

## **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 scolopio 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, Argia e Amelia, dovendo iniziarvi 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, sì 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 (secondo 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.

## **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 chiarì 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. (*cf* G.Giuliani, P.Marazzini, *The Italian physics community and the crisis of classical physics: new radiations, quanta and relativity*, *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 ugual 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 E. Gamba *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 esprimeva 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.

**Premi conseguiti**

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.

**Pubblicazioni di A. Battelli prima della chiamata a Pisa**

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
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.	XXVIII	247	1890
Sulle correnti telluriche. (Continuazione e fine)	Nuovo Cim.	XXVIII	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

## La ristrutturazione dell'Istituto di Fisica

Quando Battelli, alla fine del 1893, si insediò sulla cattedra di Fisica sperimentale dell'Università di Pisa, 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.

	1844-1894	1894-1908	1908-1916
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 A. Occhialini, *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 rivitalizzare 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.

## I collaboratori 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.		
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 (1907-1916), Niccolai (1907/08), V. Polara (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 collaboratori principali e le loro ricerche**

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 (PI) 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 magnetoelettriche e dinamolettriche*”. 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 - ???) Normalista, 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. In seguito fu Preside dell'Istituto Tecnico di Palermo (1924-29) e di quello di Roma (1930-31), poi Preside del Liceo-Ginnasio di Tivoli (dal 1934) e a lungo comandato al Ministero.

Augusto Raffaele Occhialini (Fossombrone 11/10/1878 – Genova 1/8/1951). Normalista, 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 116 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 interelettrode 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 di elettriche 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 Chella (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 piaga denominata spazio nero di Newton.

Ranieri Magini (Montepulciano (SI) 18/12/1875 - ???) 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, di Modica, libero docente dal 25/7/1911, ma presto trasferito a Catania, e Leonardo Cassuto, 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.

Boccaro e Pandolfi nel 1899 eseguirono esperimenti formando dielettrici artificiali con paraffina e limatura finissima di ferro impastate tra loro.

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

Allegretti nel 1901 studiò la dipendenza della foto-corrente dalla durata e dall'intensità dell'illuminazione.

Niccolai 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.

Tenani 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'ipoazotite; in seguito si dedicò con successo alla geofisica.

Bonazzi studiò le leghe di Heusler, nel 1910 effettuò studi sull'isteresi magnetica.

Brunetti 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 poté mostrare 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

Perucca nel 1914-15 sperimentò sui solidi l'effetto fotomagnetico, con esito negativo.

## **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.

### Le pubblicazioni scientifiche dell'Istituto di Fisica 1894-1916

Battelli A.	Influenza del magnetismo e delle azioni meccaniche sui fenomeni termoelettrici	Nuovo Cim.	<b>35</b>	55	1894
Battelli A.	On the thermal behaviour of liquids	Phil. Mag.	<b>36</b>	245	1894
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte V	Mem. Torino	<b>44</b>	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.	<b>1</b>	230	1895
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori	Nuovo Cim.	<b>2</b>	97	1895
Battelli A.	Sulle proprietà termiche dei vapori. Parte VI	Mem. Torino	<b>45</b>	235	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sopra i raggi del Röntgen	Nuovo Cim.	<b>3</b>	40	1896
Battelli A.	Sul luogo di emanazione dei raggi Röntgen nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	<b>3</b>	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.	<b>3</b>	167	1896
Battelli A.	Ricerche sulle azioni fotografiche nell'interno dei tubi di scarica	Nuovo Cim.	<b>3</b>	193	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Raggi catodici e raggi X	Nuovo Cim.	<b>3</b>	289	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sulla dispersione delle cariche elettrostatiche prodotta dai raggi ultravioletti	Nuovo Cim.	<b>3</b>	321	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Azione dei raggi catodici sopra i conduttori isolati	Nuovo Cim.	<b>4</b>	129	1896
Battelli A. e Garbasso A.	Sur quelques faits se rapportants aux rayon de Rontgen	Compt. Rend. Ac. Sciences	<b>122</b>	603	1896
Garbasso A.	Sopra alcuni fenomeni luminosi presentati dalle scaglie di certi insetti	Mem. Torino	<b>46</b>	179	1896
Sestini Q.	Sopra un fenomeno dei tubi di Crookes ed un metodo facile di preparazione di questi	Nuovo Cim.	<b>3</b>	65	1896
Federico R.	Un catetometro esatto e di facile costruzione	Nuovo Cim.	<b>3</b>	114	1896
Garbasso A.	Un'esperienza di corso sulla costante dielettrica	Nuovo Cim.	<b>3</b>	203	1896
Garbasso A.	Di alcune azioni che esercitano i gas prodotti dalla combustione su la lunghezza della scarica esplosiva nell'aria	Nuovo Cim.	<b>4</b>	24	1896
Garbasso A.	Sopra alcuni fenomeni luminosi presentati dalle scaglie di certi insetti (Largo sunto dell'Autore)	Nuovo Cim.	<b>4</b>	159	1896
Garbasso A.	Sopra un punto della teoria dei raggi catodici (Riassunto dell'Autore)	Nuovo Cim.	<b>4</b>	227	1896
Petrozzani A.	Sulla dispersione elettrostatica	Nuovo Cim.	<b>4</b>	193	1896
Anelli L.	Sull'occlusione dell'idrogeno nel platino a diverse temperature	Nuovo Cim.	<b>4</b>	257	1896
Magri L.	Sulla distribuzione delle scariche nei circuiti derivati	Nuovo Cim.	<b>4</b>	321	1896
Garbasso A.	Sopra un punto della teoria dei raggi catodici	Atti Lincei	<b>5</b>	250	1896
Battelli A.	Rapporti fra le azioni fotografiche all'interno e all'esterno dei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	<b>5</b>	169	1897
Battelli A.	Rapporti fra i raggi catodici e i raggi del Röntgen	Nuovo Cim.	<b>5</b>	386	1897
Battelli A. e Garbasso A.	Azione dei raggi catodici sopra i conduttori isolati	Nuovo Cim.	<b>6</b>	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 diciticlico 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 diciticlico 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
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
Boccaro V. e Gandolfi A.	Sulla velocità delle onde Hertziane nei mezzi di elettromagnetici	Nuovo Cim.	8	191	1898
Boccaro 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	Nuovo Cim.	8	409	1898

	elettrolito e la pressione a cui questo è assoggettato				
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.	<b>15.</b> <b>1</b>		1898
Battelli A. e Stefanini A.	Ricerche crioscopiche ed ebullioscopiche	Nuovo Cim.	<b>9</b>	5	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Ricerche crioscopiche ed ebullioscopiche	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	618	1899
Battelli A. e Pandolfi M.	Sull'illuminazione dei liquidi	Nuovo Cim.	<b>9</b>	321	1899
Battelli A. e Pandolfi M.	Sull'illuminazione dei liquidi	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	633	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Nuovo Cim.	<b>10</b>	264	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Ann. Phys. Chem.	<b>24</b>	64	1899
Battelli A. e Magri L.	Sui raggi anodici e sui raggi catodici	Phys. Zeits.	<b>2</b>	18	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla velocità dei raggi catodici e sulla conduttività elettrolitica dei gas	Nuovo Cim.	<b>10</b>	324	1899
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla velocità dei raggi catodici e sulla conduttività elettrolitica dei gas	Phys. Zeits.	<b>4</b>	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	<b>8</b>	347	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	656	1899
Boccara V. e Pandolfi M.	Sul potere induttore specifico dei mezzi di elettromagnetici	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	63	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	635	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	636	1899
Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Ann. Phys. Chem.	<b>23</b>	664	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Atti Acc.Sc.Lucch.	<b>80</b>	351	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Mem. Soc. Spett. It.	<b>5</b>	97	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Mem. Soc. Spett. It.	<b>5</b>	121	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Naturw. Rund.	<b>30</b>	380	1899
Stefanini A.	Sulla distribuzione dell'induzione magnetica attorno ad un nucleo di ferro	Nuovo Cim.	<b>9</b>	417	1899
Boccara V. e Pandolfi M.	Sul potere induttore specifico dei mezzi di elettromagnetici	Nuovo Cim.	<b>9</b>	254	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento dei gas	Nuovo Cim.	<b>9</b>	177	1899
Baccei P.	Sullo spettro di assorbimento delle sostanze gassose	Nuovo Cim.	<b>9</b>	241	1899
Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Nuovo Cim.	<b>9</b>	432	1899

Spadavecchia G.	Influenza del magnetismo sulle proprietà termoelettriche del bismuto e delle sue leghe	Nuovo Cim.	<b>10</b>	161	1899
Telesca G.	Energia spesa dalle scariche oscillatorie nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	<b>10</b>	420	1899
Puccianti L.	Über die Absorptionsspektren der Kohlenstoffverbindungen im Ultrarot	Phys. Zeits.	<b>4</b>	49	1899
Telesca G.	Energia spesa dalle scariche oscillatorie nei tubi a vuoto	Phys. Zeits.	<b>13</b>	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.	<b>12</b>	300	1900
Allegretti M.	Sulle correnti fotoelettriche	Atti Ist. Ven.			1900
Carro-Cao G.	Studio sulla formazione degli accumulatori	L'Elettricità	<b>45</b>	707	1900
Puccianti L.	Spettri di assorbimento dei liquidi nell'ultravioletto	Nuovo Cim.	<b>11</b>	241	1900
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Nuovo Cim.	<b>12</b>	491	1900
Federico R. e Baccetti P.	Über den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt	Phys. Zeits.	<b>12</b>	137	1900
Puccianti L.	Noch einmal über die Absorptionsspektren im Ultrarot	Phys. Zeits.	<b>45</b>	494	1900
Battelli A.	Die spezifische Wärme der Gase	Phys. Zeits.	<b>25</b>	376	1901
Battelli A.	Ricerche sulla legge di Boyle a pressioni molto basse (Parte I)	Nuovo Cim.	<b>1</b>	5	1901
Battelli A.	Über das Boylesche Gesetz bei sehr kleinen Drücken (Parte I)	Phys. Zeits.	<b>27</b>	409	1901
Battelli A.	Sulla legge di Boyle a pressioni molto basse (Parte II)	Nuovo Cim.	<b>1</b>	81	1901
Battelli A.	Über das Boylesche Gesetz bei sehr kleinen Drücken (Parte II)	Phys. Zeits.	<b>2</b>	17	1901
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Nuovo Cim.	<b>1</b>	211	1901
Allegretti M.	Sulle correnti fotoelettriche	Nuovo Cim.	<b>1</b>	189	1901
Maccarrone F.	Un apparecchio dimostrativo per i fenomeni di polarizzazione dielettrica	Nuovo Cim.	<b>2</b>	88	1901
Oliveri F.	Sulla polarizzazione colle correnti alternate	Phys. Zeits.	<b>15</b>	225	1901
Allegretti M.	Über photoelektrische Ströme	Phys. Zeits.	<b>21</b>	317	1901
Maccarrone F.	Ein Messapparat für die Erscheinungen der dielektrischen Polarisation	Phys. Zeits.	<b>4</b>	57	1901
Battelli A.	Recherches sur la loi de Boyle appliquée a des très basses pressions	Ann. Chim. Phys.	<b>25</b>	308	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie	Mem. Torino	<b>41</b>	335	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie. Parte I	Nuovo Cim.	<b>3</b>	177	1902
Battelli A. e Magri L.	Über oscillatorische Entladungen. Parte I	Phys. Zeits.	<b>23</b>	539	1902
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie (Parte II)	Nuovo Cim.	<b>3</b>	257	1902
Battelli A. e Magri L.	Über oscillatorische Entladungen. Parte II	Phys. Zeits.	<b>6</b>	181	1902
Battelli A.	Necrologia del Prof. Riccardo Felici	Nuovo Cim.	<b>4</b>	233	1902
Magini R.	Sull'uso del reticolo di diffrazione nello studio dello spettro ultravioletto	Atti Lincei	<b>11</b>	305	1902
Maresca A.	Sulla energia svolta dalla scarica oscillatoria di un	Nuovo Cim.	<b>3</b>	337	1902

	condensatore nei tubi a vuoto				
Maccarrone F.	Conducibilità e ritardo di polarizzazione dielettrica	Nuovo Cim.	<b>4</b>	313	1902
Allegretti M.	Sul fenomeno Edison	Nuovo Cim.	<b>4</b>	161	1902
Piaggese G.	Magnetizzazione dei liquidi col cambiare della temperatura	Nuovo Cim.	<b>4</b>	247	1902
Maresca A.	Über die Energie welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird	Phys. Zeits.	<b>1</b>	9	1902
Battelli A. e Magri L.	Les decharges oscillatoires	Arch. Sc.Ph.N.	<b>7</b>	5	1903
Battelli A. e Magri L.	Les decharges oscillatoires	Arch.Sc.Ph.N.	<b>8</b>	139	1903
Battelli A. e Magri L.	Les decharges oscillatoires	Elettricista	<b>2</b>	82	1903
Battelli A. e Magri L.	Über oszillatorische Entladungen. Parte II	Ann. Phys	<b>5</b>	481	1903
Magini R.	Über den Gebrauch des Beugungsgitters beim Studium des ultravioletten Spektrums	Ann. Phys.	<b>27</b>	108 7	1903
Piaggese G.	Einfluss der Temperatur auf die Magnetisierung von Flüssigkeiten	Ann. Phys.	<b>27</b>	473	1903
Maresca A.	Über die Energie welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird	Ann. Phys.	<b>27</b>	358	1903
Magini R.	I raggi ultravioletti e l'isomeria stereochemica	Atti Lincei	<b>12</b>	297	1903
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Atti Lincei	<b>12</b>	87	1903
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Atti Lincei	<b>12</b>	260	1903
Magini R.	Relazione fra il doppio legame e l'assorbimento nello spettro ultravioletto	Atti Lincei	<b>12</b>	356	1903
Magini R.	Dipendenza degli spettri ultravioletti di assorbimento dalla configurazione e dai legami molecolari Parte I	Nuovo Cim.	<b>2</b>	62	1903
Magini R.	Dipendenza degli spettri ultravioletti di assorbimento dalla configurazione e dai legami molecolari Parte I	Nuovo Cim.	<b>2</b>	343	1903
Cassuto L.	Sulla solubilità dei gas nei liquidi. Parte I	Nuovo Cim.	<b>2</b>	5	1903
Magini R.	Über den Gebrauch des Beugungsgitters beim Studium des ultravioletten Spektrums	Phys. Zeits.	<b>23</b>	613	1903
Allegretti M.	Über das Edisonsche Phaenomenon	Phys. Zeits.	<b>9</b>	263	1903
Piaggese G.	Einfluss der Temperatur auf die Magnetisierung von Flüssigkeiten	Phys. Zeits.	<b>13</b>	347	1903
Battelli A. e Maccarrone F.	Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate	Rend. Lincei	<b>13</b>	539	1904
Battelli A. e Maccarrone F.	Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate	Nuovo Cim.	<b>7</b>	259	1904
Allegretti M.	Über das Edisonsche Phaenomenon	Ann. Phys.	<b>28</b>	40	1904
Magri L.	Relazione tra l'indice di rifrazione e la densità dell'aria	Atti Lincei	<b>13</b>	471	1904
Magri L.	Relazione tra l'indice di rifrazione e la densità dell'aria	Nuovo Cim.	<b>7</b>	81	1904
Stefanini A. e Magri L.	Azione del radio sulla scintilla elettrica	Nuovo Cim.	<b>7</b>	170	1904

Magini R.	I raggi ultravioletti e l'isomeria stereochimica	Phys. Zeits.	<b>3</b>	69	1904
Magini R.	Spettri ultravioletti di assorbimento degli isomeri orto, meta e para	Phys. Zeits.	<b>6</b>	145	1904
Magini R.	Relazione fra il doppio legame e l'assorbimento nello spettro ultravioletto	Phys. Zeits.	<b>6</b>	147	1904
Cassuto L.	Sulla solubilità dei gas nei liquidi. Parte I	Phys. Zeits.	<b>5</b>	121	1904
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla natura della pressione osmotica	Rend. Lincei	<b>14</b>	669	1905
Battelli A. e Stefanini A.	Sur la nature de la pression osmotique	Nuovo Cim.	<b>10</b>	137	1905
Stefanini A.	Sulla misura dell'intensità del suono e del potere uditivo	Arch. It. Otologia	<b>16</b>	4-5	1905
Stefanini A.	Acumetro telefonico a solenoide neutro	Atti Lincei	<b>14</b>	15	1905
Occhialini A.	Relazione tra la costante dielettrica dell'aria e la sua densità	Atti Lincei	<b>14</b>	613	1905
Chella S.	Su di un nuovo apparecchio per la misura dell'attrito interno dei gas	Atti Lincei	<b>14</b>	23	1905
Stefanini A.	Acumetro telefonico a solenoide neutro	Nuovo Cim.	<b>10</b>		1905
Occhialini A.	La costante dielettrica dei gas in relazione con la loro densità	Nuovo Cim.	<b>10</b>	217	1905
Occhialini A.	Die Dielektricitatskonstante der Luft in Beziehung zu ihrer Dichte	Phys. Zeits.	<b>6</b>	669	1905
Magri L.	Der Brechungsindex der Luft in seiner Beziehung zu ihrer Dichte	Phys. Zeits.	<b>6</b>	629	1905
Battelli A. e Stefanini A.	Über die Natur des osmotischen Druckes	Phys. Zeits.	<b>7</b>	190	1906
Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza	Rend. Lincei	<b>15</b>	148	1906
Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza Nota II	Rend. Lincei	<b>15</b>	471	1906
Battelli A.	Resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza Nota III	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	529	1906
Battelli A.	Ricerche sperimentali sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza Nota IV	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	255	1906
Battelli A.	Ricerche teoriche e sperimentali sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza	Nuovo Cim.	<b>11</b>	285	1906
Battelli A. e Magri L.	La scarica oscillatoria nei fili di ferro	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	63	1906
Battelli A. e Magri L.	La scarica oscillatoria nei solenoidi con anima di ferro	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	153	1906
Battelli A. e Magri L.	Ricerche sperimentali sulle scariche in solenoidi con anima di ferro	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	397	1906
Battelli A. e Magri L.	L'isteresi magnetica del ferro per correnti di alta frequenza	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>		1906
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie. Parte III	Nuovo Cim.	<b>12</b>	193	1906
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Studi di radioattività	Rend. Lincei	<b>15.</b> <b>2</b>	262	1906
Battelli A., Occhialini A.	Studi di radioattività	Nuovo Cim.	<b>12</b>	281	1906

e Chella S.					
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.	<b>12</b>	317	1906
Chella S.	Über einen Apparat zur absoluten Messung des Koeffizienten der inneren Reibung der Gase	Phys. Zeits.	<b>7</b>	196	1906
Chella S.	Messung der inneren Reibung Koeffizienten der Luft bei niedriger Temperatur	Phys. Zeits.	<b>7</b>	546	1906
Magini R.	Einfluss der Raender auf die elektrostatische Kapazität eines Kondensators	Phys. Zeits.	<b>23</b>	844	1906
Occhialini A. e Cassuto L.	Il potenziale esplosivo a pressioni elevate. Legge di Pachen	Rend. Lincei	<b>15</b>	715	1906
Chella S.	Misura del coefficiente di attrito interno dell'aria a basse temperature	Rend. Lincei	<b>14</b>	584	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota I	Rend. Lincei	<b>15</b>	6	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota II	Rend. Lincei	<b>15</b>	270	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota III	Rend. Lincei	<b>15</b>	308	1906
Magini R.	Influenza degli orli sulla capacità elettrostatica di un condensatore. Nota IV	Rend. Lincei	<b>15</b>	442	1906
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Untersuchungen über Radioaktivität	Phys. Zeits.	<b>8</b>	65	1907
Battelli A. e Magri L.	Die oscillatorische Entladung in Eisendrahten	Phys. Zeits.	<b>8</b>	298	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide für Ströme hoher Frequenz I Teil	Phys. Zeits.	<b>8</b>	296	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide für Ströme hoher Frequenz II Teil	Phys. Zeits.	<b>8</b>	530	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide für Ströme hoher Frequenz III Teil	Phys. Zeits.	<b>8</b>	533	1907
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoide für Ströme hoher Frequenz IV Teil	Phys. Zeits.	<b>8</b>	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.	<b>6</b>	402	1907
Battelli A. e Stefanini A.	Relazione fra la pressione osmotica e la tensione superficiale	Rend. Lincei	<b>16.</b> <b>1</b>	11	1907
Battelli A. e Stefanini A.	Relazione fra la pressione osmotica e la tensione superficiale	Nuovo Cim.	<b>13</b>	15	1907
Battelli A. e Stefanini A.	Sulla relazione tra la tensione superficiale e la pressione osmotica	Rend. Lincei	<b>16</b>	663	1907

Battelli A. e Magri L.	La scintilla elettrica nel campo magnetico	Rend. Lincei	<b>16</b>	155	1907
Battelli A. e Magri L.	La scintilla elettrica nel campo magnetico	Nuovo Cim.	<b>13</b>	263	1907
Battelli A.	Calori specifici dei liquidi che solidificano a temperatura molto bassa	Rend. Lincei	<b>16.</b> <b>1</b>	243	1907
Battelli A.	Calori specifici dei liquidi che solidificano a temperatura molto bassa	Nuovo Cim.	<b>13</b>	418	1907
Battelli A., Occhialini A. e Chella S.	Recherches sur la radioactivité	Journ. de Phys.	<b>6</b>	899	1907
Battelli A.	Résistance électrique des solénoïdes pour les courants de haute fréquence I Partie	Journ. de Phys.	<b>6</b>	559	1907
Battelli A.	Résistance électrique des solénoïdes pour les courants de haute fréquence II Partie	Journ. de Phys.	<b>6</b>	701	1907
Battelli A. e Magri L.	Comportamento dei vapori metallici nella scintilla elettrica	Rend. Lincei	<b>16</b>	725	1907
Cassuto L. e Occhialini A.	I potenziali esplosivi ad alte pressioni. - Legge di pachen	Nuovo Cim.	<b>14</b>	330	1907
Magri L.	Le stratificazioni della scintilla elettrica	Rend. Lincei	<b>16</b>	680	1907
Occhialini A.	Sulla dispersione elettrica dei metalli riscaldati	Rend. Lincei	<b>16</b>	119	1907
Occhialini A.	La scintilla tra elettrodi roventi	Rend. Lincei	<b>16</b>	191	1907
Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Rend. Lincei	<b>16</b>	868	1907
Niccolai G.	Sulla resistenza elettrica di leghe molto resistenti, a temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	<b>16</b>	185	1907
Niccolai G.	Sulla resistenza elettrica dei metalli tra temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	<b>16</b>	757	1907
Niccolai G.	Ulteriori ricerche sulla resistenza elettrica specifica di alcuni metalli puri fra temperature molto alte e molto basse	Rend. Lincei	<b>16</b>	906	1907
Battelli A.	Sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti ad alta frequenza	Rend. Lincei	<b>17</b>	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.	<b>7</b>	62	1908
Battelli A.	Chaleurs spécifiques des liquides qui deviennent solides à une température très basse	Journ. de Phys.	<b>7</b>	881	1908
Battelli A. e Stefanini A.	Relation entre la pression osmotique et la tension superficielle	Journ. de Phys.	<b>8</b>	949	1908
Battelli A.	Theoretische und experimentelle Untersuchungen über des elektrischen Leitungswiderstand der Solenoïde für Strome hoher Frequenz V Teil	Phys. Zeits.	<b>9</b>	154	1908
Battelli A.	Spezifische Wärme von Flüssigkeiten die bei sehr tiefen Temperatur fest werden	Phys. Zeits.	<b>9</b>	671	1908
Battelli A. e Magri L.	Comportamento dei vapori metallici nella scintilla elettrica	Nuovo Cim.	<b>15</b>	188	1908
Battelli A. e Magri L.	Sullo spettro della scintilla elettrica	Rend. Lincei	<b>17</b>	391	1908
Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Nuovo Cim.	<b>15</b>	193	1908
Niccolai G.	Über den elektrischen Widerstand der Metalle zwischen sehr hohen und sehr tiefen Temperaturen	Phys. Zeits.	<b>9</b>	367	1908

Doglio P.	Sulla durata dell'emissione catodica nei tubi a vuoto	Phys. Zeits.	<b>9</b>	190	1908
Occhialini A.	L'adescamento dell'arco voltaico	Rend. Lincei	<b>18</b>	508	1908
Occhialini A.	L'arco voltaico nella sua fase iniziale	Rend. Lincei	<b>18</b>	589	1908
Occhialini A.	Costituzione dell'arco voltaico	Rend. Lincei	<b>18</b>	672	1908
Battelli A. e Magri L.	Sulle scariche oscillatorie	Mem. Lincei	<b>7</b>	597	1909
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.	<b>17</b>	392	1909
Occhialini A.	Ricerche sull'arco elettrico	Nuovo Cim.	<b>18</b>	63	1909
Occhialini A.	Le recenti ricerche sulla radiotelegrafia	Nuovo Cim.	<b>18</b>	137	1909
Polara V.	Sul potere emissivo dei corpi neri	Rend. Lincei	<b>18</b>	513	1909
Tenani M.	Sulla scomposizione magnetica delle linee spettrali	Rend. Lincei	<b>18</b>	595	1909
Tenani M.	Sul comportamento magneto-ottico della linea b4 del magnesio	Rend. Lincei	<b>18</b>	677	1909
Tenani M.	Esperimento intorno all'effetto della luce sulla conducibilità del vapore d'ipozotide	Rend. Lincei	<b>18</b>	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	<b>1</b>		1910
Battelli A.	Il problema della dirigibilità	Riv. Nautica	<b>3</b>		1910
Battelli A.	I dirigibili	Riv. Nautica	<b>5</b>		1910
Battelli A.	Il problema dell'aviazione	Riv. Nautica	<b>6</b>		1910
Battelli A.	Gli aeroplani	Riv. Nautica	<b>7</b>		1910
Battelli A.	La resistenza dell'aria	Riv. Nautica	<b>10</b>		1910
Battelli A.	Breve esame critico dei vari sistemi di navigazione aerea	Riv. nautica	<b>12</b>		1910
Occhialini A.	Note di elettrostatica	Nuovo Cim.	<b>19</b>	128	1910
Occhialini A.	Lo spettro di righe nell'arco voltaico	Nuovo Cim.	<b>19</b>	311	1910
Occhialini A.	La misura e l'impiego della capacità secondo alcuni recenti lavori	Nuovo Cim.	<b>19</b>	442	1910
Occhialini A.	Note di tecnica fisica	Nuovo Cim.	<b>20</b>	74	1910
Bonazzi O.	Misura della permeabilità del ferro nel campo magnetico delle scariche oscillatorie	Nuovo Cim.	<b>20</b>	361	1910
Tenani M.	Sul comportamento magneto-ottico di alcune linee spettrali	Rend. Lincei	<b>19</b>	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	<b>19</b>	544	1910
Tenani M.	Sulla natura delle particelle ultramicroscopiche che intervengono nel fenomeno Majorana e su un nuovo metodo di studio del campo magnetico	Rend. Lincei	<b>19</b>	178	1910
Collodi T.	Misura della carica portata dai raggi magnetici	Rend. Lincei	<b>19</b>	641	1910
Collodi T.	La scarica intermittente attraverso ai gas rarefatti,	Rend. Lincei	<b>19</b>	637	1910

	posti nel campo magnetico				
Bonazzi O.	L'induttanza per correnti alternate di un circuito comprendente ferro	Rend. Lincei	<b>19</b>	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 Elettività	Gili, Torino			1911
Occhialini A.	Corso di ottica e Strumenti ottici	Gili, Torino			1911
Bonazzi O.	Lezioni di Elettività	Gili, Torino			1911
Bonazzi O.	Die Induktanz einen Eisen enthaltenden Stromkreises für Wechselströme	Jahrb. Teleg. Teleph	<b>6</b>	352	1911
Bonazzi O.	L'induttanza per correnti alternate di un circuito comprendente ferro	L'Elettiricista	<b>10</b>	154	1911
Occhialini A.	I fenomeni luminosi all'inizio dell'arco	Mem. Lincei	<b>8</b>	653	1911
Occhialini A.	Sulla definizione di intensità di corrente elettrica	Nuovo Cim.	<b>1</b>	65	1911
Occhialini A.	Il problema dell'insegnamento delle scienze sperimentali	Nuovo Cim.	<b>1</b>	74	1911
Occhialini A.	Scintille a basso potenziale	Nuovo Cim.	<b>2</b>	223	1911
Occhialini A.	Le condizioni di esistenza dell'arco fra carboni	Nuovo Cim.	<b>2</b>	329	1911
Occhialini A.	Come si stabiliscono i fenomeni luminosi all'inizio dell'arco	Nuovo Cim.	<b>2</b>	431	1911
Chella S.	La liquefazione delle miscele gassose	Toscana, Pisa			1911
Battelli A.	L'opera di Alessandro Volta	Riv. Comunicazioni	<b>3</b>		1912
Occhialini A.	Le condizioni necessarie per l'adescamento dell'arco	Nuovo Cim.	<b>3</b>	220	1912
Occhialini A.	Un densimetro per alte pressioni	Nuovo Cim.	<b>4</b>	426	1912
Occhialini A.	Funken bei niedrigen Potential	Phys. Zeits.	<b>13</b>	268	1912
Occhialini A.	Die existenzbedingungen des Lichtbohens zwischen Kohlen	Phys. Zeits.	<b>13</b>	605	1912
Bonazzi O.	Andamento del potenziale atmosferico durante il passaggio della Cometa di Halley	Riv. Fis.Mat.Sc.Nat	<b>13</b>	151	1912
Occhialini A. e Bodareu E.	Die Dielektrizitätskonstante der Luft bis zu 350 atm. Aufwärts	Ann. Phys.	<b>42</b>	67	1913
Occhialini A.	Polarizzazione della luce. Lezioni.	Gili, Torino			1913
Occhialini A.	Oscillazioni intratomiche	Nuovo Cim.	<b>5</b>	452	1913
Occhialini A. e Bodareu E.	La costante dielettrica dell'aria fino a 200 atmosfere	Nuovo Cim.	<b>5</b>	15	1913
Occhialini A.	La costante dielettrica dell'idrogeno ad alte pressioni	Rend. Lincei	<b>22</b>	482	1913
Occhialini A. e Bodareu E.	La costante dielettrica dell'aria fino a 350 atm.	Rend. Lincei	<b>22</b>	597	1913
Bodareu E.	La costante dielettrica dell'azoto fino a 220 atmosfere	Rend. Lincei	<b>22</b>	480	1913
Occhialini A.	Lezioni di Elettività	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.	<b>7</b>	108	1914

Occhialini A.	Scintilla e arco	Nuovo Cim.	<b>7</b>	365	1914
Occhialini A.	Indice di rifrazione e densità dei gas	Nuovo Cim.	<b>8</b>	123	1914
Bodareu E.	La relazione fra costante dielettrica e densità di alcuni gas compressi	Nuovo Cim.	<b>7</b>	165	1914
Brunetti R.	Lo spettro della scarica oscillatoria in vari gas	Nuovo Cim.	<b>7</b>	390	1914
Occhialini A.	Abgeschnittene Funken	Phys. Zeits.	<b>15</b>	773	1914
Bonazzi O.	L'effetto Hall longitudinale nelle leghe ferromagnetiche di rame, manganese e alluminio	Rend. Lincei	<b>23</b>	427	1914
Bodareu E.	La compressibilità del cloruro di metile	Rend. Lincei	<b>23</b>	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.	<b>16</b>	315	1914
Bonazzi O.	Une mesure de la susceptibilité des gaz diamagnétiques	Arch. Sc.Ph.N.	<b>39</b>	349	1915
Occhialini A.	Il campo magnetico. Lezioni	Gili, Torino			1915
Bonazzi O.	Un nuovo metodo per la suscettività magnetica dei gas	Nuovo Cim.	<b>10</b>	39	1915
Occhialini A.	Arco e scintilla	Rend. Lincei	<b>24</b>	425	1915
Collodi T.	Fenomeni di risonanza ottica	Toscana, Pisa			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.	<b>42</b>	328	1916
Occhialini A.	Stato di servizio del professore Angelo Battelli	Nuovo Cim.	<b>13</b>	5	1917
Occhialini A.	Angelo Battelli	Nuovo Cim.	<b>13</b>	11	1917

Ulteriori abbreviazioni:

## **L'opera didattica 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).

Programma del corso. Meccanica generale. – Elettricità. – Calore. – Misure elettriche.

Programma degli esami:

1. Proprietà generale della materia. - Nozioni sommarie sulla meccanica dei corpi rigidi.
2. Principio di Pascal. - Principio di Archimede. - Peso specifico dei corpi.
3. Compressibilità. - Tensione superficiale e capillarità. - Soluzione e diffusione. - Fenomeni osmotici. - Attrito interno.
4. Teorema di Torricelli. - Pressione dinamica. - Vena liquida. - Efflusso attraverso tubi sottili.
5. Principio di Pascal nei gas. - Peso dei gas. - Pressione atmosferica. – Barometri. - Legge di Boyle. - Manometri. - Volumenometri. - Macchine pneumatiche - .Trombe ad acqua, sifone e gazometri.
6. Diffusione. - Condensazione dei gas alla superficie dei solidi. - Occlusione. - Solubilità dei gas. - Attrito interno. - Efflusso da orifizi a pareti sottili. - Efflusso attraverso tubi.
7. 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.
8. Capacità elettrostatica di un conduttore. Condensatori. Bottiglia elettrometrica. Potere induttore specifico. Figure di Lichtenberg. 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.
9. Esperienze di Galvani e di Volta. Legge di Volta. Leggi di Faraday sull'elettrolisi. Ipotesi sulla costituzione degli elettroliti. Voltometri. Polarizzazione delle coppie elettriche. Pile a due liquidi. Coppia Grenet-Leclanché e pile a secco.. Accumulatori elettrici.
  10. Calamite e loro costituzione interna. Legge di Coulomb. Potenziale magnetico. Spettri magnetici. Circuito magnetico. Permeabilità magnetica. Induzione magnetica. Magnetizzazione delle diverse qualità di ferro.
  11. Determinazione dell'inclinazione, della declinazione e della componente orizzontale del magnetismo terrestre. Bussola marina. Sistema astatico.
  12. Esperienza di Oersted. Campo magnetico di una corrente rettilinea. Legge di Biot e Savart. Bussola dei seni e delle tangenti. Galvanometri.
  13. 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.
  14. Legge di Ohm. Accoppiamento degli elementi di una pila. Reostati. Leggi di Kirckhoff. Effetti termici della corrente. Lampade elettriche. Correnti termoelettriche. Pile e pinzette termoelettriche. Unità elettriche assolute e pratiche.
  15. Attrazioni e repulsioni tra conduttori percorsi dalla corrente. Elettrodinometri. Induzione elettrodinamica. Legge di Lenz, di Felici e Neumann sulle correnti indotte. Extracorrente.
  16. Correnti Foucault. Rocchetto di Ruhmkorff. Correnti alternate. Impedenza. Telefono e Microfono.
  17. Macchina magnetoelettrica di Clarcke e sua reversibilità. Anello Pacinotti. Dinamo e alternatori. Correnti polifasi. Motori elettrici.
  18. 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.
  19. 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.
  20. 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.
  21. 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.
  22. 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.
  23. Fusione e sue leggi. Soluzione e fenomeni di soprassaturazione; crioidrati. Evaporazione e sue leggi. Vapori saturi e non saturi. Isotherme degli aeriformi. Ebollizione. Calefazione.
  24. 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. Liquefattore di Linde e di Hampson. Le due leggi fondamentali della termodinamica.

25. 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.
26. Composizione dei modi vibratorii. Interferenze sonore. Onde stazionarie.
27. Gamma musicale. Risuonanza. Analisi e sintesi dei suoni.
28. Tubi sonori. Fiamme cantanti.
29. Vibrazioni delle corde.
30. Vibrazioni delle lastre e delle aste.
31. Propagazione rettilinea della luce. Ombra e penombra. Camera oscura. Velocità della luce.
32. Elementi fotometrici delle sorgenti luminose. Leggi fondamentali della fotometria. Fotometri. Fotometria eterocroma. Campioni di luce.
33. Leggi della riflessione. Applicazione degli specchi piani. Specchi curvi in generale. Specchi sferici, ellittici e parabolici.
34. Leggi della rifrazione. Angolo limite e riflessione totale. Rifrazione atmosferica. Rifrazione nei prismi e nelle lastre a facce parallele. Rifrazione attraverso una superficie sferica.
35. Lenti: punti e piani cardinali. Lenti infinitamente sottili. Aberrazioni di sfericità nelle lenti. Occhio. Strumenti ottici. Misura dell'indice di rifrazione.
36. 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.
37. 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.
38. Doppia rifrazione: Cristalli anisotropi. Doppia rifrazione del vetro compresso.
39. 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.
40. Misure delle quantità di elettricità.
41. Misure del potenziale elettrostatico.
42. Determinazione dell'inclinazione, della declinazione e della componente orizzontale del magnetismo terrestre.
43. Misura delle intensità di corrente.
44. Misura delle forze elettromotrici.
45. Misura delle resistenze elettriche dei solidi e degli elettroliti.
46. Misure delle capacità e delle costanti dielettriche.
47. 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; isotermitiche; 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'aurora boreale; riproduzione artificiale dell'aurora). 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 Matematica 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)

Anno Accad	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)

### Elenco dei laureati

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	<i>(manca)</i>
1895/96	Consani Dario	A	Influenza che hanno i gas disciolti in un liquido sulla temperatura d'ebollizione
1896/97	Spagnuolo Vincenzo (N)	Lode	Distribuzione delle correnti trifasiche in circuiti aventi resistenza, capacità ed autoinduzione
1896/97	Carnazzi Giulio Procida (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	<i>(manca)</i>
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	Graghani 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 ionizzazione 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 radioattive
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
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)

e almeno una ventina 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.

### **Pubblicazioni didattiche di A. Battelli**

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	Bologna	1912
Battelli A.	Corso di Fisica per le Scuole Medie 2 voll. II edizione	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 Vol. 1 e 2 II edizione	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 Vol. 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 Vol. 1 e 2 II edizione	Roma	1914
Battelli A.	Corso di Fisica per i Licei 2 voll. III edizione	Bologna	1914
Battelli A.	Corso di Fisica per gli Istituti Tecnici Vol 2 III ed. Vol. 3 II ed.	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

## **La Facoltà di Scienze M.F.N. all'epoca della direzione 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 Gottinga 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, compendiatosi 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 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 Battelli

- Battelli, F. *“Un volo lungo cento anni”*, Firenze 2010
- Brunetti, R. *“Antonio Garbasso. La vita, il pensiero e l’opera scientifica”*, Il Nuovo Cimento, Nuova Serie, Anno X (1933)
- Ciraolo, G. *“Angelo Battelli”*, Nuova Antologia, Vol. 189 (mag-giu 1917) pp. 205-210
- Ciraolo – Giannini *“Per Angelo Battelli”*, Commemorazione dell-11 aprile 1917, Ministero delle Poste e 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”* Vol.5 T II pp. 306-353
- Droscher, A. *“Le Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali in Italia”* CLUEB, Bologna 2013
- Fabrizi, V. *“Mezzo secolo di tesi di laurea in Fisica 1879-1937”* (tesi Pisa)
- Ferola, R. *“Chella, Silvio”*, in *“Dizionario Biografico degli Italiani”*, Vol.24 (1980)
- Gambioli, D. *“Angelo Battelli e la sua opera scientifica”*, Pergola 1917
- Gariboldi, L. *“Occhialini, Augusto Raffaele”* in *“Dizionario Biografico degli Italiani”*, Vol. 79 (2013)
- Gliozzi, M. *“Battelli, Angelo”* in *“Dizionario Biografico degli Italiani”*, Vol. 7 (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”*, 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”*, Il Nuovo Cimento – Serie VI – T. XIII (1917) pp. 5-63
- Occhialini, A. *“Notizie sull’Istituto di fisica sperimentale dello Studio pisano”*, Pisa 1914
- Palazzo, L. *“Necrologia – Angelo Battelli”*, Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani (1917) pp. 45-47
- Peruzzi, G. *“Garbasso, Antonio”* in *“Dizionario Biografico degli Italiani”*, Vol.52 (1999)
- Polvani, G. *“Cento anni di ricerca scientifica – Fisica”*, SIPS (1939)
- Puccianti, L. *“Il contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana”*, SIPS (1939)
- Puccianti, L. *“Luigi Magri”*, Il Nuovo Cimento Serie VI – Tomo II (1911)
- Reeves, B.J. *“Italian Physicists and their Institutions”* pp. 422-426 (thesis, Harvard 1980)
- Scuola Normale Sup. *“Elenco degli allievi 1848-1998”*
- Talotta, M. *“L’Istituto di Fisica sotto la Direzione del Prof. Angelo Battelli dal 1894 al 1900”* (tesi Pisa 1997)
- Università di Pisa *Annuari degli Anni Accademici* (dal 1893/94 al 1915/16)
- Vicentini, G. *“Commemorazione di Angelo Battelli”*, Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti (1916-17) Tomo LXXVI Disp. 3, pp. 57-59