	Tognetti Aldo	A		Misura delle costanti dielettriche nei liquidi
1931	Dozzo Aldo	PVL		Effetto di Hall
1931	Baffigo Guglielmo	A		Effetto termoelettrico sulla lega antimoniocadmio
1931	Gelich Mario	A		Il microfono
1931	Guardavaccaro Vito	A		Effetto Thomson
1931	Ligabue Livio	A		Analisi delle vocali
1931	Petralia Stefano		N	
1933	Fagioli Oliviero	Lode	N	Esperienze sulle costanti dielettriche per frequenze di circa
1933	Solaini Luigi	Lode		Teoria meccanica della figura della Terra
1933	Biancani Paris	PVA		Sulla radiazione penetrante
1933	Antonucci Mario	A		Studio sull'effetto Debye
1933	Capurso Francesco	A		L'elettricità nelle pianure salate
1933	Cortecci Eraldo	A		Oscillatori a lampada con particolare riferimento alla risonanza di circuiti
1934	Battistini Giulio	PVL		L'effetto fotoelettrico interno

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1934	Viti Ettore	PVL		I sali di Barkhausen e la propagazione della magnetizzazione
1934	Grosso Antonio	A		La perturbazione ondosa nella scarica esplosiva
1934	Pretini Gisberto	A		Effetto di Hall con particolare riguardo alle sue variazioni con la temperatura
1934	Salle Amalia	A		Studio sui circuiti con resistenza dipendente dalla intensità
1935	Giarré Margherita	Lode		Contatori di fotoni per lo studio delle radiazioni mitogenetiche del Gurwitsch
1935	Andolcetti Elvio	A		Dispersione anomala di sostanze colloidali
1935	Antebi Emanuele	A		Misura di piccolissime capacità con un ponte a valvole
1935	Borsò Maria Teresa	A		I moti browniani
1935	Grillo Ubaldo	A		Il ciclo di isteresi del Monel Metal
1936	Cacciapuoti Nestore B.	Lode	N	Funzionamento elettrico del contatore a filo
1936	Malatesta Sante	PVA		Il microscopio elettronico
1936	Dal Cero Paolo	PVL		La scarica elettrica in relazione all'effetto fotoelettrico
1936	Paxia Giuseppe	PVL		Esperienza sulla riflessione totale delle onde e.m.
1936	Oggiano Salvatore	A		Costanti dielettriche nei liquidi
1937	Mendel Carlo Leone	PVA		Propagazione della luce nei liquidi sottoposti ad ultrasuoni
1937	Amoletti Bruno	PVL		Costanti dielettriche di liquidi
1937	Gregoretti Giulio	PVL	N	Effetto fotoelettrico interno
1937	Corti Goliardo	A		Influenza dell'effetto foto-elettrico sulla scintilla elettrica
1937	Francois Giovanni	A		Dispersione della luce e misure di indici di rifrazione
1937	Gianfranceschi Gilberto	A		Misure elettriche con valvole termoioniche
1937	Jacopini Wilma	A		Studio magnetico sulle leghe Fe Ni
1938	Budini Paolo	Lode	N	Allargamenti e spostamenti delle righe spettroscopiche
1938	Mura Antonino	Lode	N	La diffrazione degli elettroni
1938	Borsellino Antonio	PVA	N	Nascita di coppie di un elettrone positivo e uno negativo al passaggio di raggi gamma
1938	Toscani Ettore	PVL		Tubi a scarica luminescente come stabilizzatori di tensione

Luigi Puccianti

1938	Santini Ivan	A		Misure di indici di rifrazione di gas con l'interferometro di Jamin
1939	Baldi Francesco	PVA		La diffrazione dei raggi X nei liquidi puri e nelle soluzioni
1939	Nigro Romeo	PVA		Sulla caratteristica delle vocali
1939	Vespi Aldo	PVA	N	Velocità degli ultrasuoni nei liquidi
1939	Bianucci Vinicio	PVL		La misura di piccoli spostamenti e l'ultramicrometro
1939	Conti Gino	PVL		Effetto del campo magnetico sulla costante dielettrica dei liquidi
1939	Papini Piero	PVL		Effetto del campo magnetico sulla costante dielettrica
1939	Albertone Umberto	A		Studio oscillografico di vocali
1939	Ragazzi Gualtiero	A		Studio oscillografico di vocali
1940	Gozzini Adriano	PVA	N	Lo spettro ultrarosso (tesi orale)
1940	Catacchio Guido			
1940	Colliva Giovanni			
1940	Nencioni Mario			
1941	Tagliaferri Guido		N	
1941	Ujcich Ferruccio			
1941	Boschi Decio			
1941	Bessi Marcella			
1941	Magrini Otello			
1942	Verde Mario		N	
1942	Angarano Maria Vittoria			
1942	Berti Luciano			
1943	Davini Giovanni			
1943	Celli Glauco (Claudio)			
1943	Michetti Mario			
1944	Palumbo Donato		N	
1945	Renzoni Ruggero	Lode		Dispersione del nerofumo
1945	Giannessi (?) Leda			
1945	Giaconi Sauro			
1945	Salvadori Bruno (Primo)			
1945	Micheloni (?) Lionello			
1946	Barsanti Carlo			

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

1946	Lastrucci Siria			
1946	Chella Giulio			
1946	Leccese Giuliana			
1946	Picchi Anna Maria			
1947	Bianucci Leonetto	Lode		Analisi armonica di impulsi ad alta frequenza
1947	Brazzoduro Luigi	Lode	N	Riflessione totale e dispersione dei raggi Roentgen
1947	Castagnoli Carlo	Lode	N	Sopra una nuova sorgente di ioni
1947	Merlini Alfonso	Lode	N	Teoria e pratica di una camera di Wilson
1947	Rumi Bruno	Lode	N	Sopra un contatore proporzionale per neutroni lenti
1947	Alzetta Gerardo			
1947	Rabellino Olga			
1947	Boscardelli Liliana			
1947	Franchi Zerbini Manlio			
1947	Gragnani Daria			
1947	Galeotti Eraldo			
1947	Geri Sergio			
1948	Gibellato Silvio	Lode	N	Studio sulla riflessione totale delle onde elettromagnetiche
1948	Peccenini Clotilde	Lode		La conduzione metallica dell'elettricità
1948	Salardi Giovanni	Lode		Esame della teoria di Dirac
1948	Fascetti Pier Luigi			
1948	Salveti Oriano			
1948	Battaglia Arriguccio			
1948	Leonardini Danilo			
1948	Simonetti Dino			
1948	Napoli Gianfranco			
1948	Scappini Maria Grazia			
1948	Peccenini (?) Clotilde			
1949	Marchetti Cesare		N	
1949	Giovani Aurelio			
1949	Calosci Enzo			
1949	Giannetti Odo (Aldo)			



1949	Migheli Maria Luisa			
1949	Rubba (?) Marco			
1949	Berti Mario			
1949	Putti Giuseppe			
1949	Bellomo Ettore			
1949	Lombardini Pietro			
1950	Paganelli Mario	Lode	N	Influenza del legame chimico sugli spettri Roentgen di assorbimento
1950	Ricci Renato	Lode	N	Sull'allargamento per pressione delle righe spettroscopiche
1950	Stura Aulio	Lode	N	Spostamento del livello 3 S 1/2 nella struttura fina della riga Ha
1950	Cresti Marcello	PVA	N	Costruzione di alcuni contatori di Geiger-Mueller
1950	Quilici Anna Maria	PVL		Conducibilità dei semiconduttori
1950	Sciurpa Alberto	A		Misura della costante dielettrica

Dotato al tempo stesso di acuto spirito critico e di feconda immaginazione, Luigi Puccianti esercitò sulla formazione della moderna scuola di Fisica Italiana una significativa influenza. Ebbe tra i suoi discepoli molti tra maggiori fisici italiani. Tra questi debbono essere ricordati diversi nomi noti nel campo della Scienza e anche della Tecnica, ovvero:

Giovanni Polvani (Spoleto 17/12/1892 – Milano 11/8/1970), ordinario a Bari (1927-1929) poi a Milano (1929-1969).

Vasco Ronchi (Firenze 19/12/1897 – Firenze 31/10/1988), fondatore e direttore dell'Istituto Nazionale di Ottica (1927).

Mentore Maggini (Empoli 6/2/1890 – Collurania 8/5/1941), direttore dell'Osservatorio astronomico di Collurania dal 1926.

Nello Carrara (Firenze 19/2/1900 – Firenze 5/6/1993), professore all'Accademia Navale dal 1924 al 1954, direttore incaricato a Pisa dal 1947 al 1950, professore a Firenze dal 1956 al 1975.

Enrico Fermi (Roma 29/9/1901 – Chicago 28/11/1954), ordinario a Roma (1927-1938), Premio Nobel per la Fisica (1938), dal 1938 negli Stati Uniti.

Franco Rasetti (Pozzuolo Umbro 10/8/1901 – Waremme 5/12/2001), ordinario a Roma (1930-1939), dal 1939 in Canada.

Francesco Vecchiacchi (Camporgiano 9/10/1902 – Milano 20/11/1955), ordinario di Comunicazioni Elettriche al Politecnico di Milano (1937-1955).

Giuseppe Bolla (Cagliari 4/12/1901 – Milano 28/1/1980), ordinario a Milano (1942-1972).

Amedeo Giacomini (Cuneo 11/3/1905 – Roma 6/4/1979), ordinario a Trieste (1949-1955) poi a Perugia (1955-1975).

Giovanni Gentile (Napoli 6/8/1906 – Milano 30/3/1942), ordinario a Milano (1937-1942).

Gilberto Bernardini (Fiesole 28/8/1906 – Fiesole 4/8/1995), ordinario a Bologna (1938-1946), Roma (1946-1964), Scuola Normale Superiore (1964-1977).

Cosimo Pistoia (Pisa 26/8/1901 – ? 10/11/1964) (Radiotecnica E.I.A.R.).

Luigi Solaini (Carrara 30/5/1909 – Milano 21/6/1989), ordinario di Topografia al Politecnico di Milano (dal 1950).

Nestore Bernardo Cacciapuoti (Toronto 15/4/1913 – Roma 27/4/1979), ordinario a Trieste (1949-1962) e Pisa (1962-1979).

Giulio Gregoret (Trieste 11/4/1915 – Trieste, 25/11/1992), professore di Misure Elettroniche al Politecnico di Torino, ordinario dal 1973.

Paolo Budinich (Lussingrande 28/8/1916 – Trieste 14/11/2013), ordinario a Trieste (dal 1954).

Antonino Mura (Firenze 19/3/1916 – Casatenuovo 24/7/1957).

Antonio Borsellino (Reggio Calabria 11/6/1915 – Trieste 23/11/1992), ordinario a Genova (1950-1984) poi a Trieste dal 1984.

Aldo Vespi (Pontedera 1917- Pontedera 1/3/2014), preside del Liceo di Pontedera.

Adriano Gozzini (Firenze 13/4/1917 – Pisa 24/9/1994), ordinario a Pisa (1959) e alla SNS.

Guido Tagliaferri (Roma 27/1/1920 – ? 1/9/2000), ordinario a Bari (1960), Milano (1960-1996).

Mario Verde (Taranto 20/6/1920 – Torino 4/7/1983), ordinario a Torino (1950-1983).

Donato Palumbo (Salaparuta 16/7/1921 – Salaparuta 9/2/2011), professore a Palermo, direttore del Programma fusione dell'EURATOM (1961-1986).

Arriguccio Battaglia (Pisa 6/4/1922 – Pisa 27/3/1987), ordinario a Pisa (1973-1987).

Gerardo Alzetta (Montereaie 3/5/1923 – vivente), ordinario a Pisa (1976-1993).

Oriano Salvetti (Camaioie 15/8/1924 – Pisa 20/10/07), ordinario di Chimica a Pisa (1962-1999).

Carlo Castagnoli (Mantova 6/10/1924 – Torino 5/5/2005), ordinario a Parma (1959) poi a Torino dal 1961 al 1995.

Alfonso Merlini (Montecatini Terme 2/3/1926 – ? 26/12/14), direttore della Physics Division all'EURATOM di Ispra fino al 1991.

Anche in questo caso i cattedratici presenti nell'elenco precedente rappresentano circa un quarto degli ordinari di Fisica in servizio nel 1960 ed entrati in ruolo nel secondo dopoguerra.

## 5.9. La Facoltà di Scienze MM.FF.NN. di Pisa al tempo di Puccianti

Il regime fascista ebbe certamente un occhio di riguardo per gli scienziati, ma soprattutto nell'ottica di convertirne il prestigio scientifico in un fiore all'occhiello per il regime stesso: a livello nazionale valgono gli esempi di Marconi e di Fermi, e il ruolo "politico" di Corbino e Garbasso.

Non mancarono i riconoscimenti formali agli scienziati pisani, che si tradussero in alcune nomine senatoriali: nel 1924 quella di Luigi Bianchi, nel 1926 quella di Nasini e nel 1934

quella di Giovanni D'Achiardi, che fu la nomina più "politica", in quanto la vicinanza al regime portò poi quest'ultimo ad assumere per lungo tempo la carica di Rettore dell'Università. In quel periodo si ebbe la presenza al Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione di Nasini (1915-1923) e poi di Bianchi (1923-1926) e D'Achiardi (1926-1928). Le leggi razziali portarono però a epurazioni, che toccarono Racah, epurato nel 1938 insieme con diversi incaricati e assistenti, tra cui Cassuto.

Anche la carica di Preside perse la precedente periodicità annuale e fu attribuita per lunghi periodi a pochi, presumibilmente fidati, docenti: Longo dal 1925 al 1929, Puccianti (già una volta Preside nel 1921/22) dal 1929 al 1941 (con una sola breve interruzione nel 1934-1935, quando fu sostituito da Stefanini) e infine Daniele dal 1941 al 1944. Per tutto il periodo il numero degli studenti iscritti non superò mai le 400 unità, e il numero dei laureati annui rimase mediamente al di sotto della quarantina.

Nell'ambito delle scienze matematiche la figura più significativa del ventennio fu certamente quella di Leonida Tonelli (1885-1946) di Gallipoli, professore di Analisi infinitesimale a Pisa dal 1930, chiamato a coprire il vuoto lasciato dalla scomparsa di Bianchi e di Nicoletti. Leonida Tonelli studiò a Bologna con Pincherle e Arzelà, con cui si laureò nel 1907. Nel 1913 divenne professore di Analisi algebrica a Cagliari, per poi passare a Parma nel 1914 sulla cattedra di Analisi infinitesimale.

Volontario nella Prima Guerra Mondiale, nel 1922 si trasferì a Bologna e nel 1930 a Pisa, dove restò fino alla morte, salvo un periodo di nominale permanenza a Roma tra il 1939 e il 1942. Ottenne importanti risultati nel calcolo delle variazioni, nelle serie trigonometriche e in teoria della integrazione. Tra i suoi allievi più importanti si annoverano L. Cesari, A. Faedo e G. Stampacchia.

L'insegnamento dell'Analisi algebrica fu affidato nel 1925 al livornese Francesco Cecioni (1884-1968), allievo di Bianchi, che divenne ordinario nel 1928 e nel 1931 passò al corso di Geometria analitica e dal 1947 insegnò Matematiche complementari. Cecioni fu Preside dal 1949 al 1954.

Carlo Rosati (1876-1929) di Livorno, laureatosi con Bertini, gli successe nel 1923 nel corso di Geometria proiettiva; divenuto professore nel 1926, morì prematuramente nel 1929. Al suo posto fu subito chiamato un altro allievo di Bertini, Giacomo Albanese (1890-1947) di Geraci Siculo, che insegnò Geometria proiettiva dal 1929 al 1936, quando fu comandato a San Paolo del Brasile.

Il corso di Geometria analitica fu tenuto per breve tempo, dal 1929 al 1931, dal pavese Luigi Brusotti (1877-1959), che poi si trasferì a Pavia, e in seguito, dal 1940, fu affidato al napoletano Salvatore Cherubino (1885-1970).

La cattedra di Meccanica razionale, tenuta da Maggi fino al 1924, passò nel 1925 a Pietro Ermenegildo Daniele (1875-1949), di Chivasso, allievo di Volterra, che tenne l'insegnamento della disciplina fino al 1948. Per un breve periodo, dal 1920 al 1922, la cattedra di Meccanica superiore fu affidata a Giuseppe Armellini (1887-1958) di Roma, che però presto si trasferì a Roma sulla cattedra di Astronomia. Dal 1925 la cattedra di Astronomia e Geodesia fu invece coperta da Orazio Lazzarino (1880-1963) di Gallico, che nel 1928 passò alla cattedra di Fisica matematica, che tenne fino al 1950.

Nel 1937, avendo vinto il secondo concorso di Fisica teorica, fu chiamato a Pisa il fiorentino Giulio Racah (1909-1965), che però rimase per un solo anno, poiché nel 1938 a seguito

delle leggi razziali dovette lasciare la cattedra. L'incarico fu affidato a Tullio Derenzini, che lo tenne fino al 1955.

Raffaello Nasini aveva ottenuto l'istituzione della cattedra di Chimica fisica, che fu attribuita nel 1928 al fiorentino Arrigo Mazzucchelli (1877-1935). Ritiratosi dall'insegnamento Nasini nel 1929, sulla cattedra di Chimica generale fu chiamato Camillo Porlezza (1884-1972) di Bergamo. Camillo Porlezza, assistente di Nasini, fu da questi incaricato di accompagnare Marie Curie nella sua missione italiana del 1918, volta allo studio delle risorse radioattive del Paese. Alla morte di Mazzucchelli nel 1935 Porlezza assunse anche l'incarico di Chimica fisica, e tenne entrambi i corsi fino al 1955, anno del suo collocamento fuori ruolo, e divenne così l'emblema della chimica pisana. I suoi principali contributi furono nel campo della chimica fisica e analitica, e si occupò della composizione delle acque minerali.

Come si è detto, la cattedra di Mineralogia era passata da Antonio D'Achiardi al figlio Giovanni (1872-1944), che nel 1906 scoprì un nuovo minerale al quale dette il nome di Dachiardiite. Professore ordinario di Mineralogia all'Università di Pisa (1910), fu Rettore dell'Università di Pisa (1923-1925) (1935-1939), consigliere comunale di Pisa, membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione (15 febbraio 1926-31 dicembre 1928), socio nazionale dell'Accademia dei Lincei (10 novembre 1932). Fu nominato senatore del Regno nel 1934.

Alla morte di Canavari la cattedra di Geologia fu attribuita a Giuseppe Stefanini (1882-1938) di Firenze. Giuseppe Stefanini si era laureato nel 1906 e perfezionato in Geologia a Firenze, dove insegnò Geologia e Geografia dal 1908 al 1924. Nel 1924 vinse la cattedra a Cagliari, per poi passare a Modena e infine a Pisa. Compì numerose missioni di ricerca geologica e paleontologica in Africa e portò importanti contributi anche alla paleontologia umana.

Dopo la partenza di Longo sulla cattedra di Botanica fu chiamato il fiorentino Alberto Chiarugi (1901-1960) che la tenne dal 1933 al 1950 per poi trasferirsi a Firenze. Chiarugi fu il primo Preside del secondo dopoguerra, in carica dal 1944 al 1949. Più travagliate furono le vicende della cattedra di Zoologia. Dopo la scomparsa di Ficalbi ottenne la cattedra nel 1923 il napoletano Vincenzo Diamare (1871-1966), che però dopo un paio d'anni nel 1925 si trasferì a Napoli. Dopo la partenza di Diamare la cattedra fu coperta tra il 1929 e il 1936 da Leopoldo Granata (1885-1940) di Lungro. Quando questi si trasferì a Firenze fu la volta di Umberto d'Ancona (1896-1964), poi nel 1937 di Giuseppe Colosi (1892-1975) di Petralia Sottana, che a sua volta però passò a Firenze nel 1940. Per un breve periodo durante la guerra il corso fu poi tenuto da Gennaro Teodoro.

## Bibliografia

- AA. VV., *Fisica e Fisici a Pisa nel '900*, Pisa, Pisa University Press, 2018.
- AA. VV., *Marianna Ciccone*, Atti del Convegno, Noto, 2015.
- Bonolis L., *Giovanni Gentile jr a Milano*, Atti XXV Congresso Nazionale SISFA, Milano, 2005.
- Boya L.J., *On Giulio Racah*, in «Monografias de la R. Academia de Ciencias de Zaragoza», 37, (2011), pp. 7-9.
- Casella et al., *Physics in Italy 1870-1940*, Conference Proceedings, Como, 1992, p. 297.
- Derenzini T., *Luigi Puccianti*, *Annuario della Scuola Normale Superiore*, vol. 5, 1964, pp. 72-73.
- Elenco degli Alunni della Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1847 al 1970*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 1973.
- Fabbi V., *Mezzo secolo di tesi di Laurea in Fisica*, tesi, Pisa, 1993.
- Faedo A., *Nestore Bernardo Cacciapuoti*, *Annuario dell'Università di Pisa A.A. 1978/79*.
- Galdabini S., Giuliani G., *Physics in Italy between 1900 and 1940: the universities, physicists, funds and research*, in «Historical Studies in the Physical and Biological Sciences», 19, (1988), pp. 115-136.
- Gambassi A., *Enrico Fermi in Pisa*, in «Physics in Perspective», 5, (2003), pp. 384-397.
- Gandolfi A., *Giulio Racah*, in A.I.F. "Il fisico della settimana" (online).
- Gariboldi L., *Polvani, Giovanni*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 84, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2015.
- Giuliani G., Passera F., *La Fisica in Italia: 1890-1940*, Atti del Convegno, Pavia, 1998.
- Guerraggio A., *Gli studi matematici e fisici tra le due guerre mondiali*, *Annali di Storia delle Università Italiane*, 5, Bologna, CISUI, 2011, pp. 81-92.
- Maiocchi R., *Gentile, Giovanni*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 53, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2000.
- Mondini M., *Generazioni intellettuali. Storia sociale degli allievi della S.N.S. di Pisa nel Novecento (1918-1946)*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 2010.
- N.N., *Luigi Puccianti*, *Annuario dell'Università di Pisa A.A. 1951/52*.
- Piccolino M., *Mariannina Ciccone, la tigre e i nazisti: storia di una ricerca* (online).
- Pierucci M., *Complementi di Fisica*, vol. I, Padova, CEDAM, 1960.
- Polvani G., *In memoria di Luigi Puccianti*, Pisa, Lischi, 1955.
- Polvani G., *Fisica*, in *Un secolo di progresso scientifico italiano 1839-1939*, Roma, SIPS, 1939.
- Polvani G., *Giovanni Gentile junior*, in «Nuovo Cimento», Serie IX, I, 1, (1943).
- Romeni C., *Storia della Fisica in Italia 1915-1955*, in *La storia delle scienze*, vol. 5, tomo II, Busto Arsizio, Bramante Editrice, 1989, pp. 354-374.
- Ronchi V., *Luigi Puccianti*, in «Atti della Fondazione Giorgio Ronchi», VII, 4, (1953), pp. 264-266.
- Rossi P., *Le quattro stagioni degli scienziati pisani*, Pisa, Pisa University Press, 2012.
- Rossi P., La Rana A., *Dizionario biografico dei Fisici italiani*, in preparazione, 2018.

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Rossi P., Luperini C., *La Fisica pisana dal 1861 al 1982*, Annali di Storia delle Università Italiane, 14, Bologna, CISUI, 2010, pp. 193-205.
- Samoggia F., *Nello Carrara*, Poggibonsi, Cambi editore, 2007.
- SNS, *Elenco degli allievi 1848-1998*, Pisa, Edizioni della Scuola Normale Superiore, 1999.
- Unna I., *Racah, Giulio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 86, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2016.
- Vergara Caffarelli R., *Luigi Puccianti maestro di Fisica*, in «Il Rintocco del Campano», XXIX, 2, (1999).
- Zeldes N., *Giulio Racah and Theoretical Physics in Jerusalem*, Racah Institute, Archive for History of Exact Sciences 63 (2009), pp. 289-323.

## Epilogo e conclusioni

Solo con la contemporanea presenza del fisico-matematico Ottaviano Fabrizio Mossotti e del fisico sperimentale Carlo Matteucci, a Pisa, intorno alla prima metà del XIX secolo, iniziò a costituirsi un primo nucleo di fisici sperimentali e di fisici-matematici che avranno in Riccardo Felici, Enrico Betti e Vito Volterra gli esponenti di primo piano di quella tradizione accademica e scientifica delle scienze esatte e naturali che renderà quella di Pisa la prima scuola italiana di Fisica (e Fisica matematica) dall'Ottocento fin ai primi decenni del '900. Sarà, in particolare, Riccardo Felici a sintetizzare armoniosamente e magistralmente il metodo teorico formale della fisica matematica con le necessarie basi sperimentali su cui si regge il vero metodo sperimentale galileiano, lavoro che poi culminerà nella sua ben nota "teoria matematica dell'induzione elettromagnetica", chiaro paradigma della fisica teorica intesa in senso galileiano. Betti e Volterra (assieme a Dini ed altri), invece, porranno quelle solide basi didattiche, scientifiche e socio-culturali per la nascita e l'affermazione dell'altrettanto ben nota scuola Matematica e Fisico-matematica pisana<sup>1</sup>.

Tuttavia, quel che resterà della scuola di Felici e della sua eredità spirituale, sarà poi preso in carico da Angelo Battelli che, sebbene non sia un suo diretto allievo, accoglierà come suoi assistenti e collaboratori, alcuni allievi di Felici, quei pochi che rimarranno a Pisa. Qui, comunque, Battelli si impegnerà alacremente alla ricostituzione di una nuova scuola pisana di Fisica, sotto la sua egida, ma sulla scia di quanto già fatto dal suo illustre predecessore, anche se per lui il destino non serberà sorti migliori di quelle del Felici, in quanto, anche stavolta, la maggior parte dei suoi allievi sarà costretta a migrare altrove per trovare occupazione sia in ambito accademico che scolastico. Uno di questi suoi allievi sarà Luigi Puccianti, che, dopo un periodo di insegnamento a Firenze e a Torino, ritornerà a Pisa sulla cattedra lasciata dal suo maestro, quindi assumendo la direzione dell'Istituto di Fisica, continuandovi ad operare nella lunga tradizione della scuola pisana di Fisica lasciata dai maestri predecessori.

Tuttavia, nel momento in cui Puccianti fu posto fuori ruolo (1 novembre 1947), la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali si trovò sostanzialmente impreparata ad affrontare una successione che, a seconda delle scelte che si sarebbero effettuate, poteva significare, in chiara alternativa, una continuità con una tradizione scientifica durata ormai almeno mezzo secolo oppure una discontinuità volta a un riposizionamento dell'Istituto pisano nel contesto di una ricerca, nazionale e internazionale, che ormai in molti campi aveva preso strade differenti da quelle percorse a Pisa fino a quel giorno.

<sup>1</sup> Cfr. Bottazzini U., *Enrico Betti e la formazione della scuola matematica pisana*, in *La storia delle matematiche in Italia*, a cura di Montaldo O., Grugnetti L., Atti del Convegno (Cagliari, 29-30 settembre - 1 ottobre 1982), Cagliari, Università degli Studi di Cagliari, 1983, pp. 229-276.

Accettare l'autocandidatura di Nello Carrara (1900-1993), brillante allievo di Puccianti, professore di ruolo dell'Accademia Navale di Livorno fin dal 1924, esperto di microonde (di cui aveva anche coniato il nome) e creatore, insieme con Tiberio, di uno dei primi prototipi di radar, avrebbe certamente rappresentato una scelta assai valida, ma anche una scelta di continuità, associandosi al fatto che la fisica delle microonde era già studiata fin dall'immediato dopoguerra nel laboratorio messo in piedi dal giovane assistente Adriano Gozzini (1917-1994) utilizzando materiale proveniente dall'esercito americano e recuperato nel campo militare alleato di Tombolo.

L'opzione di conferire a Carrara l'incarico per l'insegnamento della Fisica sperimentale e per la direzione dell'Istituto senza però conferirgli la titolarità della cattedra fu quindi una "non scelta" nell'attesa che lo scenario della ricerca nazionale si chiarisse, al termine di una fase di affrettata e confusa, ma comunque ineludibile, ricostruzione delle strutture e dei rapporti accademici.

In ogni caso con l'arrivo di Carrara la ricerca ricevette un impulso notevole. In quegli anni Carrara stipulò un contratto di ricerca tra il Centro microonde di Firenze, da lui fondato, e l'USAF (*United States Air Force*), parte del quale venne trasferita al laboratorio di Gozzini dove si studiavano gli spettri dell'ossigeno e del vapor d'acqua.

Ma la linea di ricerca che sembrava già allora destinata a occupare il ruolo di primo piano nello scenario scientifico nazionale, almeno per ciò che riguardava la fisica, era quella che, partendo dai fondamentali studi degli anni Trenta sui raggi cosmici avviati da Bruno Rossi e proseguiti dai suoi primi collaboratori, come Beppo Occhialini e Gilberto Bernardini, si era poi incrociata con l'esperienza di alcuni epigoni della scuola romana (all'epoca ormai ridottasi, a livello apicale, al solo Edoardo Amaldi), dando luogo a quel risultato, straordinario anche per le condizioni in cui fu prodotto, in tempo di guerra e di occupazione militare, che va sotto il nome di Conversi, Pancini e Piccioni e che, secondo l'autorevole parere di Luis Alvarez, segna l'inizio della fisica delle particelle elementari. Merita qui ricordare ancora una volta che uno degli ingredienti più importanti dell'apparato sperimentale che permise di concludere che il "mesotrone" (oggi noto come muone) non era la particella postulata da Yukawa come mediatrice delle interazioni forti furono proprio le "lenti magnetiche" suggerite da Puccianti molti anni prima.

Non stupisce quindi che intorno al 1949 fosse fatto un primo tentativo di uscire dalla transizione proponendo la cattedra di Fisica a Bruno Pontecorvo (1913-1993), pisano di nascita ma allievo di Fermi e soprattutto ormai da molti anni emigrato nei Paesi anglosassoni, come la maggior parte dei suoi familiari, e all'epoca cittadino britannico, ricercatore all'AERE di Harwell e professore a Liverpool. Ma Pisa aveva ben poco da offrire, in termini di strumentazione, a chi era abituato a lavorare sugli apparati più avanzati all'epoca disponibili, per cui Pontecorvo fece sapere di non essere interessato all'offerta pisana.

La fase di transizione corrispondente alla direzione Carrara si concluse comunque alla fine del 1950 con la chiamata sulla cattedra di Fisica Sperimentale di Marcello Conversi (1917-1988), presto seguita dall'arrivo nel 1952 di Giorgio Salvini (1920-2015) sulla cattedra di Fisica superiore, e da quello di Luigi Arialdo Radicati di Bròzolo (1919-vivente) nel 1955 sulla cattedra di Fisica teorica. Si trattò certamente di una svolta epocale, che ha segnato in modo netto il successivo sviluppo dell'Istituto e che tuttora, per molti aspetti, lo caratterizza. Ma questa è un'altra storia, ancora in parte da raccontare oltre quanto è stato recentemente detto, a tal proposito, al Congresso *Fisica e Fisici a Pisa nel Novecento* (Pisa, 7-9 Novembre 2017).



# Indice dei nomi

- Abel Niels Henrik, 50, 52  
Aggiunti Niccolò, 15, 32  
Agni Gastone, 188  
Agostini Bettino, 120, 141  
Albanese Giacomo, 156, 195  
Albertone Umberto, 191  
Alessandri Guido, 82, 89  
Alferi Osorio Maria, 188  
Algranati Guido, 144  
Allegretti Lamberto, 159, 160, 161, 163, 173, 174, 176, 188  
Allegretti Mario, 116, 122, 123, 124, 142, 159  
Alzetta Gerardo, 192, 194  
Amaldi Edoardo, 161, 200  
Amici Filippo, 142  
Amici Giovan Battista, 33, 38, 39  
Amici Vincenzo, 39, 63  
Amoletti Bruno, 190  
Ampère André-Marie, 65, 151, 154, 158  
Andolcetti Elvio, 190  
Anelli Luigi, 118, 141  
Angarano Maria Vittoria, 191  
Antebi Emanuele, 190  
Antinori Vincenzo, 66  
Antonelli Augusto, 77, 90  
Antonucci Mario, 189  
Aquilani Massimo, 32  
Arago François J.D., 41  
Araneo Carlo, 189  
Arcangeli Giovanni, 94, 147  
Argenti Publio, 117, 142  
Armellini Giuseppe, 195  
Arzelà Cesare, 53, 91, 195  
Aschieri Ferdinando, 91  
Ascoli Guido, 53, 91  
Aussant-Carà Paolo, 77, 89  
Avenarius Richard, 102  
Avogadro Amedeo, 67  
Baccei Pietro, 121, 122, 142  
Bacchereti Ermellina, 189  
Baffigo Guglielmo, 189  
Baldi Francesco, 191  
Bandini Roberto, 187  
Barbetta Cosimo, 189  
Barbetti G., 116  
Bargone Agostino, 188  
Barsali P., 117, 156, 165  
Barsanti Carlo, 191  
Barsotti Giovanni, 39, 41, 91  
Bartoli Adolfo, 75, 78, 83, 89, 97  
Bartoli Vincenzo, 188  
Bartolommei Enrichetta, 63  
Bartorelli Antonio, 72, 81, 86, 90, 111, 112

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Battaglia Arriguuccio, 192, 194  
Battelli Angelo, 62, 78, **97-149**, 151-154, 164, 199  
Battelli Federico, 98, 105, 120  
Battelli Giovanni Antonio, 98  
Battistini Giulio, 189  
Bazzi Eugenio, 72, 77, 83, 84, 85, 89  
Becquerel Antoine C., 41  
Beetz Friedrich Wilhelm H., 66  
Bellatalla U., 117, 165  
Belli Giuseppe, 67  
Bellisai Ester, 144, 164, 170  
Bellomo Ettore, 193  
Beltrami Eugenio, 74, 79, 91  
Bernardi Pietro, 189  
Bernardini Gilberto, 188, 194, 200  
Berti Luciano, 191  
Berti Mario, 193  
Bertini Eugenio, 53, 91, 92, 145, 195  
Bessi Marcella, 191  
Bettazzi Rodolfo, 92  
Betti Enrico, 39, 40, 49, 50, 52, 53, 55, 61, 72-76, 78-82, 91, 92, 145, 146, 199  
Biancani Paris, 189  
Bianchi Luigi, 53, 73, 77, 92, 145, 194, 195  
Bianchi Ramiro, 38  
Bianucci Bartolomeo, 32, 34, 36, 37  
Bianucci Leonetto, 192  
Bianucci Vinicio, 191  
Blaserna Pietro, 97  
Bloch Felix, 167  
Boccaro Vittorio Emanuele, 116, 120, 121, 142  
Bocelli Sestilia, 188  
Bodareu Eugenio, 115, 117, 132, 133, 144  
Boggio-Lera Enrico, 79, 85, 86, 89  
Bolla Giuseppe, 159, 188, 193  
Boltzmann Ludwig, 115, 155, 158  
Bonacini Carlo, 81, 90  
Bonazzi Ottavio, 112, 116, 130-133, 143, 159  
Bongiovanni Giuseppe, 76, 89  
Borelli Giovanni Alfonso, 32  
Born Max, 166  
Borsellino Antonio, 190, 194  
Borsò Maria Teresa, 190  
Boscardelli Liliana, 192  
Boschi Decio, 191  
Bosi Italo, 119, 141  
Bottai V., 116, 165  
Botto Gaspare, 40, 91  
Branchi Antonio Nicola, 32  
Branchi Giuseppe, 32  
Brazzoduro Luigi, 192  
Bresciani Carlo, 189  
Brioschi Francesco, 91  
Broglia Alberto, 189  
Brunacci Vincenzo, 37, 48, 50  
Brunetti Rita, 116, 132, 144  
Brusotti Luigi, 195  
Budinich Paolo, 165, 194  
Bunsen Robert Wilhelm, 93  
Cacciapuoti Nestore Bernardo, 190, 194  
Calderini Guglielmo, 147  
Calosci Enzo, 192  
Cametti Ottaviano, 32, 38  
Campetti Adolfo, 81, 86, 90  
Campetti Ottorino, 144  
Canavari Mario, 146, 196  
Cannizzaro Stanislao, 93, 146  
Cantoni Giovanni, 75

## Indice dei nomi

- Capurso Francesco, 189  
Caracciolo Giovan Battista, 32, 37  
Cardani Pietro, 105, 140  
Carlini Francesco, 48  
Carnazzi Procida, 120, 142  
Carrara Nello, 156, 159, 160, 161, 165, 166, 171, 187, 193, 200  
Carro-Cao Giuseppe, 144  
Carro-Cao Guglielmo, 122, 142  
Caruel Teodoro, 93  
Casorati Felice, 79, 91  
Cassuto Leonardo, 114, 115, 124, 125, 126, 128, 142, 160, 175, 195  
Castagnoli Carlo, 92, 194  
Castelli Benedetto, 32  
Castelli Enrico, 141  
Castelli Ugo, 142  
Catacchio Guido, 191  
Cecchi Celio, 187  
Cecioni Francesco, 195  
Celli Glauco, 191  
Cerruti Valentino, 53  
Cesari Lamberto, 195  
Chella Giulio, 192  
Chella Silvio, 105, 112-115, 125-128, 130, 132, 142, 159, 160, 161, 164, 172, 173  
Cherubino Salvatore, 195  
Chevreul Michel E., 41  
Chiappini Igino, 189  
Chiarugi Alberto, 156, 196  
Ciani Edgardo, 92  
Ciccone Marianna, 156, 158-161, 163, 172, 173, 174, 176, 185, 187  
Cinelli Modesto, 80, 90  
Cioni Gaetano, 33  
Ciucci Leonetto, 187  
Civinini Luigi, 82, 90  
Clausius Rudolf J.E., 49, 103, 114, 115  
Cobianchi Giuseppe, 77, 83, 89  
Cocchi Olinto, 55, 71, 73  
Codipietro Giovanni, 144  
Colliva Giovanni, 191  
Collodi Tommaso, 112, 131, 133, 143, 159, 167, 169  
Colosi Giuseppe, 196  
Comparini Tommaso, 32, 36, 38  
Compton Arthur H., 155, 166  
Consani Dario, 141  
Conti Gino, 191  
Conversi Marcello, 155, 166, 200  
Corbino Orso Mario, 78, 114, 155, 164, 166, 194  
Corridi Filippo, 40, 63  
Corsi Ada, 115  
Cortecci Eraldo, 189  
Corti Goliardo, 190  
Crecchi Leopoldo, 82, 90  
Cresci Giovanni, 82, 90  
Crescini Ezio, 72, 80, 86, 90, 111, 112  
Cresti Marcello, 193  
Crookes William, 152  
Curie Marie, 196  
Curie Pierre, 75  
D'Achiardi Antonio, 93, 146, 196  
D'Achiardi Giovanni, 146, 195, 196  
Dal Cero Paolo, 190  
D'Ancona Umberto, 196  
Daniele Pietro Ermenegildo, 195  
Darwin Charles, 100  
Davini Giovanni, 191  
De Broglie Louis, 167

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- De Candia Oronzo, 141
- De Castro Ettore, 144
- De Coulomb Charles Augustin, 34
- De Donatis Cosimo, 159, 160, 161, 164, 176, 177, 189
- De Luca Sebastiano, 93
- De Pace Vittorio, 188
- De Paolis Riccardo, 92
- De Soria Giovanni Gualberto, 32, 33, 36, 37
- Del Bue Arnaldo, 143
- Del Lungo Carlo, 81, 90
- Derenzini Tullio, 159, 160, 161, 164, 168, 174, 176, 177, 188, 196
- Desideri Carlo, 55
- Di Nasso Orfeo, 116, 165
- Di Nasso Ulisse, 117, 165
- Diamare Vincenzo, 196
- Dini Olinto, 33, 39
- Dini Ulisse, 52, 53, 73, 74, 76, 78, 91, 92, 145, 199
- Dirac Paul Adrieb Maurice, 167
- Doglio Pietro, 112, 128, 129, 143
- Dolfin Venceslao, 82, 89
- Donati Giovan Battista, 93, 97, 146
- Donati Luigi, 72, 74, 75, 83, 89
- Donnini Piero, 55
- Doveri Giuseppe, 40, 52
- Dozzo Aldo, 189
- D'Urso Alfonso, 188
- Dutrochet Henri, 65
- Ehrenfest Paul, 166
- Enriques Federico, 53, 92
- Ercolini Guido, 141
- Faè Giuseppe, 85
- Faedo Alessandro, 195
- Fagioli Oliviero, 165, 174, 189
- Fagiolo Luigi, 143
- Fantoni Filippo, 32
- Faraday Michael, 42, 50, 66, 67
- Fascetti Pier Luigi, 192
- Federico Rosario, 118-122, 141
- Felici Isabella, 63
- Felici Riccardo, 34, 39, 42, 43, 49, **61-96**, 97, 99, 109, 116, 145, 146, 151, 199
- Fermi Enrico, 151, 163, 165-168, 170, 171, 187, 193, 194, 200
- Ferroni Pietro, 38, 41
- Fibonacci Leonardo, 31
- Ficalbi Eugenio, 147, 196
- Filippini Attilio, 142
- Finzi Cesare, 92, 145
- Fiorentino Aristide, 82, 90
- Flores d'Arcais Francesco, 91
- Florio Fortunato, 82, 90
- Foggi Ferdinando, 40
- Fondelli Giuseppe, 38, 39
- Fontana Felice, 32, 36
- Forti Angelo, 54
- Foucault Léon, 104
- Franceschi Alfonso, 144
- Francesco I di Lorena, 33
- Franchi Zerbini Manlio, 192
- Francois Giovanni, 190
- Frisi Paolo, 32, 37
- Frobenius Ferdinand Georg, 167
- Fromond Claudio, 32, 36, 38
- Frullani Giuliano, 39, 40
- Frullini Elisa, 63
- Galeotti Eraldo, 192

## Indice dei nomi

- Galilei Galileo, 32, 55, 56  
Gallarotti Arturo, 143  
Galli Enrico, 39  
Galois Evariste, 52  
Galvani Luigi, 34, 42  
Gandolfi Archimede, 120, 142  
Garaccioni Riccardo, 189  
Garbasso Antonio, 104, 113, 114, 117, 118, 119, 152, 154, 166, 194  
Gastaldi Giannetta, 99  
Gatteschi Bartolomeo, 31  
Gatteschi Giuseppe, 33, 36, 38, 39  
Gaugain Jean-Mothée, 66  
Gelich Mario, 189  
Gelli Francesco, 188  
Gentile Giovanni jr, 160, 161, 167, 168, 173, 174, 188, 193  
Gerbi Ranieri, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 42  
Geri Sergio, 192  
Gerla Luchino, 31  
Ghelardoni O., 116  
Giacomini Amedeo, 189, 193  
Giacconi Sauro, 191  
Giagnoni Anna, 188  
Gianfranceschi Gilberto, 190  
Giannessi Leda, 191  
Giannetti Odo (Aldo), 192  
Gianni Antonio, 55  
Giarré Margherita, 190  
Gibellato Silvio, 192  
Giorgi Giovanni, 154  
Giorgini Gaetano, 35  
Giovani Aurelio, 192  
Giubilei Francesco, 188  
Gonnella Tito, 39  
Gozzini Adriano, 160, 191, 194, 200  
Gradenigo Giuseppe, 113  
Gragnani Daria, 192  
Gragnani Pietro, 142  
Gramsci Antonio, 114  
Granata Leopoldo, 196  
Grandi Guido, 32, 33, 38  
Grassi Ugo, 187  
Grazi Giulio, 159, 187  
Gregoretti Giulio, 165, 176, 190, 194  
Grillo Ubaldo, 190  
Grimaldi Giovan Pietro, 97  
Grosso Antonio, 190  
Guadagni Carlo Alfonso, 33, 37  
Guardavaccaro Vito, 189  
Hall Edwin, 155, 162-165  
Heisenberg Werner, 167  
Henry Joseph, 66  
Heusler Friedrich, 116  
Hull Albert W., 162  
Jacobi Carl Gustav Jacob, 50  
Jacopini Wilma, 190  
Kamerlingh Onnes, 127, 154  
Kirchhoff Gustav Robert, 162  
Klein Felix, 145  
Klemencic Ignacij, 115  
Lami Paolo, 82, 89  
Lastrucci Siria, 192  
Lauricella Giuseppe, 53, 92  
Lavagna Giovanni Maria, 40, 41, 91

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Lavoisier Antoine, 32  
Lazzari Antonio, 188  
Lazzarino Orazio, 167, 195  
Lebedew Piotr Nicolaevic, 115  
Leccese Giuliana, 192  
Ledda Maria Grazia, 188  
Lenz Heinrich Friedrich, 66, 68  
Leonardi Giovanni, 31  
Leonardini Danilo, 192  
Leoni Michele, 63  
Leopoldo II di Lorena, 42, 48  
Levi-Civita Tullio, 74, 76, 92  
Libri Guglielmo, 38  
Ligabue Livio, 189  
Lo Surdo Antonino, 167  
Lombardini Pietro, 193  
Longo Biagio, 147, 195, 196  
Lummer Otto, 163  
Lupi Donatello, 142  
  
Macaluso Damiano, 97  
Maccarrone Francesco, 111-114, 123, 124, 142  
Macchia Pietro, 142  
Maddaleni Giovanni, 189  
Maggi Gian Antonio, 145, 195  
Maggini Mentore, 165, 170, 187, 193  
Magini Ranieri, 113, 115, 123-127, 143, 164, 168, 171, 177  
Magnus Heinrich Gustav, 73  
Magri Luigi, 104, 111-118, 121, 123-129, 141, 158  
Magrini Franco, 79, 84, 85, 89  
Magrini Otello, 191  
Majorana Ettore, 167  
Malagoli Riccardo, 80, 86, 90  
Malatesta Sante, 190  
Magrini Franco, 79, 84, 85, 89  
Magrini Otello, 191  
Majorana Ettore, 167  
Malagoli Riccardo, 80, 86, 90  
Malatesta Sante, 190  
Mancini Augusto, 156  
Mancini Mario, 189  
Manzetti A., 116, 165  
Marcacci Francesca, 153  
Marchetti Alessandro, 32  
Marchetti Angelo, 32, 33, 38  
Marchetti Cesare, 192  
Marconi Guglielmo, 194  
Marcucci Angiolo, 38  
Maresca Angelo, 123, 124, 142  
Margary Alberto, 188  
Martelli Luisa, 187  
Martinetti Mattia, 102  
Martolini Guglielmo, 41, 91  
Marzetti Bruno, 143  
Matteucci Carlo, 34, 39, **41-48**, 52, 54, 56, 61, 63-68, 91, 92, 93, 109, 110, 146, 199  
Maxwell James Clerk, 49, 50, 65, 66, 77, 79  
Mayr Giovanna, 164, 170, 187  
Mazzari Alessandro, 165, 173, 188  
Mazzucchelli Arrigo, 196  
Mei Ernesto, 81, 90  
Melani Pietro, 119, 142  
Melegari Luigi, 37  
Mendel Carlo Leone, 190  
Meneghini Giuseppe, 39, 93, 146  
Merlini Alfonso, 192, 194  
Michelini Famiano, 32  
Micheloni Lionello, 191  
Michelson, 155, 156

## Indice dei nomi

- Michetti Mario, 191
- Migheli Maria Luisa, 193
- Milani Giulio, 117, 119, 141
- Monaci Giuseppe, 143
- Morghen Arnolfo, 163
- Morucci Ramiro, 143
- Mossotti Ottaviano Fabrizio, 33, 38, 39, **48-52**,  
53, 54, 56, 57, 61, 63, 64, 67, 68, 82, 91, 114, 115,  
162, 199
- Mura Antonino, 190, 194
- Murani Oreste, 77, 89
- Naccari Andrea, 81, 97, 98, 99, 102, 114
- Napoli Gianfranco, 192
- Napolioni Luigi, 142
- Nardi Dei Angelo, 41, 91, 145
- Nasini Raffaello, 194, 195, 196
- Nencioni Mario, 191
- Neumann Franz Ernst, 66, 68
- Newton Isaac, 115
- Niccolai Gualtiero, 188
- Niccolai Guido, 112, 116, 128, 129, 143, 165
- Niccolini Ferruccio, 82, 90
- Nicoletti Onorato, 145, 195
- Nigro Romeo, 191
- Nobili Leopoldo, 42, 66
- Noccioli Giulio, 80, 86, 90
- Novi Giovanni, 40, 91
- Nozzolini Giuseppe, 32
- Nucci Itala, 189
- Obici Pietro, 39, 40
- Occhialini Giuseppe, 200
- Occhialini Raffaele Augusto, 99, 100, 105, 110-115,  
117, 125-134, 143, 144, 151
- Oggiano Salvatore, 190
- Oliveri Francesco, 122, 123, 142
- Orioli Francesco, 41
- Ostili Andrea, 32, 36
- Ottonari Francesco, 31
- Pacchiani Francesco, 36, 38
- Pacinotti Antonio, 55, 77, 82, 93, 112, 113, 146, 162
- Pacinotti Giacinto, 55
- Pacinotti Luigi, 33, 34, 38, 39, 42, 55, 63, 64, 92, 93,  
97, 146
- Pacioli Luca, 31
- Padelletti Dino, 76
- Padova Ernesto, 53, 73, 74, 76, 78, 89, 91, 92
- Paganelli Mario, 193
- Page Charles Grafton, 66
- Pagliani Stefano, 102
- Pagni Renato, 157
- Paladini Bernardo, 72, 80, 89
- Palagi Arturo, 143, 174
- Palazzo Luigi, 98, 102
- Palumbo Donato, 191, 194
- Pancini Ettore, 155, 200
- Pandolfi Mario, 111, 112, 116, 117, 119, 120, 121, 141
- Panichi Ugo, 141, 144
- Paoli Pietro, 34, 37, 40, 41
- Papini Piero, 191
- Paschen Friedrich, 114
- Pascoli Giovanni, 98
- Pasquini Emilio, 120, 142
- Patrassi Pietro, 141
- Pauli Wolfgang, 168
- Paxia Giuseppe, 190
- Peccenini Clotilde, 192
- Pellissari Luigi, 189

La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Peltier Jean Charles A., 102, 103
- Pennacchietti Giovanni, 75
- Perelli Tommaso, 37
- Peri Dino, 32
- Persico Enrico, 168
- Perucca Eligio, 116, 143, 144
- Petralia Stefano, 189
- Petrini Pietro, 38
- Petrozzani Adolfo, 118, 141
- Pettinelli Parisino, 141
- Piaggese Giuseppe, 123, 124, 142
- Piazzini Giuseppe, 37, 38
- Picchi Anna Maria, 192
- Picciati Giuseppe, 82, 86, 90
- Piccioni Oreste, 155, 200
- Pieraccioli Giovanni, 38, 40
- Pieri Mario, 53, 92
- Pierini Pietro, 99
- Pierucci Giuseppe, 72, 116, 117
- Pierucci Mariano (prof.), 144, 158-163, 169-173, 180
- Pierucci Mariano (tecnico), 65, 67, 71, 72, 116
- Pietri Francesco, 33, 37
- Pifferi Francesco, 32
- Pignotti Lorenzo, 32, 36, 37
- Pilla Leopoldo, 93
- Pilotti Vincenzo, 147
- Pincherle Salvatore, 53, 92, 195
- Pinto Luigi, 74
- Piola Francesco, 80, 90
- Piria Raffaele, 42, 43, 57, 93
- Pisati Giuseppe, 75
- Piselli Maria Santa, 98
- Pistoia Cosimo, 159, 188, 194
- Pitoni Francesco Rinaldo, 72, 80, 85, 89
- Pizzetti Paolo, 145
- Plana Giovanni, 49
- Pochettino Alfredo, 61, 64
- Poggi Lorenzo, 160
- Poincaré Henri J., 49
- Poisson Siméon-Denis, 162
- Polara Virgilio, 112, 115, 117, 130, 143, 144
- Poletti Geminiano, 39
- Poloni Giuseppe, 75, 83, 89
- Polvani Carlo, 79, 89
- Polvani Giovanni, 66, 113, 116, 151, 158-161, 167, 169, 171, 172, 187, 193
- Pons Luigi Giovanni, 38
- Pontecchi Girolamo, 38
- Pontecorvo Bruno, 166, 200
- Pontecorvo Guido, 166
- Porlezza Camillo, 196
- Pretini Gisberto, 190
- Puccianti Anna, 153
- Puccianti Gaetano, 152
- Puccianti Giuseppa, 153
- Puccianti Giuseppe, 152
- Puccianti Luigi, 49, 50, 62, 66, 122, 142, 144, **151-198**, 199, 200
- Pucciardi Arianna, 152
- Puccinotti Francesco, 33
- Putti Giuseppe, 193
- Quilici Anna Maria, 193
- Rabellino Olga, 192
- Racah Giulio, 160, 161, 167, 168, 175, 176, 195
- Radicati di Brozolo Luigi A., 200
- Ragazzi Gualtiero, 191
- Raman Chandrasekhara V., 152



## Indice dei nomi

Ranieri Vincenzo, 32  
Rasetti Franco, 78, 165, 166, 187, 193  
Razzauti Alberto, 140  
Regnault Henri-Victor, 103  
Renda Raffaele, 143  
Renzoni Ruggero, 191  
Ricci Renato, 193  
Ricci-Curbastro Gregorio, 53, 74, 92  
Richiardi Sebastiano, 94, 147  
Ridolfi Cosimo, 42, 54  
Ridolfi Luigi, 54  
Riemann Bernhard, 52, 53, 91  
Righi Augusto, 93, 97, 115, 146, 153  
Rimediotti Ugo, 188  
Ristori Giuliano, 31  
Roentgen Wilhelm, 103, 104, 155, 156, 164, 166, 167  
Roiti Antonio, 66, 72, 73, 75, 82, 83, 89, 97, 153  
Rolli Celestino, 32, 36  
Romani Carlo, 188  
Rombaldoni Assunta, 144  
Roncali Giorgio, 187  
Ronchi Vasco, 187, 193  
Roncioni Isabella, 63  
Rosati Carlo, 195  
Rosati Marsilio, 31  
Rossetti Francesco, 97  
Rossi Bruno, 151, 155, 200  
Rovida Augusto, 111, 112, 117  
Rowland Henry A., 156  
Rubba Marco, 193  
Rumi Bruno, 192  
Rutherford, 167  
Sagnac Georges, 151, 154, 158  
Salardi Giovanni, 192  
Salle Amalia, 190  
Salvadori Bruno (Primo), 191  
Salvetti Oriano, 192, 194  
Salvi Arturo, 143  
Salvini Giorgio, 200  
Salvioni Enrico, 79  
Sandrucci Alessandro, 79, 84, 85, 89  
Sanjust di Teulada Enrico, 189  
Sanleonini Francesco, 32  
Santi Giorgio, 32  
Santini Ivan, 191  
Santini Pio, 188  
Santucci Antonio, 32  
Savi Gaetano, 33, 37, 39, 93  
Savi Paolo, 93, 147  
Savi Pietro, 93  
Sbragia Fabio, 40, 41, 91  
Scappini Maria Grazia, 192  
Schander Mario, 188  
Schiaparelli Giovanni, 76  
Schiavo Antonio, 141  
Schiff Ugo, 93  
Schrödinger Erwin, 167  
Sciurpa Alberto, 193  
Sebastiani Augusto, 79, 89  
Segrè Emilio, 78  
Seravallini Vittorio, 38  
Serpieri Alessandro, 98  
Sestini Quirino, 118  
Simonetti Dino, 192  
Slop Francesco, 37  
Slop Giuseppe Antonio, 37, 38  
Smekal Adolf, 152

## La scuola pisana di Fisica (1840-1950)

- Socci Ettore, 100  
Solaini Luigi, 189, 194  
Soldani Alberto, 144  
Somigliana Carlo, 53, 73, 79, 91  
Sorbi Raoul, 189  
Spadavecchia Giuliano, 116, 121, 122, 142  
Spagnuolo Vincenzo, 142  
Stampacchia Guido, 195  
Staret Solomon, 188  
Stark Johannes, 167  
Stefan Josef, 155, 158  
Stefanini Annibale, 82, 84, 85, 86, 89, 105, 112, 113, 117, 120, 121, 125, 127, 128, 129, 171, 195  
Stefanini Giuseppe, 196  
Stracciati Enrico, 76, 78, 84, 89  
Stura Aulio, 193  
  
Tabani Enrico, 55  
Tagliaferri Guido, 191, 194  
Taglini Carlo, 36  
Tait Peter, 102  
Talamo Francesco Luigi, 143  
Tassinari Paolo, 93, 146  
Tedone Orazio, 91  
Telesca Giovanni, 122, 142  
Tenani Mario, 116, 117, 130, 131, 143  
Teodoro Gennaro, 196  
Thomson William (Lord Kelvin), 102, 103, 104  
Tiberio Ugo, 200  
Tieri Laureto, 80  
Tognetti Aldo, 189  
Tolomei Giulio, 82, 89  
Tommasini Giovanni Andrea, 32, 37  
Tommaso dell'Abaco, 31  
Tonelli Leonida, 156, 195  
  
Toscani Ettore, 190  
Turillazzi Manlio, 188  
  
Ujcich Ferruccio, 191  
  
Vaccà Berlinghieri Leopoldo, 33, 37  
Vaivaldi Luca Antonio, 31  
Vecchiacchi Francesco, 159, 188, 193  
Venturi Adolfo, 76  
Verde Mario, 191, 194  
Vespi Aldo, 191, 194  
Vicentini Giuseppe, 97  
Vigorelli Pietro, 98  
Villari Emilio, 73, 75, 97  
Viti Ettore, 190  
Volta Alessandro, 34, 42, 48, 162  
Volterra Vito, 53, 61, 72, 73, 78, 82, 83, 84, 86, 89, 92, 199  
von Helmholtz Hermann L., 66  
von Humboldt Alexander, 42  
von Zittel Karl Alfred, 146  
  
Weber Wilhelm Eduard, 66, 68  
Weiss Pierre-Ernest, 167  
Wick Gian Carlo, 167  
  
Young Thomas, 49  
  
Zanobini Gino Umberto, 143  
Zeeman Pieter, 116



Finito di stampare nel mese di marzo 2018  
da Impressum S.r.l. - Carrara (MS)  
per conto di Pisa University Press