

**P R O F .   L U I G I   P U C C I A N T I**  
della R. Università di Pisa

**Il contributo della scuola di Pisa  
alla fisica italiana**



**SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE**  
**ROMA**

**1940-XVIII**

**SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE**  
**Anno 101° dalla 1ª Riunione degli Scienziati Italiani**

**Estratto dal volume 1° delle «Relazioni» della XXVIII Riunione  
della S. I. P. S. (Pisa, 11-15 Ottobre 1939-XVII)**



**STAMPATO A TIVOLI NELLO STABILIMENTO DI ARTI GRAFICHE DI ALDO CHICCA**

# Il contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana

Prof. LUIGI PUCCIANTI

della R. Università di Pisa

**Sommario:** *Oggetto e limiti del presente discorso — L'insegnamento della Fisica in Pisa da Carlo Guadagni a Luigi Pacinotti — Il mecenatismo scientifico del Granduca Leopoldo II — Ottaviano Fabrizio Mossotti e Carlo Matteucci — Riccardo Felici e le sue classiche memorie sull'Induzione Elettrodinamica — Altre sue opere, la sua mentalità scientifica, la sua scuola — Angelo Battelli, la sua opera scientifica, la fecondità della sua attività didattica — Enrico Betti insigne fisico matematico, Antonio Garbasso giovane maestro di giovani, Luigi Magri, Gian Antonio Maggi — La grande invenzione di Antonio Pacinotti in relazione con la scuola fisica pisana.*

**Premessa : Oggetto e limiti del presente discorso.**

Il tema assegnatomi dal nostro illustre Presidente, e da me accettato con entusiasmo, può esser trattato o con intendimento prevalentemente storico, oppure con intendimento prevalentemente scientifico. Ho detto « prevalentemente », non avrei potuto dire « esclusivamente », perché in sostanza si tratta di un tema di Storia della Scienza.

Questi due differenti partiti si presentano del resto per qualunque tema di tal genere; ma nel presente caso particolare la differenza è di importanza straordinaria; perché interessa l'estensione dell'epoca da prendere in considerazione, così che, a seconda del partito scelto, ne risulta in buona parte diverso l'argomento stesso del discorso.

Una trattazione con intendimento prevalentemente storico dovrebbe includere parte del XVI secolo, per non tralasciare un argomento di singolare importanza storica: *Galileo e la sua Scuola*. Quanto poi ai maestri di Fisica di epoca assai più recente, inclinerebbe a lumeggiare le loro figure umane nel quadro della Storia del Risorgimento, piuttosto che a rivelare i caratteri interiori del loro pensiero scientifico.

Una trattazione con intendimento prevalentemente scientifico, dovendo curare soprattutto una stretta connessione con la scienza attuale e con gli attuali ordini e istituti Universitari, non avrà ragione di risalire molto indietro nel tempo. Meno estesa in superficie essa dovrà penetrare in profondità, per mostrare come la forma mentis di ciascuno di questi moderni, nella ricerca li fece costruttori di quella scienza che immediatamente prepara, e in parte è già, la nostra scienza attuale, nell'insegnamento li fece nostri maestri, maestri dico, dei quali noi qui presenti siamo prossimi o anche immediati scolari.

L'uso che ho fatto del modo condizionale parlando del primo partito, dell'indicativo parlando del secondo, vi ha già detto quale è stata la mia scelta: scelta che del resto, se non mi fosse stata imposta dai limiti della mia modesta competenza, mi era suggerita dallo stesso programma di questo Congresso, il quale assegna il mio discorso alla Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, e in altra parte fa ampio e onorevole posto agli argomenti Galileiani.

Ma non potrò fare a meno di qualche riferimento alla storia cosiddetta politica, anche perché la scelta del punto di vista e dell'incidenza di luce non deve divenire abolizione di parti, mutilazione di armoniche figure.

#### **L'insegnamento della Fisica in Pisa da Carlo Guadagni e Luigi Pacinotti.**

Fatta la scelta, è fissata la data iniziale: 24 ottobre 1748.

È la data di un *benignissimo rescritto* di Sua Maestà Imperiale FRANCESCO I che attuava il voto formulato alcuni anni prima da Gasparo CERATI Provveditore dell'Almo Studio Pisano in una relazione in cui si legge:

« Sarebbe utilissimo il destinare una nuova cattedra il di cui professore avesse l'obbligo di far materia dei suoi insegnamenti la Fisica Sperimentale, la Storia Naturale e gli elementi dell'Arte Chimica ».

Difatti il rescritto, benignissimo alla nostra scienza, conferiva la cattedra di Fisica Sperimentale a Carlo GUADAGNI: « con lo stipendio di ducati cento, e in più con l'assegno di ducati venticinque annui per la pigione di casa ».

E qui dubito che qualche ascoltatore abbia voglia di dirmi: tu non volevi fare lo storico, ed ecco fai addirittura l'erudito! e gli rispondo: erudizione a buon mercato. Questa notizia e altre che riferirò in seguito, e altre che non avrò tempo di riferire si trovano nel bel volume: *Notizie sull'Istituto di Fisica dello Studio Pisano* raccolte nel settantesimo anno della fondazione, venticinquesimo di insegnamento del Direttore Angelo BATELLI dal professore Augusto OCCHIALINI. Da esso ci facciamo un'idea del materiale di quel Gabinetto e apprendiamo che c'era perfino una « macchina elettrica con tutto il suo apparato », che il GUADAGNI faceva lezione sui *fossili* e sui *minerali* e mostrava esperimenti attinenti all'*Aerodinamica*, all'*Ottica*, alla *Statica* e *Idrostatica*, si ha notizia di alcuni suoi lavori e pubblicazioni, e infine si ricava che questo medico fiorentino fu (ragion fatta dei tempi) un valente sperimentatore e un efficace insegnante.

Al GUADAGNI succedette Leopoldo VACCÀ BERLINGHIERI, il quale nelle sue pubblicazioni si occupò più di politica e di arte militare che

di Fisica; quale professore istituì (come è stato detto argutamente) l'uso di non fare lezioni, e come direttore piantò il laboratorio e se ne andò.

Fra i nomi di quelli che poi per parecchi anni tennero l'insegnamento della Fisica sperimentale uno solo è notissimo, anzi celebre, quello di Gaetano SAVI, che fu veramente un illustre..... botanico!

Finalmente nel 1831 la cattedra fu occupata da Luigi PACINOTTI, il quale fu un vero fisico, e un illustre professore: « le lezioni che ha lasciato manoscritte fanno fede della elevatezza del suo insegnamento.

Egli espose già nel 1833 oltre i principi generali della Fisica, la teoria delle onde, della diffrazione, della polarizzazione della luce, le leggi e le teorie del calore, dell'elettricità e del magnetismo. Le più recenti scoperte fatte da AMPÈRE, ARAGO, FRESNEL, FARADAY erano argomenti delle sue lezioni. Opportuni cenni sulla storia del pensiero scientifico, sintesi rapide ed efficaci animavano spesso la metodica esposizione, e non è da meravigliare se dal suo numeroso uditorio il PACINOTTI ricevesse spesso caldo e sincero tributo di applausi, dei quali egli di suo pugno faceva diligente nota accanto al titolo e alla data della lezione ».

In conclusione se la data del 1748 per la nomina del primo professore di Fisica Sperimentale dal punto di vista storico pare ora a noi troppo recente, dal punto di vista scientifico si tratta ancora se non di preistoria, di storia antica. La data del 1831 è veramente per la scuola di Fisica Pisana quella inaugurale: Luigi PACINOTTI fu il primo vero maestro di questa scienza.

E il suo maggiore scolaro fu Antonio suo figlio.

Veramente questi non frequentò le sue lezioni di Fisica Sperimentale, il cui ciclo si era chiuso già quando egli nacque, ma certo molto, in età giovanissima, imparò privatamente dal padre, prima che, pubblicamente, dagli altri maestri di questa scuola, che, quando egli era studente, già aveva raggiunto il massimo splendore.

Il Congresso del 1839 trovò dunque la Fisica Sperimentale qui rappresentata molto onorevolmente da L. PACINOTTI, che anche mostrò agli intervenuti interessanti esperimenti, ma non trovò né aula né Gabinetto per ampiezza e arredamento idonei e decorosi.

### **Il meccanismo scientifico del Granduca Leopoldo II.**

Ho ricordato il Congresso del '39: ebbene, la sua singolare importanza storica nel senso più comune di queste parole, che non si riferisce allo sviluppo della Scienza, ma ai pubblici avvenimenti, dico dun-

que la singolare importanza di quell'avvenimento, che fu il Congresso del 1839, mi induce ora a dire qualcosa per inquadrare nella Storia cosiddetta politica la scuola di Fisica Pisana.

Secondo quando io ho accennato, l'epoca del predominio francese (come già osservò l'OCCHIALINI) non giovò affatto a quella scuola; non sarebbe però giusto non ricordare la benemerenzza, che presso Pisa e la sua Università si acquistò NAPOLEONE fondando la Scuola Normale Superiore. Si potrebbe a questo proposito forse pensare che nello scegliere appunto Pisa come sede di quell'importante, poi glorioso, istituto, il grande Corso sentisse, secondo le origini della sua famiglia, un po' Toscano, e verrebbe anche la voglia di ricordare che NAPOLEONE è *ab antiquo* un nome Pisano. Ma più dirette e assidue benemerenzze per la scuola di Fisica ebbe poi il Granduca LEOPOLDO II, che veramente, in tutto il resto mediocre, fu non mediocre mecenate degli studi scientifici. Egli prendendo personalmente e cordialmente parte a quel Congresso, non pare fosse turbato dai sospetti che dettero tanto da lavorare a Giovanni BOLOGNA « Presidente del buon Governo » che significa capo della Polizia; il quale organizzò alle spalle del Congresso scientifico, un altro Congresso di informatori (diciamo così); e anche questo ebbe i suoi resoconti ed i suoi atti, che furono illustrati molto tempo dopo in una tesi di perfezionamento della Scuola Normale dalla Dott. Elisa TACCHI: un lavoro grandioso e vano di vigilanza, da far quasi pensare che la polizia vigilasse il Granduca stesso!

La ragione generale di quei sospetti è illustrata chiaramente dallo scherzo di Giuseppe GIUSTI.

Di sì nobile Congresso  
Si rallegra con se stesso  
Tutto l'uman genere.

Tra i potenti della penna  
Non si tratta, come a Vienna,  
D'allottare i popoli.

E per questo un tirannetto  
Da quattordici al duetto  
Grida: oh che spropositi!

Questo Principe toscano,  
Per tedesco e per sovrano  
Ciurla un pò nel manico.

Ma in particolare essi dovevano essere esasperati dal fatto che un Napoleone era *magna pars* nella organizzazione del Congresso.

Ben si comprende che quanto a idee, Sua Altezza stava più in alto che il suo fedelissimo Presidente, e già egli aveva preso non solo a favorire, ma a curare personalmente la floridezza della Università Pisana; e così per la Fisica egli non si contentò della rinascita dell'insegnamento con un valentissimo professore e un meschino laboratorio, volle assai di più, e senza rinunciare all'opera di Luigi PACINOTTI, il quale passò all'insegnamento della Fisica Tecnica che tenne a lungo, fino a quando il figlio Antonio gli successe, il Granduca per suggerimento dell'HUMBOLT chiamò alla cattedra di Fisica sperimentale Carlo MATTEUCCI, giovane ma già illustre scienziato, ricco di tutte quelle doti che si richiedono per iniziare, organizzare sviluppare qualcosa di grande: l'uomo insomma che ci vedeva.

Sua Altezza Imperiale e Reale, non solo Granduca di Toscana, ma (ahimè!) anche Arciduca d'Austria, nel fare questa scelta, passò sopra a qualche precedente politico non del tutto tranquillizzante; e certo allora non pensò che, in un avvenire non lontano, proprio quell'uomo avrebbe trascinato lui nolente a impegnare il piccolo esercito toscano nella guerra contro l'Austria.

E ancora meno cauto (non meno benemerito) fu nel chiamare nello stesso anno all'Università di Pisa il già celebre matematico, astronomo, e fisico teorico, Ottaviano Fabrizio MOSSOTTI, forte tempra piemontese di patriotta italiano, esule politico dal 1821: il futuro maggiore comandante del battaglione universitario.

Non è il caso di dire « del senno del poi ne son piene le fosse »: era fin d'allora facilmente prevedibile che la bella accolta di scienziati formata in Pisa dal savio Principe (in ciò più savio per noi che per sè) al fine di dare autentico splendore a questa Università, era destinata ad andare nel campo politico molto al di là del suo programma toscano e al di fuori dei suoi placidi metodi di governo, i quali gli fruttarono da parte del GIUSTI l'appellativo di Toscano MOFREO pur col riconoscimento

. . . . .  
Benché snervi i popoli col sonno,  
Quando si sogna di imitare il nonno,  
Qualcosa raspa.

e, poi, un più favorevole e sereno giudizio da Ferdinando MARTINI.

Egli allora a questi pericoli non ci pensava, o piuttosto (siccome certo non mancava chi lo mettesse in guardia) non ci voleva pensare: forse anche su quel bel guanciaie, imbottito di saggia amministrazione.

e di mecenatismo scientifico, egli dormiva, sognando di addormentare anche i meno sonnolenti.

Certo, solo sette anni dopo, il risveglio non fu scevro di gravi amarezze; ma il « Toscano MORFEO » non aveva nessuna attitudine per fare il tiranno, e pur restaurato dall'Austria egli, per conto suo, non torse un capello a nessuno.

Però l'Università di Pisa collettivamente e, per così dire, in sede amministrativa, quella scappata di Curtatone e Montanara la dovè scontare. Ma ciò non danneggiò notevolmente la rigogliosa vita scientifica già potentemente avviata.

#### **Ottaviano Fabrizio e Carlo Matteucci.**

Torniamo dunque alla scienza: per questa parte il nuovo professore di Fisica, poco dopo il suo arrivo a Pisa, non già trascinò nolente, sibbene condusse volente l'I. e R. mecenate alla costruzione e al ricco arredamento del nuovo Istituto di Fisica, che, ampliato molto tempo dopo da Angelo BATELLI, è l'Istituto attuale.

Infatti in una delle due epigrafi che lo ornano si legge tra l'altro: LEOPOLDUS II..... SCHOLAM FISICIS EXSPERIMENTIS EXHIBENDIS..... INSTRUMENTO OMNI APPARAVIT ANNO PRINCIPATUS AUSPICATISSIMI DECIMO NONO; mentre l'altra precisa, che quell'anno fu il 1844, e che queste belle cose le fece, sibbene PROVIDENTIA ET AUCTORITATE LEUPOLDI II..... (questo è scritto anche lì) ma infine, quanto a fare, le fece KAROLUS MATEUCIUS; scritto al nominativo e in carattere più grande che LEOPOLDI.

Siamo imparziali: le fecero tutti e due, ciascuno la sua parte.

E nessuno mi dica che non sono tornato alla scienza, e che quel che ora sto dicendo è storia come quel che precede: quando si tratta di istrumenti di ogni genere è storia della scienza, anzi è scienza addirittura.

Farei invece troppo lo storico se ora mi diffondessi nel narrarvi la biografia di Carlo MATTEUCCI. La quale fornì a Nicomede BIANCHI materia per un grosso volume, che pur si legge con interesse dalla prima all'ultima pagina, tanto varia e feconda fu l'attività di quello scienziato e uomo politico. Ciò è estraneo al mio compito.

E nemmeno mio compito sarebbe addentrarmi in un esame erudito delle sue numerosissime pubblicazioni, note e memorie che riferiscono risultati di ricerche, vaste monografie, trattati con fine didattico.

Mio compito è sì di tratteggiare i caratteri principali del suo spirito di scienziato e di maestro.

Sperimentatore facile e geniale, ricercatore appassionato, sensibilissimo al movimento scientifico generale, Egli coltivò i più svariati campi e vi raccolse abbondantissimo frutto di risultati particolari, alcuni del massimo interesse, che costantemente curò di inquadrare nelle concezioni e nelle leggi generali. Mente larga e comprensiva, Egli concepì la Fisica sperimentale non già come ramo separato dal grande albero della scienza, ma come parte integrante di un tutto organico, e massimamente sentì e curò le affinità e le relazioni con la Chimica e con la Fisiologia.

La sua ricerca scientifica prese le mosse specialmente da GALVANI e VOLTA e da FARADAY, e infatti le sue più importanti ricerche hanno per oggetti la pila elettrica, l'elettrolisi, l'elettrofisiologia e l'induzione elettrodinamica; specialmente questi due ultimi campi furono da lui coltivati intensamente e profondamente, e dettero materia a due sue pubblicazioni monografiche riassuntive.

Il suo carattere fervido e fattivo, che gli vietava di esser pago della pura ricerca e contemplazione del vero, e lo spronava incessantemente all'azione feconda fra gli uomini, lo rese naturalmente appassionato didatta. Ma non gli bastò insegnare dalla cattedra e scrivere trattati. Egli volle che nascesse un importante periodico scientifico, e fondò insieme col suo illustre collega Raffaele PIRIA, nel 1844 il Nuovo Cimento, il quale sempre continuato sotto la direzione di vari scienziati, e specialmente per lungo tempo di FELICI e BETTI, è ancora il più importante organo italiano della nostra scienza.

Così la scuola di Fisica assurse in Italia alla massima importanza; e specialmente si giovò di quel largo spirito di convergenza tra le varie discipline, di cui fu animato il MATTEUCCI, anche se con lui tale convergenza comprese piuttosto quelle sperimentali che quelle matematiche. Ciò del resto non deve fare nessuna meraviglia, se si considera che alle scoperte di VOLTA, GALVANI, FARADAY era stata aliena la matematica, e che in quel tempo un grande entusiasmo galileiano si accompagnava ad una interpretazione invero incompleta del pensiero di quel sommo maestro, che ci si contentava di esaltare quale fondatore del metodo sperimentale.

E si può aggiungere che in quel momento un'ondata di sperimentalismo fu salutare.

Ma al lato del MATTEUCCI c'era il MOSSOTTI, forte matematico, colui che aveva innovato i metodi per calcolare le orbite dei pianeti e gli strumenti ottici, il geniale indagatore del « sistema stellare cui appartiene il Sole », il fondatore della teoria dei dielettrici. La gloria che circondava il suo nome e attirava i giovani alla sua scuola, non poteva in un secondo tempo non produrre uno stretto collegamento tra la Fisica

sperimentale e la Matematica, conforme a una completa interpretazione del pensiero di GALILEO e ad un più importante sviluppo della tradizione Galileiana.

#### **Riccardo Felici e le sue classiche memorie sull'Induzione Elettrodinamica.**

Ciò avvenne nell'opera scientifica, non molto estesa in superficie, ma quanto mai penetrante in profondità di Riccardo FELICI, nella cui mente la scuola del MATTEUCCI e quella del MOSSOTTI si unirono armonicamente.

Della vita di questo grande scienziato in poche parole è detto tutto.

Egli venne a Pisa (1839) ventenne con l'intenzione di studiare ingegneria, ma appunto l'ammirazione per quei due insigni maestri lo indusse a dedicarsi alla scienza pura.

Nulla trovo scritto di preciso sulla sua giovinezza: sicché non saprei nemmeno ora dirvi da qual luogo venisse: egli veniva dall'ombra della povertà, forse del mistero; vi era chi pretendeva sapere da chi egli avesse avuto, come unica eredità, l'alto ingegno e il « crin fulvo » e la vigorosa persona. Ma nessuno seppe dire con quale sforzo eroico egli riuscisse a elevarsi; né di tale sforzo si notava poi alcuna traccia nel suo contegno mite e pacato, sempre propenso al sottile umorismo, e d'altra parte conforme alla sua mentalità costantemente regolata dal rigore del metodo, e anzi quasi troppo contenuta dalla cautela del *dubbio metodico*.

Il resto della sua vita, per lunghi anni pisana, è a tutti noi Pisani notissimo, ma quella vita fu tanto regolare ed equilibrata, tanto aliena da tutto ciò che possa sapere, anche lontanamente di romanzesco, che quando si è ricordato il suo valoroso comportamento alla battaglia di Curtatone e Montanara, alla quale partecipò come tenente del Battaglione Universitario, non c'è altro da dire.

Invece mancherei al mio compito e all'impegno assunto rispetto al modo di assolverlo, se non mi trattenessi alquanto sulla sua opera scientifica. Il suo capolavoro (1852) che molti anni dopo, tradotto in tedesco da Bernardo DESSAU, fu inserito nella celebre collezione Ostwaldiana dei Classici delle Scienze Esatte, consiste nella serie di tre memorie *SULLA TEORIA MATEMATICA DELL'INDUZIONE ELETTRODINAMICA*.

Il quale titolo può dar luogo a un malinteso: se le parole che lo compongono si prendessero proprio nel loro significato più abituale, si dovrebbe pensare che l'esperienza non avesse parte alcuna in quella ricerca, o tutt'al più vi avesse parte accessoria. Ma basta leggere le prime parole del testo, perché il malinteso sia dissipato.

« Dare le formule per una teoria matematica delle correnti di induzione elettro-dinamica ed elettro-magnetica è lo scopo di questo lavoro; fidato unicamente a dati dell'esperienza, e col metodo che servì all'AMPÈRE per scoprire la formula elementare che esprime le leggi secondo le quali due elementi filiformi di circuiti voltaici vicendevolmente si attirano o si respingono. Un buon metodo sperimentale mi pose in grado di scoprire con piena sicurezza i fatti o teoremi fondamentali di cui avevo bisogno; ed agevole fu l'applicazione del calcolo a quei fatti stessi, per scoprire la formula elementare che esprime la forza elettromotrice indotta da un elemento filiforme di un circuito voltaico in un altro simile di un circuito qualunque ».

La parte che l'esperienza ha in questa ricerca è dunque fondamentale, come già era stata in quella di AMPÈRE esposta nella celebre memoria che si intitola « *Théorie de Phénomènes Électrodynamiques déduites uniquement de l'Espérance* ».

È chiaro che il FELICI usa nel presente caso la parola *teoria* per significare in generale un insieme organico di conoscenze scientifiche, e la parola *teorema* per significare una proposizione scientifica, anche se sia dimostrata sperimentalmente: nel suo pensiero dunque Fisica e Matematica non solo si associano, ma si identificano; anzi questa identificazione pare che rappresenti per lui la piena conoscenza di un certo ordine di fatti, cioè la soluzione del problema che si era posto.

Non era un problema nuovo, sibbene una nuova impostazione di un problema di importanza capitale per l'elettrologia, intorno al quale si erano già affaticati, e non senza successi più o meno importanti, non pochi illustri fisici.

Dopo la scoperta di FARADAY gli esperimenti sopra l'induzione elettrodinamica si erano moltiplicate nelle forme più svariate, e il MATTEUCCI aveva avuto in ciò parte importante. Ma le leggi esatte che governano quell'ordine di fenomeni erano state piuttosto indovinate che dimostrate.

Per il caso relativamente semplice di conduttori filiformi, che appunto il FELICI tratta nella sua prima memoria, F. NEUMANN aveva dato una formula che serve a calcolare ciò che ora chiamasi « il coefficiente di induzione mutua tra due circuiti », la quale consiste in un integrale doppio, cioè esteso ai due percorsi chiusi costituiti dai due fili. Naturalmente la funzione sotto il doppio segno integrale si può interpretare come legge elementare, cioè esprime l'azione induttiva di un singolo elemento lineare dell'un circuito sopra un singolo elemento lineare dell'altro.

Ma si comprende facilmente che a quella funzione sotto il segno si possono sempre aggiungere termini, i quali diano per la loro natura ri-

sultato nullo, quando se ne faccia la doppia integrazione; e siccome non è possibile sperimentare altro che su circuiti chiusi, così ne segue che è ammissibile adottare funzioni diverse da quella del NEUMANN le quali, fatta l'integrazione, diano risultati identici; e quindi, finché si tratti di circuiti filiformi, il problema di scegliere tra esse quella esprimente la vera legge elementare è privo di significato concreto.

E così il FELICI lo mette da parte, ponendosi quello di assodare la verità della legge integrale.

Questo era necessario, perché il processo matematico, col quale il NEUMANN aveva ricavato essa legge da quelle di AMPÈRE e da quella di LENTZ, era impiantato su basi ipotetiche. Che se queste appaiono ora più plausibili di quanto non potessero parere allora, ciò è appunto perché il FELICI dimostrò la verità del risultato finale.

Ma con ciò non ho mostrato appieno in che cosa consiste l'alto valore logico, metodico ed anche estetico della ricerca di R. FELICI.

Ordinariamente la verifica di una legge fondata su basi ipotetiche, cioè non accertate, consiste nella esecuzione di esperimenti svariati, i cui risultati numerici si accordino coi valori calcolati mediante la stessa legge. Invece il FELICI fa molto di più e di meglio: egli costruisce ex novo la legge dell'induzione nella forma generale, ragionando con rigore matematico sopra i risultati di alcuni esperimenti semplici, schematici, perfetti.

Cosicché, se anche per ragioni didattiche e di sintesi dottrinale, nei trattati si presentano ragionamenti che, riprendono la concezione di NEUMANN convenientemente aggiornata, tali ragionamenti non costituiscono dimostrazioni, sibbene interpretazioni, al lume del principio di conservazione dell'energia, di una verità scientifica dimostrata dal FELICI e solo dal FELICI.

E si può dire in altri termini; gli esperimenti del FELICI visti attraverso la concezione di NEUMANN costituiscono la verifica del principio di conservazione dell'energia, per questo ordine di fenomeni. Verifica la quale si mostra tutt'altro che superflua se si considera, in primo luogo che le memorie di FELICI seguirono solo di pochi anni la celebre memoria dell'HELMHOLTZ; in secondo luogo che appunto in questa memoria il principio della conservazione era presentato come strettamente connesso all'ipotesi che tutte le azioni fossero riducibili a forze elementari centrali, e che ora sappiamo ciò non essere vero per le interazioni fra particelle di elettricità in moto, (per quanto allora tutti gli scienziati, in omaggio alla concezione Newtoniana, pare ritenessero necessario imporsi una tale condizione nella scelta delle leggi elementari elettrodinamiche), e quindi il caso elettrodinamico non rientra a tutto rigore nell'interpretazione del principio secondo la concezione che allora

era stata presentata dallo stesso HELMHOLTZ. Se si considera tutto ciò, l'importanza dell'opera del nostro fisico pisano ci si presenta dopo molti anni assai maggiore di quello che non potesse egli stesso pensare.

Questo può dirsi in generale delle opere di scienza, anzi più in generale delle opere dell'ingegno umano: nessuna forse conserva nel tempo il pregio che si poteva attribuire ad essa appena nata; tal pregio o va diminuendo o va aumentando; la maggior parte delle opere che pure ebbero molto pregio in un primo momento, si mostrano poi, considerate una per una, meno importanti in sé, quasi direi rientrano nei ranghi, vengono assorbite in quell'insieme, che pure ha una grande importanza collettiva, perché rappresenta forse la più eletta forma della civiltà umana. Altre, poche, si mostrano per effetto dello sviluppo del pensiero, anche se da questo risultino, come è inevitabile, per vari aspetti superate, si mostrano, dico, sempre più importanti individualmente: rimangono notevoli lungo le vie ideali dell'umanità, come le pietre miliari Romane lungo le vie dell'Impero.

Una di queste pietre miliari è la prima memoria di R. FELICI sulla induzione elettrodinamica.

Le altre due memorie sono della prima una molto ampia estensione, nella quale vengono disegnate in generale, e poi seguite abilmente, linee metodiche atte ad affrontare l'arduo problema, che il FELICI aveva ereditato dal MATTEUCCI, dell'induzione entro corpi conduttori non più filiformi, ma estesi in due o tre dimensioni, e conseguono risultati chiari e importanti.

Ma la principale importanza di queste memorie e di altre più brevi pubblicate più tardi, non sta tutta nei risultati; essa in buona parte consiste nella concezione generale che le ispira, nella nobiltà e purezza classica dello stile scientifico che le informa, nei germi che esse contengono; germi fecondi di sviluppo nell'avvenire, quale la segnalazione della speciale importanza spettante al caso del solinoide neutro.

#### **Altre sue opere, la sua mentalità scientifica, la sua scuola.**

Tra gli altri lavori di R. FELICI quelli sulla « velocità della elettricità » sono ammirevoli per la finezza del metodo sperimentale e per l'interesse di particolari risultati, specialmente in riguardo alla durata ed alle vicissitudini della scintilla, ma risentono inevitabile pregiudizio dalla stessa impostazione del problema principale, il quale era stato già tentato da varii fisici, ma non era posto in termini ben definiti.

Sicché maggiore importanza hanno le ricerche sulle azioni elettrostatiche esercitate dai corpi isolanti soggetti alla influenza elettrica.

Ecco in che consiste tale importanza: il concetto di quell'ente fisico cui si riferiscono le nomenclature « potere induttore specifico, costante dielettrica, induttività elettrica », da lungo tempo introdotto, ma in modo non del tutto chiaro e univoco, era stato utilizzato nella celebre teoria del MOSSOTTI, la quale modificata e arricchita di nuovi elementi, vive anche al presente nelle moderne teorie dei dielettrici; ma esso mancava ancora di una sicura base sperimentale, il che dava appunto luogo a interpretazioni equivocate ed erronei ravvicinamenti dei veri fenomeni dielettrici con fatti di imperfetta conduzione, che significa anche imperfetto isolamento.

Siccome la modificazione che in un campo elettrico produce la presenza di un corpo dielettrico è dovuta a tutto il volume di questo, ma consiste nel sovrapporsi al campo primitivo di un altro campo vettoriale, la cui divergenza ha sede alla sola superficie del corpo dielettrico stesso, così era assai difficile, e nel concetto e nella esperienza, distinguere tale modificazione da quelle prodotte per comunicazioni di cariche e aventi per sede lo strato superficiale; era cioè difficile mettere in chiaro il puro e autentico effetto dielettrico.

Ecco, nei termini scientifici nostri attuali, ciò che seppe fare R. FELICI durante varii anni di lavoro condotto con criteri rigorosi e con tecnica raffinata e complessa, sperimentando sempre in condizioni tali da togliere qualunque equivoco e incertezza.

Egli infatti accertò che degli effetti con tali cure osservati la causa risiedeva in tutto il volume del corpo isolante, che tali effetti allo stabilirsi e annullarsi nel campo influenzante si producevano e dissipavano con una grande rapidità, per quanto non in modo istantaneo; che se vi era un piccolissimo ritardo, erano però da escludere fatti di isteresi analoghi a quelli della magnetizzazione dei corpi ferromagnetici.

Così fu finalmente e definitivamente posto su solide basi sperimentali quel concetto fisico, cioè futuro consolidati i fondamenti della teoria di MOSSOTTI, e di quelle ancora che a grande distanza di tempo la completarono.

Un altro capolavoro di tecnica sperimentale è l'*interruttore* elettrico che R. FELICI ideò e fece costruire dal suo abilissimo tecnico Mariano PIERUCCI.

Mi sono trattenuto alquanto su le principali opere di R. FELICI, perché veramente in esse la Scuola Pisana di Fisica toccò il più alto stile della ricerca scientifica.

In esse una concezione profonda coordina i singoli elementi orientandoli verso uno stesso oggetto; ogni loro parte è parte integrante di un tutto; in mezzo a tante difficoltà felicemente superate con sorprendente maestria, nessun virtuosismo sperimentale o matematico, poco

utile al raggiungimento del fine. Così avviene che, a seconda dell'argomento, in alcune di esse gli sviluppi matematici sono molto più ampi, in altre meno, in altre non figurano affatto: ma anche in quelle, sostanzialmente, la precisione concettuale e sperimentale ha sempre carattere matematico.

Assai piccola parte in quelle memorie è fatta alle ipotesi; e questa è sempre come ridotta a secondaria importanza da caute, quasi direi, scettiche riserve.

Forse nessun fisico moderno, come il nostro, si è mai conformato con altrettanta severità alla celebre massima di Galileo:

« La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'Universo; ma non si può intendere, se prima non si impara a intendere la lingua e a conoscere i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica; e i caratteri sono triangoli, cerchi e altre figure geometriche ».

Ma se facile è ammirare la profonda verità contenuta in questa massima, e vedere in essa una norma generale e invariabile del metodo, assai difficile è seguirla rigorosamente, senza lasciarsi scoraggiare dalla astrattezza logica di quegli enti puramente matematici, o lasciarsi indurre a trasformarli con la fantasia (come troppo spesso è avvenuto nella storia della scienza) in enti fisici fittizi, attribuendo loro una concretezza immaginaria, che dia nel trattarli la confortante illusione di trattare cose reali: dal che appunto rifuggiva la mentalità di R. FELICI.

Questa austerità intransigente del suo pensiero scientifico ebbe come conseguenza inevitabile che solo pochi eletti potevano avere le virtù di intelletto e di volontà necessarie per essere suoi scolari. E infatti pochi furono, ma di singolare valore; bastino questi tre nomi: Adolfo BARTOLI, Luigi DONATI e Antonio RÒTTI.

In particolare questo ultimo fu continuatore dell'opera del maestro, erede degno e fedele del suo metodo. Egli anzi, animato da nobile spirito didattico, fece quello che il maestro non aveva fatto: il libro, che diffondesse largamente la dottrina raccolta e maturata in questa scuola; libro troppo modestamente intitolato « Elementi di Fisica ». Egli così fu efficacissimo insegnante più a lettori che ad ascoltatori, perché l'Istituto Superiore di Firenze, ove fu professore per molti anni, con la sua Sezione di Scienze incompleta non inviava alle sue lezioni studenti, per i quali la Fisica fosse materia principale; ma egli concentrò il suo insegnamento personale su pochi giovani laureati, che via via furono suoi coadiutori, tra i quali per lungo tempo e in cordiale e stretta consuetudine fui io che vi parlo; e mi sento così doppiamente allievo di questa scuola.

Solo tale mia qualità, e l'affetto devoto e riconoscente che mi anima, mi danno ora titolo alla vostra benevola attenzione.

**Angelo Battelli, la sua opera scientifica, la fecondità della sua attività didattica.**

A Riccardo FELICI, che vecchio e stanco lasciò l'Istituto ormai quasi silenzioso, successe l'anno 1894 un giovane scienziato dotato di un ingegno lucido e vivace, di intuito pronto e sicuro, di sorprendente abilità sperimentale, di parola singolarmente facile ed eletta, di quasi direi febbrile attività, Angelo BATTELLI.

Una ondata di giovinezza invase allora l'aula e i laboratori, che il BATTELLI subito pensò di ampliare: fu un fremito fervido e sonoro di voci e di opere, fu un palpito di grandi speranze: la ricerca divenne rapida, quasi impaziente di indugio, la attività didattica si moltiplicò, si rivolse a tutti e insieme si valse di tutti: i numerosi laureandi furono (anzi fummo) preparatori delle lezioni, cooperatori alle ricerche, all'incremento, all'ordinamento, e anche al disordinamento, del materiale scientifico: molte cose furono fatte, molti oggetti fabbricati, alcuni anche rotti, ma nell'insieme i mezzi per gli esperimenti aumentarono.

Che importa se spesso il lavoro intrapreso con più entusiasmo che esperienza non procedeva rapido e sicuro, ma andava avanti a forza di tentativi, errori e correzioni; se, non di rado, chi dopo molte fatiche si aspettava una lode, aveva un rabbuffo? Quello che importa è che in conclusione non pochi impararono molto e nessuno fra tutti vi fu che non imparasse qualcosa; e quel che più conta in tutti si destò un bisogno sinceramente e vivamente sentito di lavorare, di studiare quel che ancora non si sapeva, di insegnare quello che si sapeva, e magari anche quello che si credeva di sapere, di progredire, di migliorarsi, di rendersi utili, e la sicura persuasione che per vivere allegramente fosse necessario non stare mai in ozio.

Era commovente vedere talora ricomparire nel suo istituto trasformato Riccardo FELICI, benvolo, mite, e *pur degno di tanta reverenzia in vista*, il quale, mentre saliva le scale tardamente, gli correva incontro agile e pronto il nuovo Direttore, con una cordialità insieme festosa e devota: certo a lui non dispiaceva quella nuova vita che si agitava là dentro, pur così diversa da quella che egli vi aveva lungamente, lentamente alimentata e condotta; penso che gli dovesse sembrare di veder sotto nuovo aspetto nel suo successore ritornato il suo maestro, Carlo MATTEUCCI.

E, come per C. MATTEUCCI, per A. BATTELLI un tentativo di trattare compendiosamente della vita e delle opere riuscirebbe vano. Le li-

nee principali della sua personalità le ho già tracciate, e del resto Egli è ancor così simpaticamente vivo nella memoria di molti di noi, che quasi non ci sappiamo render conto dei ventitré anni trascorsi dalla sua morte prematura. E pure comunemente nota è la sua opera scientifica, molto vasta e varia; specialmente le importanti ricerche sui fenomeni termoelettrici, sulle proprietà termiche dei vapori, sulle scariche elettriche. Questo piacemi rilevare, che durante la direzione del BATTELLI, la produzione scientifica, già fin da principio ricca e interessante, si andò sempre raffinando e perfezionando, come se la severa scuola del FELICI facesse sentire la sua influenza sempre più, di mano in mano che la sua diretta memoria si allontanava nel tempo.

E intanto l'edificio del laboratorio veniva in più riprese migliorato ed ampliato, fino a raggiungere una estensione più che doppia di quella iniziale.

Ho già accennato che in quella scuola la preparazione delle esperienze e l'assistenza alle lezioni era tirocinio didattico per i laureandi, e che era speciale mezzo di insegnamento scientifico la collaborazione alle ricerche. Questo metodo, efficacissimo, è però di difficile attuazione; ma Angelo BATTELLI aveva per superare tale difficoltà la dote preziosa di una singolare perspicacia nel conoscere le persone, sì da saper distribuire i compiti conformemente alle attitudini e alle capacità, anche se modeste, tra i vari giovani che lo circondavano, di modo che ne potesse risultare più o meno, si capisce, secondo i casi, ma sempre qualcosa di utile, e soprattutto, in tutti un interessamento sincero, entusiasmo per la scienza e per la scuola.

Tutto ciò, ho detto, è di difficile attuazione; ebbene, mi correggo, allora era di difficile attuazione; ora è forse impossibile, perché i giovani laureandi hanno impegni assai più numerosi e onerosi nei corsi di lezioni; e ciò è fino a un certo punto una inevitabile conseguenza del rapido sviluppo della Scienza e dell'insegnamento superiore, né vorrei parere (perché non sono) un « laudator temporis acti »; ma pur non posso fare a meno di ripensare a quel tempo con una certa nostalgia, e di domandarmi se quel che è progresso da un lato, non sia da un altro lato uno svantaggio, e non vedo come questo si possa evitare.

Ma non è ora qui né tempo né luogo per tali malinconiche riflessioni; torno dunque al mio argomento.

**Enrico Betti insigne fisico matematico, Antonio Garbasso giovane maestro dei giovani, Luigi Magri e Gian Antonio Maggi.**

Vi dicevo poco fa che col FELICI la nostra scuola raggiunse la massima fusione dell'esperimento con la matematica e che egli pur sedendo

nella Cattedra di Fisica sperimentale non fu meno matematico che sperimentatore.

Ma ora debbo pur accennare alle vicende proprie della cattedra di Fisica Matematica, dopo MOSSOTTI; e per primo ricordare l'insigne scienziato che la tenne per molti anni, e fu principale collaboratore del FELICI nella direzione del Nuovo Cimento, e pure a lungo Direttore della Scuola Normale Superiore, ENRICO BETTI.

Del quale il pensiero scientifico, sempre vigile e fecondo, si sviluppò dall'Algebra, traverso le altre forme dell'Analisi alla Meccanica e in generale alla Fisica Matematica; tanto in generale che si può dire nessuno dei campi di questa scienza restò senza qualche suo contributo; i contributi maggiori furono quelli alla teoria della elasticità, nella quale è restato celebre il teorema di BETTI, e quelli alla teoria delle forze newtoniane, e come meccanica celeste, e come elettrologia.

Con R. FELICI abbiamo una Fisica pensata matematicamente, e con E. BETTI una matematica che si va concretando in Fisica.

Dopo la morte del BETTI, la sua tradizione fu continuata in Pisa, ma per pochi anni, da Vito VOLTERRA, che era stato suo scolaro.

Non molto dopo, quasi alla fine del secolo scorso, avvenne qualcosa di molto notevole: l'insegnamento della Fisica Matematica fu dato per incarico a un giovane da poco laureato, e quindi allora a pochissimi noto, il quale doveva poi divenire uno dei più illustri scienziati, anzi uno dei più illustri uomini di Italia, ANTONIO GARBASSO.

Veramente, che molto c'era da aspettarsi da lui, già lo dimostrava, a chi lo avvicinasse, la evidente lucidità del suo ingegno, la originale personalità del suo modo di pensare, e quella sua « elegans doctrina », come si direbbe in latino con modo facile a comprendere, difficile a tradurre, la quale spontaneamente affiorava nella sua conversazione.

In altra occasione meno lieta e non meno solenne, ebbi l'onore di commemorare lo scienziato, il combattente, il fascista, Presidente (per troppo breve tempo) della R. Accademia Nazionale dei Lincei. Ora qui io debbo, restando strettamente entro il mio compito attuale, metter bene in rilievo che l'aderenza dell'insegnamento matematico a quello sperimentale della Fisica non fu mai così perfetto, come in quei pochi anni in cui A. GARBASSO, insegnante di Fisica Matematica, fu costantemente, a lato di A. BATTELLI, nell'Istituto di Fisica Sperimentale.

E voglio ricordare la infinita cordialità che egli usò con noi tutti, allora laureandi, poco di lui più giovani, che eravamo sempre stretti intorno a lui, forse non tanto desiderosi dei suoi ammaestramenti scientifici e della sua guida preziosa per le nostre tesi, quando affascinati dalla geniale versalità del suo intelletto, dalla eletta lucidità della sua

parola, dalla finezza aristocratica del suo spirito e dai suoi modi tanto affabili e fraterni.

So bene che come me, tutti quelli che allora furono intorno a lui, e che gli sono sopravvissuti, associano alla sua memoria un sentimento di gratitudine reverente e affettuosa, che rasserenando lo spirito prolunga indefinitamente in loro il frutto della sua bontà.

Ho detto quelli che gli sono sopravvissuti, perché il mio pensiero è corso a uno da molto tempo scomparso, che pur non mi rassegnò ancora a non vedere qui fra noi, tanto fu l'affetto da cui egli ed io fummo stretti l'uno all'altro. Egli occuperebbe certo qui uno dei primi posti; perché, sebbene così precocemente scomparso, ha lasciato un lavoro di quelli che restano definitivamente nella letteratura scientifica. Ed è ben giusto che nell'Istituto di Fisica, il quale è esso stesso con le sue mura, con la sua aula, coi suoi laboratori e con le sue macchine monumento agli insigni maestri i cui nomi non hanno bisogno di un materiale ricordo, in quell'istituto, l'unico pur modesto monumento personale ricordi, con le parole che vi fece incidere appunto Antonio GARBASSO, *lo spirito arguto, l'attività gioconda e la semplice vita* di Luigi MAGRI.

E debbo pur ricordare la nobiltà dell'insegnamento di Fisica Matematica che fu per molti anni tenuto nella nostra Università da Gian Antonio MAGGI, uomo di dottrina sorprendente per smisurata vastità e solidità profonda, che in particolare aveva nella Fisica Matematica un senso squisito e un orientamento sicuro; uomo di animo nobilissimo, come quello che nella vita sempre guardò in alto, e a questa visione dei valori superiori conformò le sue opere.

#### **La grande invenzione di Pacinotti in relazione con la scuola fisica pisana.**

Non posso chiudere questa mia sommaria esposizione senza fare un importante rilievo, che non a caso ho serbato alla fine, anche perché si riconnette all'argomento, che ormai siamo impazienti di sentire illustrare dal collega PESTARINI.

Quasi in principio del mio discorso (ricordate?) ho accennato ad Antonio PACINOTTI come scolaro del Padre, dei Maestri della Scuola Fisica Pisana. Non era uno scherzo, e sarebbe stato forse uno scherzo di cattivo genere; certo parrebbe strano atto di irriverenza presentare il più celebre dei professori di questa Università come il più bravo degli scolari. Né si potrebbe seriamente scusare tale prospettiva, col fatto che quando Antonio PACINOTTI fece la sua grande invenzione, era ancora studente e non aveva compiuto i 19 anni.

C'era invece in me un altro pensiero, che ora ho l'impegno di spiegarvi.

L'invenzione di Antonio PACINOTTI, ben lo sappiamo, non fu il risultato di prove, di tentativi laboriosi e ostinati, ma si formò nella sua mente come frutto di un processo logico, del quale troviamo registrati tutti i passi successivi nei suoi appunti chiari e ordinati: al momento opportuno un solo esperimento preliminare, che dette precisamente il risultato già previsto, poi durante la guerra di indipendenza, cui Antonio PACINOTTI partecipò come sottufficiale del genio, la elaborazione mentale della macchina nelle forme definitive, infine la costruzione di getto « in piccolo modellino », piccolo sì, ma completo in tutti i particolari e capace senz'altro di funzionare.

Ciò, è meraviglioso, ma sarebbe addirittura inverosimile, per chi non pensasse a quale scuola quel geniale giovinetto avesse imparata l'elettrodinamica; tenuto conto di ciò, l'inverosimiglianza è tolta, ma cresce l'ammirazione.

Perché l'essere nata tutta e intera dal pensiero, come PALLADE armata dal cervello di GIOVE, conferisce a quella grande invenzione una singolare nobiltà, una incomparabile purezza ideale.

Colleghi!

non ho parlato che di morti, ma questo non vuol dire affatto che la Scuola di Fisica Pisana sia morta. Essa è ancora viva, perché gli scolari sono, siamo ancora vivi, e in buona parte qui presenti. Per questo appunto io dovevo parlare solo dei morti.

Dei vivi altri parlerà... il più tardi possibile: per esempio in occasione del secondo centenario.