

ROBERTO VERGARA CAFFARELLI

STRUMENTI SCIENTIFICI TRA XVIII E XIX SECOLO  
NEL DIPARTIMENTO DI FISICA  
DELL'UNIVERSITÀ DI PISA

FOTOGRAFIE DI FABIO LAZZERI

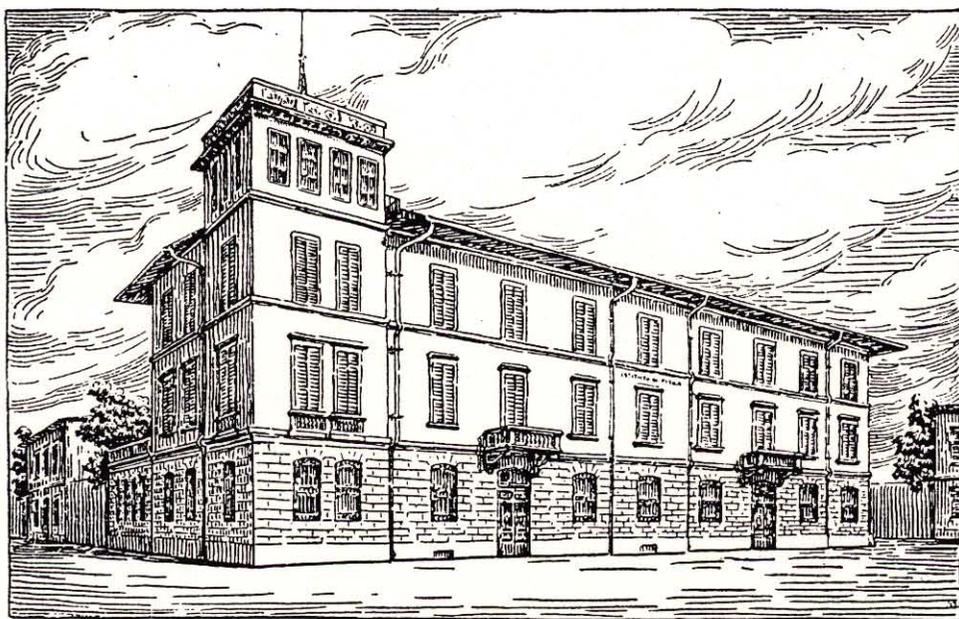
Non sono stati ceduti i diritti di autore e di utilizzazione economica di questa opera dell'ingegno, la cui stampa è stata consentita solo per questa edizione speciale e limitata.

*a Paolo Stella Richter*

*a Enrico Fenoaltea*

*con immutata amicizia*

ALCUNE NOTIZIE  
SUGLI STRUMENTI DEL GABINETTO DI FISICA SPERIMENTALE A PISA  
DALLA ISTITUZIONE DELLA CATTEDRA AL 1900



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Facciata dell'Istituto di Fisica. 1908*

I disegni di Francesco Manetti, qui riprodotti, sono tratti dalle *Notizie sull'Istituto di Fisica Sperimentale dello Studio Pisano raccolte nel settantesimo anno dalla Fondazione, venticinquesimo di insegnamento del direttore Angelo Battelli, dal professore Augusto Occhialini*. (Pisa Appresso Francesco Mariotti, Stampatore. MDCCCCXIV).

Di questo pittore ho potuto raccogliere pochissime notizie certe.

Nel Duomo, a destra dell'altare maggiore, sull'altare che si trova prima della porta della sacrestia dei Cappellani, c'è un Gesù del Sacro Cuore, su fondo oro, eseguito dal Manetti nel 1910, sistemato davanti a una tavola dipinta nel 1629 dal Bilivert, rappresentante un Cristo in croce.

Nella terza cappella del braccio destro della chiesa di S. Francesco sono di Manetti le figure di santi francescani poste ai lati del S. Antonio dipinto da Ventura Salimbeni, che formano un trittico.

Nei *Documenti pontifici riguardanti l'università di Pisa editi ed illustrati da Carlo Fedeli* (in Pisa presso Francesco Mariotti stampatore. L'anno MDMVII) a pagina XIX dell'introduzione si legge: «interprete del mio pensiero fu quel vero artista che è il nostro geniale pittore pisano prof. Manetti; la sua matita tradusse il mio pensiero, studiando con grande amore incisioni e fregi dell'epoca. Lo stabilimento Alfieri & Lacroix riprodusse in modo inappuntabile i disegni, fototipicamente».

Da notare che tra i buoni d'ingresso dell'Istituto di Fisica, che si riferiscono agli oggetti da inventariare, ce ne è uno con data del 21.9.1915, dieci mesi dopo l'edizione del libro dell'Occhialini, riguardante: «sette clichés grafici rappresentanti l'aula e i laboratori dell'Istituto. Lire 152».

Presso l'anagrafe risulta che un Francesco Manetti, figlio di Leopoldo e di Olinta Pasqui, nato a Pisa il 12.5.1875, diplomato in ornato decorativo, morì a Pisa il 9.6.1954. Il padre di costui era di Riglione, e Francesco aveva un fratello chiamato Leopoldo, come il padre.

Più persone mi hanno detto che il Manetti insegnò pittura decorativa presso la Scuola di Arti e Mestieri di via S. Frediano, in seguito chiusa per lo scarso numero di allievi. Curzio Rossi, noto come buon pittore di affreschi, fu suo assistente e divenne professore incaricato alla stessa scuola, al posto di lui, quando il Manetti andò in pensione. Mi è stato detto che ebbe lo studio all'ultimo piano di via S. Caterina n. 12.

Se, come pensiamo, il Manetti dell'anagrafe è il nostro pittore, allora il 25.9.1899 egli sposò a Cascina Maria Bruschi Mugnai, detta Giuseppina. Era già vedovo nel 1929.

§ 1. Dalla reggenza alla rivoluzione francese.

Il 19 agosto 1780 Carlo conte di Firmian, che governava la Lombardia per il giovane arciduca Ferdinando di Lorena, comunicò ad Alessandro Volta che il Governo, «per abilitarlo a estendere maggiormente le cognizioni della Facoltà, che professa», aveva deciso di fargli intraprendere un viaggio in Toscana, «dove potrà entrare in discorso con que' Letterati ed osservare esattamente i Gabinetti di Fisica Sperimentale, la struttura e il pratico maneggio de' rispettivi Istromenti [sic]». La seguente richiesta concludeva questa lettera: «V.S. Ill.<sup>ma</sup> avrà special riguardo di tenere Nota di tutte le utili osservazioni, che potrà fare in questo viaggio, per rassegnarne poi al ritorno l'opportuna corrispondente relazione»<sup>1</sup>.

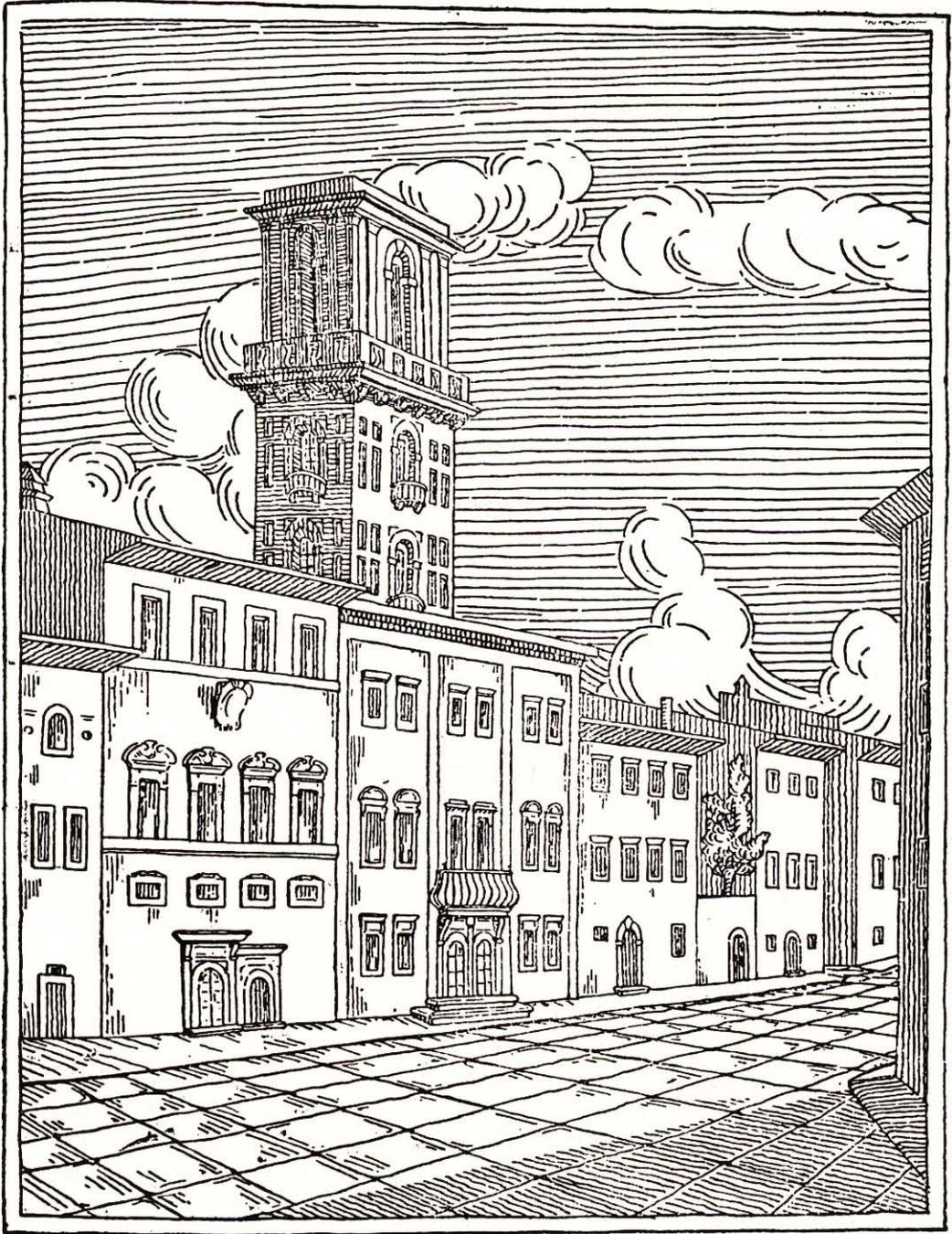
Volta, dopo esser passato per Parma e Bologna, arrivò a Firenze il 14 settembre e vi si fermò tre settimane; il tempo a disposizione gli permise di fare un giro anche a Pisa e a Livorno. Incontrò letterati, medici, bibliotecari, professori; oltre naturalmente il Granduca, e molti signori di rango: il primo ministro conte di Thurn, il principe Corsini, maggiordomo della Granduchessa, il conte d'Albany, pretendente d'Inghilterra, il duca Salviati, il cavalier Mann, il principe Cowper, il conte della Gherardesca.

Si conservano le lettere che Volta inviò al conte di Firmian: «non una, ma più mattine si passarono intiere a vedere il Gabinetto del Gran Duca assistiti dal celebratissimo Ab. Fontana, e quello di Milord Cowper, diretto dal Prof.<sup>re</sup> Guadagni, con cui si fecero anche molte sperienze, parte colle sue Macchine, ossia di Milord, elegantissime, e lavorate per la massima porzione in Inghilterra, e parte con alcune mie di nuova invenzione, che portai meco, e che lascerò in mano del sunnominato Prof.<sup>re</sup> Guadagni a richiesta di Milord medesimo, che ne vuol ricavare i disegni e farle eseguire per il suo nobilissimo Gabinetto, come già fece d'altre mie, che gli comunicai alcuni anni prima»<sup>1</sup>.

Alcune macchine gli parvero nuove e singolari tanto che ne fece ricavare il disegno dall'abate Re (che a Pavia era il suo assistente nonché bravissimo macchinista del Gabinetto di Fisica), mentre di due o tre macchine il Guadagni promise di mandargli i disegni, insieme ai pezzi di alcuni apparati elettrici e ottici, elegantissimi, che possedeva Milord, e che gli erano stati mandati dall'Inghilterra<sup>2</sup>.

In una di queste lettere Volta scrive: «A Pisa il Museo di Storia Naturale, e l'Orto Botanico mi parvero e belli e ben provveduti, ma inferiori di molto a quelli di Pavia; siccome pure la Biblioteca». Può sorprendere che non dica nulla del Gabinetto di Fisica dell'Università. Il nome del Guadagni, a cui per primo fu conferita a Pisa il 24 ottobre 1748 la nuova Cattedra di Fisica Sperimentale<sup>3</sup>, appare ripetutamente nella corrispondenza di Volta<sup>4</sup>, che dovette averne un'opinione assai positiva, se lo inserì nel 1791 insieme ad altri otto in una proposta di nomina a membro nazionale della Società Italiana delle Scienze, poi detta Accademia dei XL<sup>5</sup>.

Di lui il Cowper così scrisse a Volta il 19 febbraio 1780: «Il mio buon Amico Dottore Carlo Alfonso Guadagni che ha la bontà di dirigere il mio gabinetto è stato molto sensibile all'elogio che Voss.a Ill.a fa del suo libro: è bravo sperimentatore, e Uomo di somma probità ed onoratezza, e l'amo di tutto il core; ha poca fortuna, perché è uomo quieto e niente intrigante; pensa a sé, e prende il mondo per il suo verso: quel piccolo ajuto che gli posso somministrare, fa sì, che è ingiustamente



*Veduta del Gabinetto degli Esperimenti Fisici, a destra della Specola*

invidiato ... Mi impone di umiliarle i suoi rispetti, pienamente soddisfatto dell'elogio che Voss.a Ill.ma si è degnato fare del suo libro...»<sup>6</sup>.

Il libro lodato da Volta è certamente lo *Specimen experimentorum naturalium quae singulis annis in illustri Pisano Lyceo exhibere solet Carolus Alphonsus Guadagnius... Pisis. Anno MDCCLXXIX*. In questo volume, la cui seconda edizione era uscita pochi mesi prima, interessante sia per l'eleganza tipografica che per il contenuto, vengono presentate 220 esperienze, la cui esecuzione per lo più non richiede molto tempo e può essere seguita da più studenti insieme, senza la necessità della viva voce del maestro. In fondo al libro nove tavole recano inciso il disegno di oltre duecento strumenti.

Monsignor Cerati, provveditore dal 1733 al 1769, in una sua Memoria<sup>7</sup> aveva prospettato fin dal 1738 la necessità della nuova cattedra di Fisica Sperimentale, e aveva in seguito indicato per essa il Guadagni, medico e «soggetto dilettaante dell'Istoria Naturale»<sup>8</sup>. Nelle *Istruzioni da consegnarsi al sig. dr. Carlo Guadagni nel principio della seconda terzeria del 1749 e 50* il Cerati ricordava: «Avendo destinato S.M.I. scudi 25 l'anno per l'uso delle esperienze, ciò s'intenderà per quelle spese che sono ordinariamente necessarie in alcuni generi di esperienze. Secondo: per il risarcimento delle macchine acquistate dalla medesima M.I. in beneficio dell'Università; terzo: per la costruzione di qualche macchina nuova di poca valuta e per altri corredi della Scuola dell'Esperienze. In caso poi che per pubblica utilità si ricerchi qualche altra macchina, ovvero ordigno di maggior valore, potrà il professore dare al Provveditore dello Studio un disegno e specificazione di quanto stimerà necessario, coll'indicare all'incirca la spesa, acciò possa impetrare da S.M. la permissione d'aggiungere la somma che si stimerà conveniente. Per la buona esecuzione di questo regolamento si stima a proposito che il professore tenga un conto a parte e specifico de' predetti Scudi 25»<sup>9</sup>.

Monsignor Angiolo Fabroni, che fu per 34 anni provveditore dell'Università di Pisa, dal 1769 al 1803, attesta che il Guadagni portò da Firenze, con pochissime eccezioni, tutte le macchine che aveva fatto costruire per le sue lezioni private<sup>10</sup>. Il Guadagni tenne infatti fin da giovanissimo alcuni corsi di esperienze. Lo attesta per esempio un libriccino dal titolo: *Indice di esperienze naturali che saranno mostrate da Carlo Alfonso Guadagni dottore di filosofia e di medicina nel corrente anno MDCCXXXV in Firenze nel palazzo dell'illustriss. e clariss. sig. Senat. Cavaliere Filippo Guadagni per istruzione de' signori suoi figli e per uso ancora di alcuni associati*. Un altro libriccino, con un titolo simile ma per l'anno 1748, indica come luogo delle esperienze il palazzo Grifoni. Seguì a tenere lezioni private, sia a Firenze durante il tempo d'estate, sia a Pisa, dove pubblicò un *Prospetto d'un corso familiare di fisica sperimentale, da dimostrarsi in otto lezioni ... in Pisa l'anno MDCCLXX*.

Nell'unica pubblicazione che abbiamo sulla storia dell'Istituto di Fisica Occhialini scrive che «il Guadagni attese con molto zelo alla parte sperimentale del suo insegnamento. E siccome la dotazione del Gabinetto fino al 1778 era limitata a venticinque ducati, e naturalmente non bastava ai bisogni normali dell'insegnamento, il Guadagni anno per anno durante trent'anni provvide di suo a quello che si rendeva necessario pei bisogni didattici e scientifici. Nel 1778 il Guadagni supplica affinché gli siano rimborsate lire Toscane 1747 da lui anticipate. Dopo molte insistenze gli si concedono cento zecchini di gratificazione e tenuto conto del tanto lusso in cui ora è portata la Fisica Sperimentale si aumenta la dotazione fino ad annui ducati 40»<sup>11</sup>.

Nel 1795, in occasione del giubilamento del Guadagni, fu compilato un inventario delle macchine esistenti nel Gabinetto di Fisica Sperimentale, per la loro consegna al suo successore Leopoldo Vaccà Berlinghieri<sup>12</sup>. Sono elencate in tutto 173 voci, che includono oltre agli strumenti veri e propri: basi, cilindri, recipienti, viti, sospensori, ramaioli, padellette, vasi di latta etc. Le esperienze descritte dal Guadagni nel suo libro e il gran numero di macchine rappresentate nelle tavole fanno supporre che il Gabinetto fosse stato in precedenza più ricco di apparecchi: forse aveva avuto in uso anche gli strumenti appartenenti al «Gabinetto Guadagni», poi finiti a Brera per essere in parte distribuiti in provincia tra Como, Cremona etc.<sup>13</sup>.

Occhialini suppone che i primi 115 strumenti del citato inventario fossero «l'arredamento portato dal Guadagni al momento della sua nomina»<sup>11</sup>. Ci si può domandare se tutti disegni incisi nel libro del Guadagni corrispondano a macchine realmente esistite a Pisa, sia nel Gabinetto di Fisica come proprietà dell'Università, sia nella sua collezione personale. Il dubbio può essere giudicato impertinente, dato che l'autore lo afferma fin dallo stesso titolo, e lo ribadisce nella prefazione, dove anzi dichiara che nelle sue lezioni era solito esibire molti altri esperimenti, che non ha ritenuto di dover descrivere.

Tuttavia dopo un accurato confronto con la IV edizione dei *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata; sive Introductio ad Philosophiam Newtonianam* (Leida, 1748), dello s'Gravesande, che è nella mia biblioteca, ho potuto identificare ben 47 disegni di macchine, presenti nel libro del Guadagni, che sono identici anche nei dettagli, anche se ridisegnati in formato ridotto, con altrettanti del fisico olandese. L'interpretazione più ovvia è che le macchine furono costruite dal Guadagni secondo le incisioni, fatte disegnare dallo s'Gravesande anche nei particolari proprio per permettere ad altri di costruire delle copie. Se però si vuole rimanere imparziali, si deve lasciare in sospeso la questione, fino a che un fortunato ritrovamento non dia la documentazione della loro esistenza, proprio perché il menzionato inventario ne riporta solo una parte.

## § 2. Tra rivoluzione e restaurazione.

Leopoldo Vaccà Berlinghieri abbandonò Pisa insieme alle truppe francesi nel luglio del 1799<sup>14</sup>. Un successivo inventario venne effettuato in data 17 febbraio 1801 per la consegna delle Macchine al dott. Luigi Melegari, destinato a sostituirlo. Rispetto al precedente, questo inventario ha in più solo 12 voci, tutto ciò che aveva acquistato il Vaccà dopo aver ricevuto in consegna il Gabinetto. Di rilievo vi si notano solamente due strumenti: una macchina elettrica e un barometro<sup>15</sup>.

I continui capovolgimenti politici crearono una situazione confusa per l'Università: infatti, il mese successivo a questa consegna, il 25 marzo 1801, con decreto del Governo Toscano, il Melegari venne nominato professore di Fisica Matematica<sup>16</sup>; al suo posto invece fu destinato Gaetano Cioni, che aveva tradotto una decina di anni prima il noto Trattato Elementare di Fisica del Brisson, e che era uno dei soci aggiunti dell'Accademia del Cimento, riattivata pochi giorni prima, il 16 marzo, con il nome di Accademia Sperimentale Scientifica, sotto la protezione di Napoleone e la presidenza di Felice Fontana<sup>17</sup>.

CARLO ALBERTO SEGNINI · ROBERTO VERGARA CAFFARELLI

**ANTICHI STRUMENTI SCIENTIFICI A PISA  
(SEC. XVII-XX)**

*Con nota sull'Università di Pisa di*  
MARCO TANGHERONI



CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA,  
ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
DI PISA



ASSOCIAZIONE INTERNAZIONALE  
TOSCANI NEL MONDO  
DELEGAZIONE DI PISA

Caduto questo Governo, vennero meno anche le nomine e finalmente il 7 novembre 1801 ricevette «i capi di roba attinenti al Gabinetto di Fisica Sperimentale» Gaetano Savi, allora nominato a questa cattedra, che tenne fino alla fine del 1810<sup>15</sup>. Non abbiamo notizie dell'attività dell'insigne Naturalista in un campo così estraneo ai suoi interessi, ma non ci si può stupire nel constatare che non fece alcun acquisto per il Gabinetto di Fisica, e che nell'ultimo foglio dell'inventario, già eseguito nel 1801, il cancelliere della Imperiale Accademia di Pisa, procedendo al riscontro degli oggetti ivi descritti, potesse attestare in data 6 dicembre 1810 che: «fu ritrovato i medesimi esistere, meno alcuni oggetti che sono stati ridotti ad altro uso...»<sup>15</sup>.

L'annessione della Toscana, e l'istituzione dell'Accademia Imperiale di Pisa da parte di Napoleone, con il decreto del 18 ottobre 1810, furono le circostanze che facilitarono il passaggio della cattedra di Fisica Sperimentale dal Savi al Gatteschi. Una commissione, presieduta da Georges Cuvier, scrisse un rapporto: «tra le altre raccomandazioni, quella di aumentare i fondi per le collezioni. L'osservatorio, il gabinetto di fisica e l'anfiteatro per le dimostrazioni potevano rimanere al loro posto, ma occorreva fornire di strumenti l'osservatorio, oltretutto in stato di abbandono da due anni per la morte dell'astronomo; il gabinetto di fisica mancava della pila di Volta ed era mal fornito per l'ottica e la meccanica»<sup>18</sup>. Avvenne una razionalizzazione: Gaetano Savi, che era un botanico, poté finalmente insegnare la sua materia; Piazzini che era astronomo ma aveva dovuto insegnare Geometria e Meccanica veniva destinato alla disciplina di sua competenza.

Giuseppe Gattesco Gatteschi, chiamato a sostituire Gaetano Savi, viene liquidato dall'Occhialini con poche righe: «Nel 1810 al Savi succedette Giuseppe Gatteschi, del quale resta appena uno smilzo opuscolo, sunto delle sue lezioni sopra il magnetismo. Siamo molto lontani, non soltanto dalla rigogliosa fioritura scientifica che allora prosperava in tante scuole, ma anche dal semplice e pur efficace insegnamento del Guadagni. Ritiratosi il Gatteschi nel 1827, la Cattedra di Fisica fu tenuta provvisoriamente dal prof. Olinto Dini per cinque anni»<sup>11</sup>.

Il Gatteschi tuttavia merita qualche notizia in più. Egli infatti pubblicò nel 1805, pei tipi di Ranieri Prosperi, un *Trattato elementare sul moto ed equilibrio de' corpi*<sup>19</sup> e poi con lo stesso editore i *Prospetti di Elementi Fisico-Chimici* in cinque volumetti; opere che non abbiamo potuto ancora esaminare. Non possiamo quindi onestamente né confermare l'opinione dell'Occhialini, né esprimere una opinione differente: possiamo tuttavia dire che, se anche questi suoi scritti fossero modesti, è in ogni caso apprezzabile la sua attività di divulgazione delle notizie scientifiche e lo spazio dato alla Fisica nella rivista da lui diretta, «*Nuovo giornale dei letterati*», che in seguito sotto la direzione del Savi sarà perduto in favore delle Scienze Naturali.

Il 23 marzo 1827 il Gatteschi ebbe una grave crisi subito dopo una lezione e il giorno seguente scrisse al Provveditore che «il parlare a lungo in tuono [*sic*] cattedratico ed in pubblico non è più mestiere per me; ... voglio lusingarmi che i miei superiori, dopo trent'anni d'infessato servizio, si degneranno compatire un'inazione, la quale è solo effetto di assoluta impotenza»<sup>20</sup>. E il 7 aprile successivo «Ho comunicato all'aiuto Sig. Dini il contenuto del biglietto di V.S.Ill.<sup>ma</sup> in data di jeri. Sebbene la di lui soverchia umiltà gli faccia credere di non esser in grado di supplire alle mie poche Lezioni che rimangono a farsi, io mi sono adoprato nell'assicurarlo, persuasissimo come lo è il Pubblico che n'ebbe già distinta prova della

sua abilità, per cui può convenientemente disimpegnarsene, tanto più che io mi adopererò nel prestargli tutta la necessaria assistenza»<sup>21</sup>.

Il Sovrano Motuproprio del 2 novembre 1827, concedendo il riposo a Giuseppe Gatteschi, gli accordava una pensione corrispondente all'intera provvisione; nello stesso tempo nominava il dottore Olinto Dini supplente alla Cattedra di Fisica Sperimentale, col carico di disimpegnarne le incombenze sotto la direzione del Professore di Fisica Teorica Ranieri Gerbi<sup>22</sup>.

Il Gatteschi lasciò una collezione di Macchine notevolmente accresciuta perché nell'inventario sottoscritto il 16 novembre 1831 da Olinto Dini e da Luigi Pacinotti troviamo presenti 620 voci; trattandosi di una descrizione minuziosa il confronto con le 185 voci dell'inventario Melegari-Savi può non essere troppo significativo, tuttavia anche tenendo conto di questa osservazione e pur valorizzando al massimo il periodo 1828-1831, in cui il Dini fu responsabile della Fisica Sperimentale, non si può non riconoscere al Gatteschi il merito di aver incentivato gli acquisti di apparecchiature.

### § 3. Con le riforme, fino al primo congresso degli scienziati italiani.

Abbiamo visto che Olinto Dini rimase supplente alla Cattedra per quattro anni, fino al 1831, quando diede le dimissioni e gli subentrò Luigi Pacinotti, padre del più noto Antonio. Del periodo in cui il Dini fu attivo può essere ricordata una richiesta di porre a disposizione di Paolo Savi, professore di Storia Naturale, approfittando del suo viaggio a Parigi, la somma di 100 zecchini per impiegarla nell'acquisto di strumenti magnetici ed ottici; con questa motivazione: «Il magnetismo e la luce sono i due soggetti di cui oggi si occupano specialmente i primi Fisici della Francia e dell'Inghilterra. Sarebbe indecente per una Università come la nostra di non mettere a giorno gli studenti almeno delle principali scoperte che i fisici hanno fatto e van facendo: ma per questo si richiedono non pochi nuovi apparati e macchine che bisogna far venire da Parigi»<sup>23</sup>. Argomentava poi, come faranno in seguito anche altri, che il Savi a Parigi sarebbe stato in grado di assicurarsi della bontà degli strumenti e anche di ottenere una maggiore agevolezza nei prezzi.

Anche il Provveditore Sproni scrisse in appoggio alla richiesta, ricordando che: «il Sovrano Motuproprio del 20 ottobre 1821 tra le altre cose ordinava ai Professori Fisico-Matematici di formare una nota degli apparati necessari alle Lezioni di Fisica Sperimentale, dei quali era stata rilevata la mancanza, e che di questi fosse fatto l'acquisto preferibilmente a qualunque altra spesa non urgente con gli assegnamenti destinati al Gabinetto Fisico. Una tal Sovrana e provvidissima disposizione non poté aver la sua completa esecuzione perché la dote del mentovato Stabilimento non somministrava avanzi tali da supplire alla spesa occorrente all'acquisto degli apparati mancanti, tanto più che il Professore di Fisica Sperimentale era creditore di qualche somma erogata anticipatamente nei bisogni dello Stabilimento medesimo per rimborsarsi negli anni successivi»<sup>24</sup>. Quindi il Gatteschi era solito anticipare di tasca sua il denaro necessario per l'acquisto di apparecchiature, contando di recuperarlo in seguito. Era dunque tollerato che il professore di Fisica Sperimentale acquistasse strumenti, senza la preventiva auto-

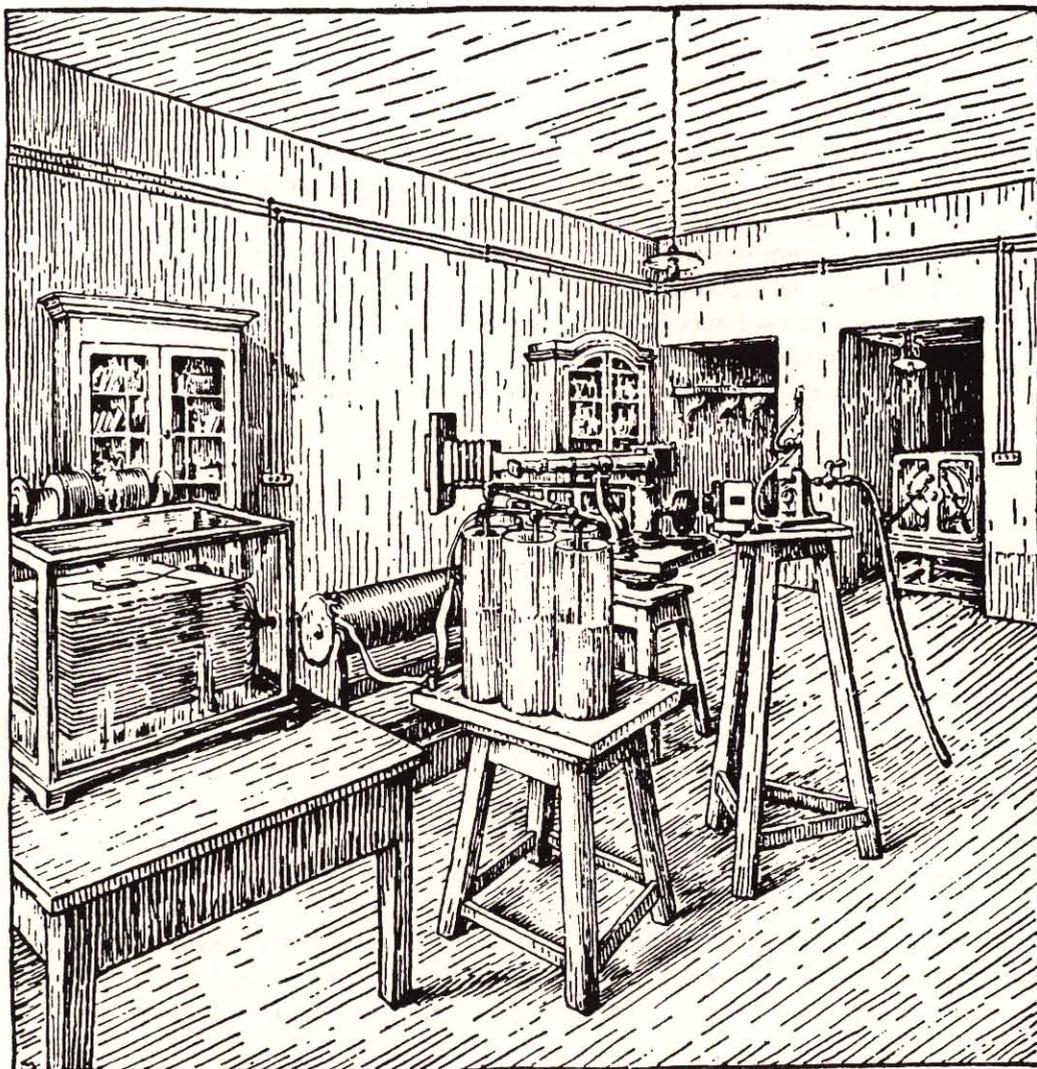
rizzazione, facendo conto sulla costanza della dotazione. Più avanti, quando dovremo occuparci degli acquisti di macchine fatti dal prof. Matteucci, vedremo eccessi, che saranno invece mal tollerati dall'Amministrazione.

Un ulteriore incremento, per numero e qualità, degli strumenti del Gabinetto di Fisica avvenne durante il periodo di Luigi Pacinotti, con acquisti di apparecchi moderni associati ai nomi di Oersted, Nobili, Bellani, Daniell, Savart, Cagniard de la Tour, Melloni, Breguet, Amici, etc.<sup>25</sup>. Una lettera da Pisa, pubblicata anonima, con la data del 15 giugno 1834, presenta un quadro generale dei progressi dei vari Istituti dell'Università, dovuti alla generosa protezione che accordava alle Scienze Naturali il clementissimo sovrano: «Mancavano le macchine necessarie per dar contezza delle recenti scoperte relative all'elettromagnetismo nella sua generalità e all'ottica; e l'annua dote del gabinetto non bastava a farne l'acquisto. Non sì tosto il generoso sovrano ne fu avvertito, che si fecero venire tutte da Parigi; e il gabinetto si ridusse così ben fornito, che nel cadente anno scolastico il valentissimo prof. Pacinotti ha potuto ripeter tutte per lo meno le più importanti, più curiose e più istruttive sperienze sui fenomeni della semplice e doppia refrazione, della defrazione [*sic*] e della polarizzazione della luce, che maestrevolmente eseguite, e non per anche vedute in Toscana hanno servito non meno al diletto, che all'istruzione. Ha pure il detto professore ripetute tutte le principali sperienze relative all'elettro magnetismo e alle induzioni elettriche, variandone sagacemente gli apparati, e riducendoli alla massima semplicità. Ha poi in tal circostanza leggermente accennate alcune sue nuove idee sul modo di riunire tra loro i vari fenomeni delle induzioni, colla dottrina delle atmosfere elettriche: ma di queste probabilmente darà contezza al pubblico egli medesimo»<sup>26</sup>.

Nel 1839 Leopoldo II realizzò una riforma abbastanza ampia dell'Università di Pisa. Istituì una cattedra di Geometria Descrittiva nella Facoltà Matematica, intervenne nella Facoltà Medica e diede «inattesa vita alla Facoltà di Filosofia e Filologia», come scrive il Provveditore dell'Università Gaetano Giorgini, che poco dopo sarebbe divenuto Soprintendente agli Studi della Toscana. Venne fatta una divisione degli insegnamenti in due Sezioni: quella di Scienze Morali, abbracciante tre Facoltà: Teologia, Giurisprudenza, Filosofia e Filologia; e quella di Scienze Fisiche, costituita anche questa in tre Facoltà: Medicina, Scienze Matematiche, Scienze Naturali<sup>27</sup>.

Importanti per le conseguenze che ebbero, essendo stati recepiti dall'Amministrazione, i suggerimenti del Provveditore per quanto concerne la Fisica: «direi utilissima l'aggiunta di una cattedra di Fisica Tecnologica e di Meccanica Sperimentale. Ciò servirebbe a sgravare il prof. di Fisica di tutta quella parte che secondo le più moderne classazioni non appartengono più alla fisica propriamente detta. Intendo parlare dello studio delle proprietà fisiche dei corpi ponderabili che più strettamente si collegano col loro uso nelle arti e nelle costruzioni di ogni genere, non che dello studio astratto delle forze e della loro comunicazione nel movimento e nelle azioni reciproche di questi corpi ponderabili. Rimarrebbe allora alla Cattedra di Fisica propriamente detta lo studio già estesissimo degli imponderabili, e solamente dei ponderabili quel tanto sopra le loro generali proprietà che è indispensabile a sapersi per raggiungere lo studio dei primi.

Siccome poi la distinzione di Fisica Teorica e di Fisica Sperimentale (ove per la prima non si intenda la Fisica Matematica o le Matematiche Applicate) non ha nessun ragionevole fondamento, le due Cattedre adesso distinte con questi titoli,



*Disegno del pittore F. Manetti*

*SALA MAGRI - Laboratorio per lo studio delle scariche oscillatorie*

potrebbero essere ridotte ad una sola, alla quale quella precedentemente indicata farebbe seguito a completamento.

Il professore di Fisica Tecnologica e Meccanica Sperimentale, avrebbe in questo tema incombenza di riprendere pei giovani arrivati ad un periodo assai avanzato della loro istruzione, l'esame fisico dei corpi in riguardo al loro uso come materiali adoprati nelle svariatissime applicazioni dell'arte dell'Ingegnere, e nella costruzione e movimento delle macchine.

Egli intraprenderebbe inoltre lo studio delle forze naturali nella veduta di valersene come motori, la gravità, l'acqua, il vento, il vapore, la forza degli animali dovrebbero essere da lui successivamente considerati sotto questo punto di vista. Quindi allo studio sperimentale e razionale delle forze in genere dovrebbe accoppiare la ostensione delle macchine semplici e dei loro effetti, quella degli organi elementari delle macchine composte, e finalmente addestrare i giovani nella composizione e nel calcolo delle macchine in genere, delle quali sarebbe suo debito far conoscere alcuni esempi più insigni». La proposta terminava suggerendo l'introduzione dell'insegnamento della Geometria Analitica «cosicché, con la riunione della Fisica Teorica alla Fisica Sperimentale, questo titolo accrescerebbe di una sola il numero delle cattedre»<sup>27</sup>.

L'esistenza in Pisa di due cattedre di Fisica, una dedicata all'insegnamento teorico, l'altra a quello sperimentale, era stata deplorata fin dal 1818 dalla *Biblioteca Italiana*, che nella recensione agli *Elementi di Fisica* del prof. Ranieri Gerbi aveva osservato: «ne resta molto a desiderare di ciò che spetta alla fisica sperimentale, massime riguardo alle sperienze e le macchine, le quali vi sono piuttosto indicate che descritte, senza soccorso di figurata rappresentazione. ... [il Gerbi] avverte sin da principio che i regolamenti della sua Università lasciano al fisico sperimentale l'incarico di confermare le teoriche colle sperienze»<sup>28</sup>.

Gerbi era stato nominato professore di Fisica fin dal 1797; la sua cattedra in passato era stata assegnata a più ordinari e lettori contemporaneamente, ed era stata chiamata indistintamente «fisica» o «filosofia naturale»; solo in seguito per distinguerla dalla più giovane cattedra di Fisica Sperimentale venne chiamata Fisica Teorica.

La soluzione di sopprimere la cattedra di Fisica Teorica fu facilitata dalla morte di Ranieri Gerbi, avvenuta il 21 dicembre 1839. In un primo momento, fin dall'inizio della malattia di Gerbi e poi per tutto l'anno accademico 1839-40, fu deciso di accrescere il numero delle lezioni del prof. Pacinotti, in maniera che egli potesse allargarsi ed insistere più che non fosse solito fare nella teoria. Gli fu riconosciuta la supplenza di Fisica Teorica il 22 gennaio 1840, con approvazione di Neri Corsini, Segretario di Stato; e fu gratificato poi con 70 zecchini<sup>29</sup>.

Successivamente il Granduca, con Motuproprio del 21 ottobre 1840, prendendo in considerazione gli affari dell'Università di Pisa per l'Anno Scolastico 1840-41, trasferì: «salvi tutti gli attuali suoi appuntamenti ... dalla Cattedra di Fisica Sperimentale a quella di Fisica Tecnologica e Meccanica Sperimentale, il Professore Luigi Pacinotti» concedendogli per tale passaggio un aumento di stipendio nella somma di trenta scudi.

Nello stesso decreto vennero nominati «alla Cattedra di Fisica il Professore Carlo Matteucci» e «il Professore Ottaviano Fabrizio Mossotti alla Cattedra di Fisica Matematica e Meccanica Celeste coll'onorario di Scudi Ottocento, comprensivo degli assegnamenti Cattedratici, e di quelli Direttoriali per l'Osservatorio se venga a ripristinarsi»<sup>30</sup>.

Luigi Pacinotti non gradì il trasferimento: «ritornato in Pisa la vista del Gabinetto mi ha acceso a fare anche quest'ultimo tentativo per amore della scienza. Mi preme che S.A. il Granduca sia persuaso che io non ho scelto la tecnologia come si è voluto far credere»<sup>31</sup>.

Matteucci non era sconosciuto in Toscana: infatti quando morì Nobili nel 1835, il suo nome circolava già quale suo probabile successore nella cattedra di Fisica al Museo di Firenze. Faraday già lo teneva per nominato, e così De La Rive<sup>32</sup>. Quell'opportunità gli sfuggì, ma ne fu ricompensato assai meglio cinque anni dopo. Humboldt aveva raccomandato spontaneamente al Granduca il Matteucci. Lo rivela il grande scienziato nella lettera che scrisse da Berlino a Matteucci il 26 gennaio del 1841: «sono infinitamente lieto nel sentire che la speranza che vi aveva fatto concepire si sia avverata, e che voi siate definitivamente professore di fisica nell'illustre Università di Pisa.... Il posto, che a preferenza vi è stato dato, lo dovete al vostro ingegno, all'importanza e alla sagacità delle vostre scoperte, anziché alla mia debole influenza. L'eccellente Sovrano del vostro paese è assai capace di conoscere il vostro merito. Sono stato sorpreso, vedendolo l'ultima volta a Pillnitz, della varietà e solidità delle sue cognizioni»<sup>32</sup>.

Matteucci aveva avuto la fortuna di conoscere a Parigi Humboldt, che si era grandemente interessato alle scoperte e alle esperienze del giovane fisico italiano, tanto da scrivergli da Potsdam il 9 gennaio 1838: «il vostro nome è salito in così alta reputazione in Germania, e massime presso l'Accademia di Berlino, che il signor Poggendorff si farà sollecito di tradurre i vostri importanti lavori»<sup>32</sup>.

Che l'influenza di Humboldt fosse stata decisiva lo fa capire lo stesso Granduca che così scriveva il 20 luglio 1844, rispondendo a una lettera di Humboldt, a proposito di Matteucci «Un autre physicien nous a été recommandé par vous, le professeur Matteucci; c'est un investigateur de la nature. Espion heureux, il mène la science, fabrique des instruments pour l'interroger, et est maintenant sur le chemin d'importantes découvertes».

Matteucci iniziò immediatamente la sua attività: «dettava subito a qualcheduno dei suoi migliori discepoli la lezione fatta. Leggevala quindi, correggevala, e mandavala allo stampatore». In questo modo già dal secondo anno accademico gli studenti ebbero a disposizione le sue *Lezioni di Fisica*, la cui prima edizione porta la data 1841<sup>32</sup>.

Tra Matteucci e Pacinotti si procedette subito alla divisione delle Macchine già esistenti nel Gabinetto Fisico, con la formazione di due distinti inventari. A Pacinotti andarono 272 tra macchine, apparecchi e oggetti vari, mentre a Matteucci rimasero ben 496 voci del vecchio inventario<sup>33</sup>. Insieme all'approvazione della divisione, in data 27 novembre 1840, vennero concessi dal Granduca 140 scudi l'anno a ciascuno per le Macchine ed esperienze. I due professori potevano «valersi dell'opera del primo e secondo Custode del Gabinetto Fisico come Preparatori delle esperienze e Custodi delle Collezioni addette a ciascuna Cattedra»<sup>34</sup>.

Il primo custode era Leopoldo Mariotti, il secondo era Amerigo Canali. Il Mariotti per la sua età avanzata e per i suoi incomodi di salute si era reso inabile a prestare quel lavoro, che per molti anni aveva lodevolmente disimpegnato. Il prof. Matteucci ne suggerì la giubilazione, a cui aderì anche il Provveditore, raccomandando caldamente che gli fossero accordati gli interi emolumenti ammontanti a scudi 190, in vista della sua età ed in premio del ben prestato servizio. Quanto al Canali, Matteucci opinò che era più atto al gabinetto di Fisica Tecnologica che a

quello di Fisica Sperimentale, di cui egli era Direttore. Il Canali venne quindi destinato al Gabinetto del Pacinotti con la provvigione di 130 scudi<sup>35</sup>. Il Mariotti venne giubilato, con il Motuproprio del 14 ottobre del 1842, ricevendo per i quarant'anni di servizio una pensione di 138 scudi.

Pur trovandosi nell'assoluta necessità di un buon preparatore e restauratore di macchine per il Gabinetto di Fisica Sperimentale, Matteucci non aveva riscontrato in nessuno dei soggetti presi in esame quelle qualità che riteneva necessarie; pertanto propose che il Canali supplisse alla mancanza del Custode del suo Gabinetto fino all'epoca in cui avesse trovato un soggetto idoneo alle delicate e precise preparazioni, che richiedevano più intelligenza che fatica materiale. Come vedremo, dopo paziente ricerca Matteucci riuscì a trovare in Mariano Pierucci quel tecnico veramente eccezionale, di cui aveva bisogno e di cui avremo modo di parlare in seguito.

Se non si voleva rimuovere anche dalla sua casa e dalla sede Pacinotti, occorreva trovare subito un locale ove far svolgere le lezioni di Fisica Sperimentale, così il 9 dicembre 1840 il Provveditore chiese alla Segreteria di Stato se le lezioni di Fisica del prof. Matteucci potevano essere tenute nell'Anfiteatro Chimico, che allora era situato nell'antica sede dell'Osservatorio Astronomico, proprio accanto alla casa che fin dal tempo del Guadagni era stata assegnata al professore di Fisica per il Gabinetto delle Macchine e come abitazione. Due giorni dopo venne l'approvazione con la raccomandazione che le lezioni di Fisica e di Chimica venissero tenute in giorni alterni e con l'autorizzazione «che per comodo del trasporto delle macchine sia riaperta quella comunicazione tra i due Stabilimenti Fisico e Chimico, che fu praticata in occasione del Congresso Scientifico tenuto in Pisa nel passato anno 1839»<sup>36</sup>.

#### § 4. L'opera di Matteucci tra insegnamento e ricerca.

Intanto già sul cadere dell'anno 1840 si pensava alla costruzione di un nuovo «Teatro di Fisica». La scelta era tra il riadattare la Fabbrica del già Collegio Ferdinando e il costruire ex novo un edificio negli orti annessi alla Fabbrica dei Gabinetti di Fisica e di Chimica. Si decise per una nuova costruzione secondo il progetto dell'architetto dell'Università, Florindo Galli, fatto di concerto con i professori Matteucci, Pacinotti e Savi, con l'approvazione di un preventivo di spesa di lire cinquantatremila settecento settantatre e soldi 19, da mettere a disposizione a rate in tre anni<sup>37</sup>.

Il 19 febbraio 1841 veniva partecipato a Gaetano Giorgini, l'antico Provveditore dell'Università di Pisa, adesso Soprintendente agli Studi del Granducato, che era stato autorizzato quanto da lui proposto relativamente alla domanda avanzata dal professore di Fisica Sperimentale per l'acquisto di alcune Macchine ed altri oggetti, secondo la nota acclusa, per il quale acquisto era stata preventivata una spesa di lire mille cinquecento cinquantasette<sup>38</sup>.

Inizia con questa prima richiesta l'azione rinnovatrice di Matteucci: il Gabinetto Fisico, nato come un «museo» destinato unicamente alla didattica, viene trasformato in un moderno laboratorio che accanto ai compiti didattici permette lo svolgimento di ricerche avanzate. Matteucci, attraverso continui acquisti di mac-

chine, portò avanti con grande decisione questa trasformazione, anche forzando la mano all'Amministrazione.

Il 10 giugno 1842 Carlo Matteucci veniva autorizzato a recarsi a Parigi durante le vacanze estive, e gli veniva concesso un anticipo sui suoi onorari di lire duemila, «da restituirsi mediante il rilascio di zecchini venticinque l'anno e ciò perché possa supplire alle spese del viaggio, e sua permanenza fuori della Toscana». Il Provveditore aveva espresso così il suo parere favorevole: gli studi del Matteucci, che sono in tanta voga, lo spingono a consultare i grandi Fisici perché il suo ingegno progredisca fra noi, come progrediscono altrove. Le macchine, di cui egli ha bisogno pel suo Gabinetto, non possono, sia per l'esattezza, sia pel loro prezzo meglio acquistarsi che da Lui in persona. Finalmente (e questo è forse il primo fine, che egli si propone) gli è necessario vedere con precisione come vada montato il nuovo Gabinetto di Fisica. Intorno a ciò non può altrove meglio che a Parigi ottenere il suo intento<sup>39</sup>.

A Parigi Matteucci acquistò senza autorizzazione un notevole numero di macchine, e ne chiese il rimborso. «Molta parte di queste macchine sono già nel Gabinetto, e le rimanenti arriveranno tra pochi giorni, essendo state già spedite. Oltre aver provveduto all'insegnamento della Fisica il Matteucci ha potuto scegliere le Macchine meglio costruite, e acquistarle al miglior prezzo possibile, come si vede nell'annessa nota»<sup>40</sup>. In questa maniera il Provveditore cercava di giustificare l'operato del professore. Il Sovrano autorizzò il rimborso di franchi 2494 e 15, ma nel Dispaccio della R. Segreteria di Stato fu aggiunto: «Essendo per altro volontà di S.A.I. e Reale che cessi l'abuso degli acquisti che si fanno di oggetti anche utili all'insegnamento dell'Università, senza preventiva superiore autorizzazione, io debbo invitare V.S.III.<sup>ma</sup> e Rev.<sup>ma</sup> di far sentire a chiunque occorra, che prima di procedere all'acquisto di oggetti che si credono utili o necessari alla Pubblica Istruzione, dovrà esserne fatta domanda formale e dovrà aspettarsi la speciale autorizzazione. In difetto di che, il compratore degli oggetti medesimi sarà il solo responsabile del prezzo e non potrà esserne di verun modo rimborsato a carico del R. Governo»<sup>40</sup>. L'elenco delle macchine acquistate a Parigi riporta 43 voci. Da notare tra queste: l'apparecchio di Savart per il rinforzo del suono, il termometro metallico di Breguet, l'orologio contatore di Breguet, la macchina elettromagnetica di Clarke, l'apparecchio di Peltier, e poi termometri, un barometro, un piezometro, condensatori, tubi acustici e per le leggi dei tubi sonori, la sirena di Cagniard de la Tour, un dagherrotipo, una coppia termoelettrica, polariscopi, etc.

Una supplica e una memoria di Matteucci, inviata a Gaetano Giorgini, veniva sottoposta alle osservazioni e proposte del Provveditore in data 29 marzo del 1843<sup>41</sup>. Nella memoria Matteucci esponeva i bisogni più urgenti dello Stabilimento da lui diretto e chiedeva i mezzi per farvi fronte. La sostanza delle sue osservazioni era la seguente: la munificenza del Sovrano ha provveduto a edificare dalle fondamenta il magnifico Gabinetto di Fisica, ormai condotto al suo termine, ma questa nuova fabbrica rimarrà inutile se non si provvede ad armadi e scaffali per collocarvi le Macchine e a quanto altro possa occorrere. La perizia dell'ingegnere dell'Università, che alla sua molta abilità congiunge anche il volere di limitare la spesa, riduce la spesa degli scaffali a lire 5013 e soldi 11. Come gli scaffali, così sono necessarie le macchine, il di cui acquisto è indispensabile almeno in quella quantità che è richiesta in un corso elementare di Fisica<sup>41</sup>.

Che poi l'antico Gabinetto sia sprovvisto di macchine per i bisogni più urgenti dell'insegnamento della Scienza, poteva agevolmente vedersi da chiunque lo avesse percorso con un corso di Fisica alla mano. Dalla qual mancanza avveniva che il professore nell'andamento delle sue lezioni era assai sovente costretto a mostrare agli studenti le macchine disegnate sulla lavagna, il che tornava non solo a danno della buona istruzione ma anche a poco onore dell'Università. L'incompletissima collezione era costituita di macchine che per la massima parte erano di sconcia costruzione e a vedersi bruttissime, inservibili allo scopo cui erano destinate, per cui erano frequentissimi i casi in cui gli esperimenti fallivano per i difetti delle macchine. La spesa per le macchine ascendeva a 17488 franchi, la quale somma avrebbe dovuto essere erogata in due anni (il Provveditore suggerirà invece ventimila lire in quattro anni)<sup>41</sup>.

Per sgravare l'erario di parte di questa spesa Matteucci aveva proposto la vendita degli strumenti e delle macchine di Astronomia. Al Provveditore sembrò poco conveniente alla dignità del Governo vendere all'estero gli Strumenti di una scienza nobilissima, non già perché fossero imperfetti ma per trarne qualche centinaio di scudi. Il professor Mossotti inoltre protestò essergli necessario qualche buon cannocchiale di cui potersi all'occorrenza giovare, per fare osservazioni utili all'insegnamento affidatogli<sup>41</sup>.

Matteucci e Mossotti convennero che le macchine astronomiche che potevano essere vendute senza danno del loro insegnamento erano solo due: lo Strumento dei Passaggi e il Circolo Murale, due strumenti di alta astronomia. Osservarono che questi due eccellenti strumenti rimanevano inutilizzati a Pisa, perché non c'era più l'osservatorio, e che quindi potevano essere utilmente traslocati all'Osservatorio di Firenze per essere messi in opera e preservati da quel deperimento, cui erano soggetti a causa dell'inazione<sup>41</sup>.

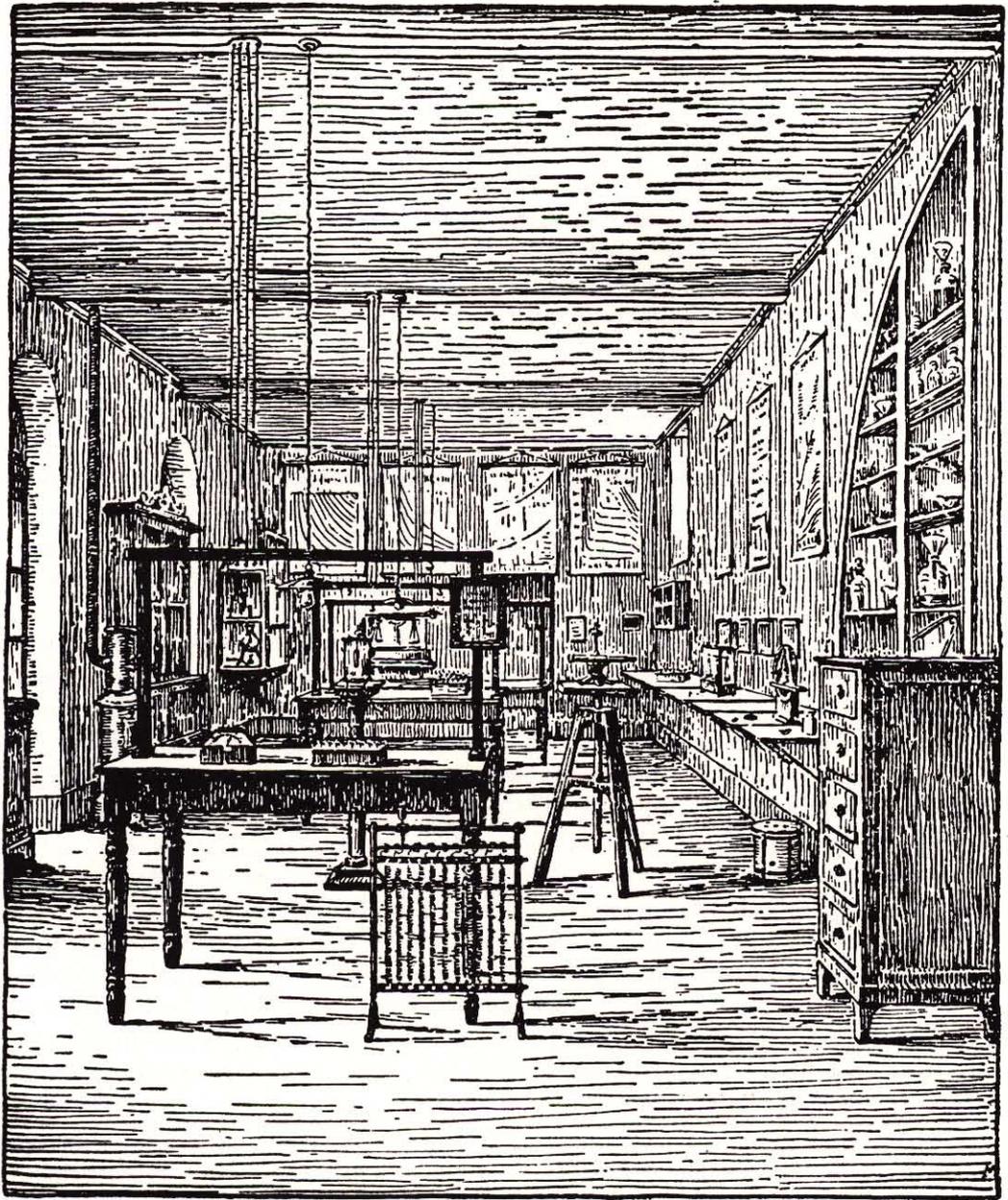
Un altro mezzo che Matteucci propose per alleviare la spesa d'acquisto di nuove macchine, consisteva nel vendere alle scuole delle città secondarie dello Stato tutte le macchine che venissero rigettate dal nuovo Gabinetto. Questo suggerimento fu giudicato abbastanza possibile e di qualche utilità.

Altre richieste di Matteucci erano: un aumento della dote annua, un macchinista e un custode. Giustificava l'aumento, sollecitando che la dote fosse portata a lire 1500, col fatto che le spese di manutenzione aumentano quando aumenta il numero degli oggetti da conservare. Voleva un macchinista eccellente nell'arte di fabbricare le macchine, ed esattissimo. Il provveditore fece sue le richieste per i mobili e per le macchine e chiese l'autorizzazione a vendere tutte quelle macchine e strumenti che non fossero servibili per il nuovo Gabinetto, il ricavato dovendo andare in conto della somma di lire 20000 chiesta per le macchine. Infine propose che le macchine di astronomia fossero trasportate nel nuovo Gabinetto, per meglio essere conservate, per servire di abbellimento e per essere utilizzate nell'insegnamento<sup>41</sup>.

In data 22 aprile 1843 dalla Segreteria di Stato fu trasmessa al Provveditore la Sovrana Risoluzione. Neri Corsini, che sottoscriveva la lettera di accompagnamento, non tralasciò di far notare che, sebbene questa Risoluzione portasse la data del 7 aprile, non era pervenuta al suo ufficio prima di quella mattina.

Meravigliosa efficienza e senso della precisione!

La Risoluzione concedeva la somma richiesta per la costruzione di armadi e scaffali e tutti i piccoli lavori contenuti nella Perizia. Era concessa la somma di



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Una sala per esercitazioni*

lire 20000, per l'acquisto di macchine e apparecchi di Fisica, da erogarsi in tre anni e quindi in tre rate di lire 6666.13.4, «dietro le opportune ricevute e documenti giustificativi». Era assegnata l'annua Dote di franchi mille e cinquecento pari a lire toscane 1785 e soldi 14, per la conservazione del Gabinetto medesimo e per i nuovi acquisti da farsi per esso di mano in mano, «ritenuto peraltro che la detta assegnazione debba aver principio dopoché quello sarà stato fornito delle Macchine ed Istrumenti necessari». Ordinava che venissero passate al Gabinetto Fisico tutte quelle Macchine appartenenti una volta all'Osservatorio Astronomico Pisano, necessarie alle osservazioni metereologiche, le altre non necessarie «ed in specie lo Strumento dei Passaggi e il Circolo Murale debbono essere alienati, per tenersi il retratto in conto delle lire ventimila assegnate per arredare il Gabinetto medesimo, ammenoché non si verifichi il caso dell'assoluta mancanza dei detti Strumenti nel R. Osservatorio Astronomico di Firenze, nel qual caso soltanto potrebbe esser conveniente farli passare nell'Osservatorio medesimo». Infine incaricava il Provveditore di «rimettere la Nota delle Macchine ed Istrumenti di Fisica giudicate inservibili per il nuovo Gabinetto, per attendere le Superiori Risoluzioni»<sup>42</sup>.

Nello stesso anno veniva aumentata di lire 600 l'annua Dote per la mercede di un custode.

Per quanto riguarda gli strumenti astronomici avremo in seguito ancora di che parlare; intanto si seppe che il R. Museo di Firenze non aveva bisogno del Circolo Murale e dello Strumento dei Passaggi. Nel comunicare questa circostanza fu sollecitata dal Soprintendente agli Studi la vendita dei due strumenti come pure di tutti gli altri strumenti astronomici inutili al Gabinetto Fisico, per tenere il ricavato in conto delle somme stanziato per il suo allestimento, come pure di preparare una nota delle vecchie macchine di Fisica reputate inservibili<sup>43</sup>.

Poco dopo arrivò all'Università una supplica del Commissario Regio di Arezzo richiedente a favore della Regia Scuola della detta Città quegli strumenti di Fisica che si reputassero superflui al Gabinetto di Fisica, dopo il suo ammodernamento<sup>44</sup>. Siamo all'11 di gennaio del 1845 e il Giorgini, scrivendo al Provveditore nella sua qualità di Soprintendente, sollecitava la nota più volte richiesta degli strumenti vecchi e superflui affinché si potesse pensare alla loro destinazione, come pure il risultato delle premure per la vendita dello Strumento dei Passaggi e del Circolo Murale.

Intanto troviamo per la prima volta il nome di Mariano Pierucci nel Sovrano Dispaccio dell'11 settembre 1845: «si seguiti anche nel futuro anno accademico a fare esperimenti del servizio che presta nelle accennate qualità [di macchinista], con che debba esser remunerato per mezzo di gratificazione come per l'anno già decorso»<sup>45</sup>.

Nello stesso dispaccio troviamo l'autorizzazione a pagare in due anni e in due rate uguali il debito contratto nella somma di lire quattordicimila ottocento due e soldi sedici, per l'acquisto di Macchine per il Gabinetto Fisico dal Professor Matteucci. Viene ordinato che «sia fatto al medesimo un adeguato monito per il nuovo arbitrio commesso nell'aver fatto acquisto degli oggetti dei quali si tratta senza preventiva autorizzazione, sebbene dovesse conoscere il tenore della Sovrana Risoluzione del 13 Gennaio 1843, con la quale gli si faceva debito di egual mancanza».

Il dispaccio veniva inoltrato al Provveditore<sup>44</sup> a cui spettava la vigilanza sull'an-

damento delle cose universitarie, con una aggravata severità, riprendendolo, per aver permesso che le Macchine acquistate senza autorizzazione fossero collocate nel Gabinetto Fisico. Gli si chiedevano inoltre i motivi perché avesse differito al termine dell'anno accademico di farsi render conto dal Prof. Matteucci della erogazione delle lire 20000 stanziata fin dal 7 Aprile 1843<sup>46</sup>.

Il Sovrano Motuproprio del 19 ottobre 1846 sul personale insegnante dispone così: «Che venga permesso al Prof. di Fisica Carlo Matteucci di nominarsi un Aiuto di sua fiducia nella persona del Dr. Riccardo Felici, limitatamente al periodo di due anni, e con lo stipendio normale di Scudi dugento l'anno; e che sia altresì permesso al Professore medesimo di valersi come Macchinista di Mariano Pierucci, con la mensile reponsione a favore di quest'ultimo di Lire ottanta». Nello stesso motuproprio si assegnavano zecchini trenta di gratificazione a Mariano Pierucci «Macchinista provvisorio al Gabinetto Fisico». Inoltre lire milleduecentosessantasette soldi sei e denari otto al Prof. Matteucci per i bisogni di vari Strumenti per il Gabinetto Fisico; «al qual Professore dovrà tornare a farsi conoscere l'irregolarità commessa, nonostante gli avvertimenti esplicitamente ricevuti, nell'aver già effettuato l'acquisto». Così vediamo il Pierucci avviarsi verso la definitiva nomina in ruolo, mentre appare il nome del Felici, che sarà il successore di Matteucci alla cattedra e alla direzione dell'Istituto di Fisica<sup>47</sup>.

Non era però facile impedire a Matteucci di acquistare strumenti. Il 22 novembre del 1848 così scriveva al Provveditore: «Nell'accompagnare il libro di amministrazione onde venga da V.S.Ill.<sup>ma</sup> approvato, non posso astenermi dal farle notare che all'oggetto di completare e tenere in corrente ai progressi della Scienza questo stabilimento che deve alla munificenza Sovrana d'essere pervenuto a un grado così distinto di celebrità in Italia e anche fuori, io fui costretto a continuare a provvederlo delle nuove macchine che si venivano inventando. Colla dote assegnata, non ho potuto riuscire ad estinguere i fatti debiti, essendo la maggior parte di quella stata impiegata e nelle spese delle Lezioni e soprattutto nelle osservazioni meteorologiche straordinariamente ingiunte dal Ministero a questa Direzione dello Stabilimento di Fisica. Onde non recare troppo aggravio all'Erario, prego tanto V.S.Ill.<sup>ma</sup> a proporre che sia la somma delle L. 6000 circa di cui questo stabilimento è debitore con vari macchinisti, pagata in sei anni a rate annuali di lire mille....»<sup>48</sup>.

Il Governo Provvisorio Toscano, per breve tempo in carica, approvò il debito, che ammontava a lire 5872.16.9 e nello stesso tempo ingiunse un'ulteriore volta di non compiere spese eccedenti la dote dello Stabilimento da lui diretto<sup>48</sup>.

Gli si ricordava continuamente il dovere che gli incombeva di non fare acquisti senza la sovrana approvazione, e così Matteucci, forse perché più sicuro di ottenere la previa autorizzazione per la autorevolezza acquisita negli anni, decise finalmente di seguire la prassi. Il 17 dicembre 1853 lo sorprendiamo a scrivere una richiesta così formulata: «Carlo Matteucci Professore di Fisica nell'I. e R. Università Toscana e Direttore dello Stabilimento di Fisica, compreso del dovere di mantenere questo Stabilimento all'altezza dei progressi notevoli e tanto rapidi delle Scienze Fisiche, affinché possa essere veramente utile per l'insegnamento e coadiuvare nelle nuove ricerche contribuendo così al decoro e alla gloria della Toscana e del suo Principe, supplica umilmente perché sia straordinariamente soccorso il detto Stabilimento di circa lire tremila trecento onde provvedere alla compra delle macchine descritte nella nota unita a questa supplica che della grazia ecc. ecc.<sup>49</sup>.

Si trattava di comprare i seguenti strumenti: «1) Macchina rotatoria specialmente applicata a tutte le esperienze sull'induzione e sul magnetismo di rotazione del Sig.<sup>r</sup> Breguet. 2) Comparatore e apparecchio per le misure di precisione che dà il 50<sup>mo</sup> e anche il 100<sup>mo</sup> di millimetro del Sig.<sup>r</sup> Froment. 3) Sferometro, altro apparecchio di precisione, del Sig.<sup>r</sup> Brunner. 4) Grande apparecchio di Biot per tutte le esperienze della polarizzazione rotatoria del Sig.<sup>r</sup> Duboscq. 5) Microscopio colla luce elettrica. 6) Apparecchio a spirali piane di Ruhmkorff»<sup>49</sup>.

Il Provveditore dichiarava di non avere argomenti per combattere un motivo così perentorio: la spesa non era tanto rivolta al profitto degli scolari, quanto a mantenere il credito alla pubblica istruzione toscana, la quale nel difetto di simili mezzi sarebbe restata stazionaria e si sarebbe resa inferiore a quella che si dava in Bologna, a Torino, a Roma, e più specialmente a Napoli. Pregava di esaudire la domanda per l'intera somma, o almeno per lire 2400, facendo i pagamenti in rate annuali di lire 600. Il Granduca approvò la spesa di lire 2400, in quattro rate uguali<sup>49</sup>.

Non abbiamo potuto ancora ben comprendere come in genere venissero tolti d'inventario e scartati gli strumenti vecchi o superati. Abbiamo già visto la proposta di venderli, ma non sappiamo se essa fu concretizzata. Come adesso vedremo, in certi casi gli strumenti vennero donati. Infatti l'Arcivescovo di Lucca chiese in dono, ed ottenne, per l'istruzione dei chierici del suo Seminario, le macchine del Gabinetto di Fisica che fossero superflue o duplicate e che potessero essere date senza danno all'insegnamento universitario. Ne fu fatto l'inventario il 1 febbraio 1856: due termometri, un eudiometro, un elettroscopio, diversi tubi acustici, un pallone per il suono nel vuoto, un ago calamitato, una calamita naturale, un apparecchio per la fontana nel vuoto, alcuni elementi di diverse pile, una piccola lente<sup>50</sup>.

E' interessante sapere che tale generosità non fu troppo spontanea: infatti dal Ministero della Istruzione venne significato al Provveditore «che d'ora innanzi non dovrà essere dato a chicchessia il mezzo di riscontrare che esistano Macchine o Strumenti duplicati in cotesto Gabinetto al fine di prevenire altre domande congeneri»<sup>50</sup>.

Matteucci, ormai più rispettoso delle vie burocratiche, il 9 giugno 1857 avanza una nuova richiesta di fondi per acquisto di Strumenti: «Dacché piacque a S.A.I. e R. il Granduca di fondare nell'Università di Pisa uno Stabilimento di Fisica che per l'ampiezza dei locali e per il numero delle Macchine non aveva pari in Italia e forse fuori, io considerai come mio primo dovere quello di conservare questo Stabilimento al livello della Scienza e di mantenerlo a quell'altezza a cui la Sovrana munificenza l'aveva portato. La dote assegnata annualmente a questo Stabilimento venendo ad essere interamente esaurita per la conservazione e per il restauro delle Macchine, per le esperienze occorrenti all'insegnamento e agli studi particolari e finalmente nel servizio addetto allo Stabilimento, io chiesi ed ottenni sempre dall'Ottimo Principe qualche straordinario soccorso, onde accrescere la collezione di quelle macchine che il rapido progresso della Fisica veniva via via aggiungendo. Io mi rivolgo oggi alla S.V.III.<sup>ma</sup> onde voglia ottenere in favore di questo Stabilimento di Fisica quello stesso soccorso straordinario di Lire annue seicento di cui ha goduto per i sei decorsi anni. Onde fornire alla S.V.III.<sup>ma</sup> il lume necessario per convincersi della necessità di questo soccorso, io le accludo una nota di macchine o di apparecchi di Fisica, dei quali con danno dell'istruzio-

ne, manca il nostro Stabilimento, e che in gran parte sono di recente invenzione...»<sup>51</sup>. La nota degli strumenti da provvedersi era la seguente: 1) Comparatore o misuratore di grossezze. 2) Apparecchio di Weber costruito da Leysen di Lipsia. 3) Apparecchio di Natterer di Vienna per la liquefazione dei gas. 4) Diversi apparecchi pel calorico specifico, per la dilatazione dei gas, vapori ecc. di Regnault. 5) Apparecchio elettrodinamico di Pouillet. 6) Galvanometro di Weber. 7) Apparecchio di Duboscq per ripetere e proiettare colla luce elettrica tutte le esperienze di ottica. 8) Giroscopio di Foucault. 9) Apparecchio di Foucault per la velocità della luce. 10) Modelli di pompe. 11) Bilancia d'analisi. 12) Saccarimetro di Soleil. 13) Vite micrometrica. 14) Serie completa di modelli di cristalli.

Matteucci per trovare nuovi finanziamenti pensa di sfruttare nuovamente gli strumenti astronomici, e scrive questa lettera al Provveditore il 29 marzo 1858: «Mi credo in debito di riferirle che alcune Macchine Astronomiche che furono deposte in questo stabilimento di Fisica, appartenenti all'antico Osservatorio di Pisa, e sopra tutto le due di maggior prezzo, cioè l'Istrumento dei passaggi e l'Equatoriale, vanno ogni giorno più deperendo, perché fuori d'uso e quindi non riguardate e non conservate. Se si considera che, secondo ogni probabilità, non sarà ristabilito un Osservatorio in Pisa, sembrerebbe naturale di ottenere dal Superiore Governo l'autorizzazione di alienare queste due Macchine prima che soffrino maggiore deterioramento, concedendone il ritratto agli Stabilimenti di Fisica e Chimica i quali ne risentirebbero un notevole vantaggio»<sup>52</sup>. Il 19 agosto 1858 il Ministero della Pubblica Istruzione autorizza Matteucci (che era a Parigi) a trattare la vendita delle Macchine astronomiche del cessato Osservatorio pisano, o il baratto con altre Macchine e Apparecchi necessari all'insegnamento della Fisica<sup>52</sup>.

Matteucci, arrivato a Parigi, scrive il 7 luglio al Provveditore Puccioni: «da che sono qui in mezzo a tanta gente illustre che mi fa vedere con tanta bontà le cose nuove della scienza, è un gran dolore per me, non avere il modo per comprare tutte quelle macchine che metterebbero il nostro Gabinetto al livello del progresso della Scienza. Capisco che non è il momento per farvi una domanda [...] di denaro, ma almeno vediamo se alienando quelle macchine, che deteriorano tutti i giorni e che ci sono inutili, possiamo riuscire a cambiarle in cose utili e nuove»<sup>52</sup>.

Da Ginevra il 28 luglio Matteucci scrive di nuovo al Provveditore: «E' mio debito far conoscere alla S. V. Ill.<sup>ma</sup> che nel mio recente soggiorno fatto a Parigi, ho avuto l'occasione di esaminare alcune macchine che ho riconosciute essenziali per l'insegnamento e che sarebbe perciò necessario di provvedere pel Gabinetto di Fisica di Pisa. Trattandosi di macchine di prima necessità e riflettendo all'economia che v'è nella spesa del trasporto a fare una cassa sola e una spedizione sola piuttosto che diverse, io prego la S. V. Ill.<sup>ma</sup> a [...] ottenere dal Superiore Governo l'approvazione che l'assegno annuo straordinario che deve essere pagato al Gabinetto di Fisica sia, per le due rate successive dell'anno 1859 e del 1860, anticipato in una unica da pagarsi dal primo del prossimo novembre dell'anno corrente. In questo modo con un aggravio piccolissimo per le finanze si può ottenere il grande vantaggio di non ritardare maggiormente al professore l'uso d'alcune macchine destinate a far conoscere le teorie fisiche le più importanti. A questo fine le unisco la nota delle macchine che considero necessario il provvedere. Nella speranza che il Superiore Governo vorrà mantenere il nostro Gabinetto di Fisica nel suo lustro primitivo ho messo nella nota una macchina elettromagnetica di grande effetto,

che è però fuori di quelle di cui credo indispensabile l'acquisto»<sup>53</sup>. Segue una «Nota di Macchine di Fisica da acquistarsi per lo Stabilimento dell'Università di Pisa». È interessante conoscerne il contenuto: macchina rotatoria per mostrare il riscaldamento sviluppato in un disco metallico rotante dal magnetismo (franchi 300); macchina per la luce elettrica costante destinata a supplire alla luce solare nelle esperienze di Ottica (franchi 40); eudiometro di Golaz (franchi 40); sirena acustica (franchi 40); macchina elettro-magnetica di Ruhmkorff di piccole dimensioni (franchi 300). Col trasporto circa lire 1300.

Matteucci informava inoltre che la macchina elettro-magnetica di Ruhmkorff di grandi dimensioni, capace di dare una scintilla lunga 24 centimetri, in grado di sostituire in tutte le esperienze le macchine elettriche, costava franchi 1000 e quindi col trasporto la spesa totale sarebbe salita in questo caso a duemila lire.

#### § 5. I sette lustri della direzione di Riccardo Felici.

Il 5 ottobre 1856 Riccardo Felici veniva dichiarato professore aggregato alla Facoltà di Scienze Naturali, «con la provvisione complessiva di scudi trecentocinquanta l'anno, ferme restando tutte le ingerenze che presentemente disimpegna, non escluse quelle di Aiuto alla cattedra di Fisica»<sup>54</sup>.

Il Felici continuava a sostenere l'attività didattica precedente, oltretutto divenuta più pesante da quando Matteucci aveva avuto la direzione dei Telegrafi. Ci si rende conto di ciò leggendo quanto il Ministro della Pubblica Istruzione aveva comunicato al Provveditore in data 8 ottobre 1852, informando dell'approvazione da parte del Granduca delle seguenti proposizioni: «che in vista dell'incarico della direzione degli Uffici telegrafici affidato al Prof. Cav. Carlo Matteucci, l'insegnamento della Fisica debba, fino a nuove disposizioni, procedere colle seguenti norme: a) Il corso di Fisica si comporrà di quattro lezioni la settimana; b) Il Prof. Carlo Matteucci dovrà fare una lezione per settimana; c) L'Ajuto Dott. Riccardo Felici farà le altre tre lezioni, le quali si aggireranno su tutte quelle teorie che è permesso svolgere dentro l'anno accademico, in un Corso regolare di Fisica, ferma stante la di lui attuale provvisione di scudi trecento; d) Sarà in facoltà del Prof. Matteucci di dar lezione in luogo dell'Ajuto, mantenendo però l'ordine del Corso; del quale il programma sarà da lui stesso e dalla Facoltà approvato; e) Al principio dell'anno scolastico il Prof. Matteucci rimetterà alla Direzione accademica il Programma del Trattato di Fisica che esso svilupperà nell'anno, e quello del Corso ordinario di Fisica che dovrà dare l'Ajuto; f) Il Corso del Prof. Matteucci abbraccerà le lezioni sui fenomeni fisicochimici dei Corpi viventi, ed i Trattati speciali da darsi successivamente nei vari anni, sul calore, sulla elettricità, sul Magnetismo, sulla Meteorologia e sulla luce; g) La quarta lezione da darsi dal Prof. Matteucci sarà obbligatoria per tutti gli Scolari cui è ingiunto l'intervento alla Fisica: ed i temi in questa lezione trattati, dovranno porsi in una borsa a parte, affinché su di essi cada un esperimento speciale in tutti gli Esami sulla Fisica; prolungando a tal fine di dieci minuti il tempo a ciascuno esame assegnato»<sup>55</sup>.

La sua situazione era ben chiarita nella lettera che, forse d'accordo con il destinatario, Felici scrisse a Matteucci allo scopo di far arrivare le sue considerazioni al Provveditore, perché valutasse l'opportunità di un nuovo Aiuto. In sostanza il



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Il laboratorio dell'Aiuto*

Felici diceva: l'Insegnante deve non solo pensare alla lezione giornaliera, ma deve migliorare le vecchie esperienze e occuparsi di nuove o di più semplici, per accompagnare le novità della Fisica. Perché siano decentemente montate le nuove esperienze, bisogna studiarle con molta antecedenza. Abituamente è l'Aiuto che si occupa di ciò, sotto la direzione dell'Insegnante. Quando si è nello stesso tempo Professore e Aiuto, si ha appena il tempo di mettere sul tavolo gli apparecchi più noti e ordinari. Si è quindi costretti a tralasciare parti anche elementari e fondamentali del programma: quasi nulla si fa di Calorimetria, benché necessaria per il fisiologo; dell'Ottica a mala pena si fanno le prime leggi della riflessione e della rifrazione. A Pisa negli esami successivi si richiede la conoscenza completa di quelle parti della Fisica di cui hanno bisogno la Fisiologia, le Matematiche e le Scienze Naturali. Quindi l'incompletezza del corso deve essere dichiarata agli altri professori, per discarico di coscienza<sup>56</sup>.

Tutte queste considerazioni, ampiamente svolte, furono così convincenti che arrivò subito un nuovo aiuto, nella persona di Olinto Cocchi<sup>57</sup>.

Qualche anno dopo, per esattezza il 13 maggio 1859, il Governo di Toscana, con suo Decreto nominava «Riccardo Felici, Professore aggregato alla cattedra di Fisica in codesta Università, al grado di Professore effettivo, con la provvisione stabilita da Ruoli presenti, stando fermi gli obblighi assegnati al Prof. Commend. Carlo Matteucci»<sup>58</sup>.

Poco dopo il *cambio della guardia* era sanzionato da un decreto del Governo Toscano, «Regnando S.M. Vittorio Emanuele», firmato dal Primo Ministro B. Ricasoli e controfirmato dal Ministro della pubblica Istruzione C. Ridolfi, così redatto: «Considerando gli utili servigi prestati allo Stato dal Cav. Commendatore Prof. Carlo Matteucci ed il lustro derivato alla Toscana e alla Scienza dai suoi dotti studi. Volendo provvedere al Pubblico Insegnamento in quella parte che il prefato Professore può solo disimpegnare, attese le sue ingerenze come Direttore dei Telegrafi Elettrici e lo stato di sua salute.

Decreta — Art. 1°. Il Prof. di Fisica Cav. Commend. Carlo Matteucci resta incaricato di dare nella Università di Pisa un corso libero sui fenomeni fisicochimici dei corpi viventi. — Art. 2°. Gli è assegnata una somma annua speciale di lire italiane mille per continuare i suoi studi sperimentali ad incremento della scienza. — Art. 3°. Passando il Gabinetto di Fisica e la dote relativa sotto la direzione del Professore titolare di Fisica, al Cav. Commendat. Prof. Carlo Matteucci in benemerenzza d'averlo fondato e per sì lungo tempo diretto, resterà il titolo di Direttore onorario del Gabinetto medesimo. — Art. 4°. Il Ministro della pubblica Istruzione è incaricato della esecuzione del presente Decreto. Dato li nove Novembre 18cinquantanove»<sup>59</sup>.

Il giorno successivo, il Ministro della P.I., Cosimo Ridolfi trasmetteva al Provveditore copia autentica del decreto del Governo della Toscana, di stessa data, nel quale si nominavano i professori, gli aiuti, i supplenti, nelle due Università di Pisa e di Siena conforme al Ruolo normale già stabilito con decreto precedente<sup>60</sup>. In questo giorno Riccardo Felice diventa il nuovo Direttore del Gabinetto di Fisica, il secondo della sua storia italiana, il nono della sua lunga storia toscana.

Pochi giorni dopo la sua nomina, il 20 novembre vediamo Felici alle prese con un vecchio problema, per cui è interpellato, insieme a Matteucci, dal Provveditore, il cui parere era stato a sua volta sollecitato dal Ministero della Pubblica Istruzione: «Il Padre Antonelli, Direttore della Specola Ximeniana, ritenendo che

nel Gabinetto di Fisica di codesta Università giacciono inoperosi e così vadano a deperire naturalmente; fra gli altri Strumenti astronomici, il Cannocchiale dei Passaggi e la Macchina equatoriale o parallattica, da circa 40 anni fa [*sic*] acquistati dal Governo dalla famosa fabbrica di Monaco in Baviera, chiederebbe che que' due Strumenti passassero alla mentovata Specola, dove sarebbero da lui ben ricettati, ben custoditi, in deposito, e gli servirebbero alle osservazioni astronomiche che di mano in mano gli occorrono. Il Ministero della Pubblica Istruzione prima di dare sfogo alla inchiesta del P. Antonelli, bramerebbe sapere da V.S. Ill.<sup>ma</sup>, se i domandati strumenti sono inutili per codesto Gabinetto di Fisica, se veramente per inazione possano deperire e se si possano allontanar di costà per collocarli in deposito nella Specola Ximeniana, senza pregiudizio né offesa di chicchessia». Ed ecco la risposta che credo abbia messo una pietra sopra tutti i tentativi di alienazione di questi preziosi strumenti: «8 Dicembre 1859. Eccellenza. Nel rimettere a V.S. le due lettere del Professore di Fisica Riccardo Felici e del Professore Carlo Matteucci, che ho voluto pure interpellare, sopra i desideri di Padre Antonelli, concernenti il trasporto a Firenze degli Strumenti Astronomici di cui parla la Officiale di V.S. del dì 28 Novembre decorso, debbo significarle che allorquando il Prof. Matteucci propose la vendita o il baratto di siffatti strumenti nell'interesse del Gabinetto Fisico, si elevò nei professori una opposizione che resisteva con modi però convenienti a tal vendita, o baratto; talché lo stesso Prof. Matteucci che conobbe l'opinione dei suoi colleghi disse a me che conveniva sospendere le trattative incominciate. Avvertito questo fatto io lascio alla di Lei somma prudenza il prendere quella risoluzione che crederà la più utile e mi confermo con distinto rispetto»<sup>61</sup>.

Siamo un pò al *redde rationem* della amministrazione tenuta in maniera così personale da Matteucci. Felici vuole iniziare senza debiti, ma come vedremo i debiti c'erano. Si pensa a un sotterfugio e il nuovo Direttore scrive la seguente lettera, o supplica, al Ministro: «Eccellenza. Il Gabinetto di Fisica Sperimentale cominciò, come l'E.V. ben sa, in questa Università ad essere sotto la direzione dell'Illustre Prof. C. Matteucci arricchito di molte macchine, ed a formare uno dei più bei ornamenti dell'Università stessa. Ma in questi ultimi anni lavori di fisici distinti avanzarono e perfezionarono in guisa tale la parte della fisica che si deve esporre nelle pubbliche lezioni, che la dote annuale non bastando per l'acquisto dei nuovi apparecchi, bisognò ricorrere al Governo per sussidi straordinari. Così fu fatto dallo stesso Prof. Cav. C. Matteucci. Ma nondimeno mancano sempre in questo Gabinetto alcuni apparecchi, necessari sempre per ripetere in Lezione delle esperienze ormai troppo comunemente narrate nei trattati moderni di Fisica e troppo importanti per potersi tralasciare. E dunque per finire l'opera condotta già a così buon punto dal Prof. Matteucci, per finire di corredare questo Gabinetto delle macchine le più utili allo stato attuale dell'insegnamento della Fisica, che io vengo a pregare la E.V. per ottenere in sussidio straordinario la somma di due mila franchi. E quando la E.V. accoglia [*sic*] favorevolmente la mia domanda, poter ricevere quella somma in rate bimestrali, come in uso colla dote annuale, o in quel modo che più piacerà alla E.V. [...]. A S.E. il Marchese Cosimo Ridolfi, Ministro della Pubblica Istruzione. Pisa, 8 dicembre 1859»<sup>62</sup>.

Nell'incartamento ci sono tre documenti numerati. Il primo è una nota, così redatta: «Lista di macchine costruite dal Laboratorio Pierucci, per conto dell'I. e R. Stabilimento di Fisica, dal 1° Gennaio 1856 a tutto il 16 Dicembre med.º.

Costruito un induzionometro a spirali piane del Prof. Matteucci. L[ire] 100. idem, altro d<sup>o</sup>. a spirali cilindriche, i d<sup>i</sup>. induzionometri per servire a elettricità in corrente. 80.

Costruito un commutatore di nuovo modello per servire a raddrizzare le correnti, tutto in ottone e montato sopra una base in acaju. 100.

Costruito l'apparecchio del Prof. Matteucci per studiare le correnti sul disco di Arago. Disco rotante col mezzo di una manivella [sic] e scandagli mobili attorno di un cerchio concentrico al disco. 100.

Fatta l'aggiunta del volano alla guasta macchina di rotazione di Breguet, fattovi un commutatore nuovo. 160.

Per n. 60 elementi di Pila alla Bunsen di misura ordinaria. 300.

Somma. L.[ire] 840.

N.B. Della retro nota dichiaro di aver ricevuto in acconto a tutto questo giorno 5 Gennaio 1860 lire quattrocento per le quali ne ho rilasciato ricevuta nei diversi tempi che mi sono stati somministrati i d<sup>i</sup>. acconti. M. Pierucci».

Il secondo è una dichiarazione sottoscritta dal Matteucci: «La macchina d'induzione ordinata al Sg. Rumkorff di Parigi è valutata a franchi ottocento. Pisa 4.1860».

Il terzo documento è una specie di fattura o nota di debito, in carta intestata di J. Duboscq «Costructeur d'instruments d'optique. Rue de l'Odéon. N. 21. à Paris» in data 22 settembre 1859, per un totale di 587 franchi, in cui erano elencati 10 oggetti, tra cui l'apparecchio di interferenza di Brewster, un fotoscopio di Becquerel e un fotometro di Foucault.

La lettera informativa al ministro in data 7 gennaio 1860, probabilmente del Provveditore, è estremamente interessante e la riportiamo per intero: «Eccellenza. Dopo molte e varie ricerche che ho fatte al Prof. Riccardo Felici, per rintracciare i motivi che potrebbero giustificare la richiesta delle 2000 lire italiane che formano il soggetto dell'annessa petizione, mi sono dovuto finalmente persuadere che non si tratta già dell'acquisto di nuovi apparecchi, destinati a completare il corredo di macchine del Gabinetto Fisico, come apparisce dalla domanda, ma invece di soddisfare [sic] ad impegni già presi dal Prof. Matteucci, che erano al di sopra della Dote ordinaria, o che colle Doti degli anni scorsi non erano stati saldati; di questa ultima specie è il conto di Mariano Pierucci, cominciato nel 1856, e rimasto insoluto per L. 440, come si rileva dal conto stesso di N. 1. Nella seconda specie sono una macchina ordinata a Parigi al Fabbricante Rumkfort [sic] dal Prof. Matteucci non peranche pervenuta al Gabinetto, ma che si dice essere già spedita, per il prezzo di franchi 800, o Lire Toscane 952.7.8, ed un conto per vari Istrumenti di Fisica ordinati dal ridetto professor Matteucci al Costruttore Duboscq nel settembre 1859, per il prezzo di Franchi 587, pari a L. 698.16.1, parte dei quali sono pervenuti, parte si attendono di giorno in giorno.

Il prof. Matteucci era solito ogni anno di ordinare a Parigi delle macchine e degli strumenti, senza il previo consenso del Governo, che scendeva poi ad approvare tali ordinazioni, aumentando la dote di qualche annua somma, perché il Matteucci diceva di avere ottenuta una dilazione al pagamento; ma in quest'anno le ordinazioni del Matteucci non sono state, come pare, consentite dai Fabbricanti col patto di prendere il prezzo a rate annue, e perché il citato professore non rimanga esposto ad anticipare di proprio le due somme della seconda specie, pare che la prudenza governativa debba prevenire questi inconvenienti. Quanto poi al

conto del Pierucci, si potrebbe rimproverare l'indolenza praticata nel non saldarlo, ma anche su questo bisogna che il Governo intervenga, e ripari a tale oblio, e si adatti a sborsare la somma di cui il Pierucci stesso è tuttora creditore, onde fare nella gestione del Gabinetto di Fisica un capo saldo per non offendere la dote che deve destinarsi ai bisogni avvenire dello stesso Gabinetto. E poiché la somma totale che occorre per fare il riferito capo saldo non eccede la somma di L. 2091.3.9, io ho obiettato al Felici che il di più ch'egli chiede fino a 2000 lire italiane non avrebbe alcun titolo razionale, e la di lui risposta è stata adesiva a questo mio rilievo; quindi io proporrei che V.E. ordinasse che la Depositoria passasse al Prof. Riccardo Felici L. 2091.3.9 per mettere in perfetta quiete l'amministrazione del Gabinetto di Fisica, colla condizione che stesse in avvenire nei limiti più stretti della dote perché il Governo non si presterebbe a dare altri soccorsi. E nel pregare V.E. di ritornarmi i tre documenti qui acclusi, mi giova ripetermi con tutto il rispetto...»<sup>62</sup>.

Qui termina la minuta; la conclusione della vicenda arriva dal Ministero il 10 gennaio 1860: «...il Governo della Toscana in esito della relativa domanda fattane dal Prof. Riccardo Felici, ha concesso con Risoluzione di questo giorno una assegnazione straordinaria di L. 2091.3.9. al Gabinetto Fisico di codesta Università, per supplire ad acquisti di nuovi apparecchi e macchine dovuti fare per il gabinetto medesimo a tutto il caduto anno, pei quali non è bastata la dote annua a quello assegnata»<sup>62</sup>. La firma di Cosimo Ridolfi suggella diplomaticamente questa ultima schermaglia. Che la dotazione del Gabinetto di Fisica fosse insufficiente lo afferma ufficialmente il decreto del Governo della Toscana, emanato il 9 novembre 1859, che è di questo tenore: Regnando S.M. Vittorio Emanuele — Il Governo della Toscana — Considerando che per corrispondere allo scopo, cui sono destinati gli Stabilimenti universitari debbono essere provveduti di un sufficiente assegnamento, e che il decreto del 28 ottobre 1851 ridusse alcune Doti dei detti Stabilimenti in modo da renderli insufficienti al bisogno — Decreta — Le annue dotazioni degli Stabilimenti Universitari saranno quelle che appresso nella Università di Pisa — Della Biblioteca Lire Italiane 6000 — Del Gabinetto di Fisica 2000 — Del Gabinetto di Chimica 3500 — Degli Stabilimenti Anatomici 2000 — Del Gabinetto di Fisiologia 1000 — Del Giardino Botanico 4000 — del Museo di Storia Naturale 6000 — Del Gabinetto di Mineralogia 500 — Del Gabinetto di Fisica Tecnologica 1300 — dell'Istituto Agrario 1200 — Per le esperienze di tossicologia 200»<sup>63</sup>.

Con il 1860 termina il secondo versamento dell'Università all'Archivio di Stato di Pisa. Il resto della documentazione, che è conservato dall'Università non è ancora accessibile, e rimandiamo a un'altra occasione l'analisi particolareggiata dell'amministrazione Felici. Possiamo però dare alcune informazioni ugualmente interessanti perché abbiamo in Dipartimento gli inventari al 31 dicembre per gli anni 1880 e 1890, nonché tutti i «bollettari» dei «buoni per l'introduzione» che iniziano dal n.1 in data 13 giugno 1881 e arrivano sino al 25 maggio 1955, con la perdita di un solo blocco che copriva il periodo 1904-1915.

Un rapido controllo ci ha fatto vedere che il Felici nel periodo 1880-1890 non ha mai speso più della dote. Infatti dagli inventari risulta per differenza una spesa per macchine di lire 17230 nell'arco dei dieci anni mentre per libri erano state spese lire 2573. Dai bollettari manca il primo semestre '81, tuttavia si arriva in nove anni e mezzo a una spesa di lire 19275, che include le voci «materiale e

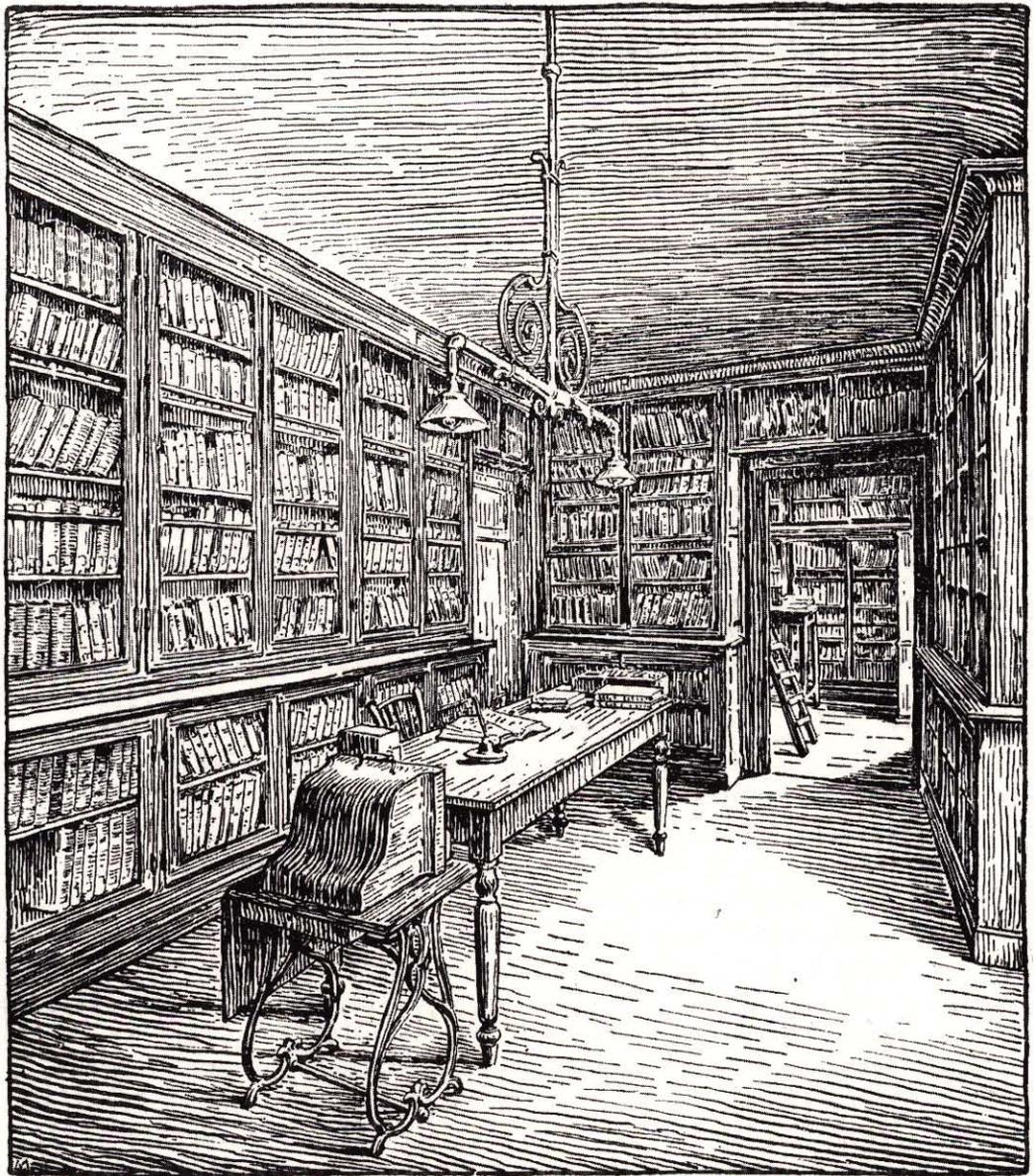
mobili». Siamo quindi in perfetta media con la dotazione annua di lire 2000, del decreto del 1859.

L'ultima bolla d'ingresso firmata dal Felici ha la data del 31 ottobre 1893. Con il nuovo anno accademico gli succedeva Angelo Battelli.

#### § 6. Mariano Pierucci, meccanico dello stabilimento di fisica.

Dell'abilità di Mariano Pierucci v'è una chiara testimonianza nelle cose che si conservano di lui sia a Pisa che in altri luoghi, per esempio a Firenze presso la Fondazione Scienza e Tecnica, che ha molte sue opere nella collezione di strumenti dell'antico Istituto Tecnico Toscano. La stima che ne ebbe Matteucci è attestata dal seguente episodio. Matteucci per motivi di salute aveva deciso di affittare una villetta distante da Pisa un mezzo miglio; perciò sarebbe rimasto disabitato l'appartamento costruito nel nuovo edificio per abitazione del direttore del Gabinetto Fisico. Tuttavia era pericoloso lasciare incustodite, benché protette da buone serrature, le macchine costose conservate nel Gabinetto. Matteucci suggeriva di dare alloggio nel detto quartiere alla famiglia di Mariano Pierucci «abile e onesto macchinista del Gabinetto, perché sorvegliasse le macchine e sapendosi che il quartiere è abitato si evitassero i maggiori pericoli»<sup>64</sup>. Il Provveditore «in vista dei danni che potrebbero avvenire e della buona condotta di Mariano Pierucci» dava il suo parere favorevole, ferma restando la responsabilità assunta da Matteucci sulla conservazione degli infissi e di tutto quanto era affidato alla sua custodia, dovendo durare fino a che al R. Governo o a Matteucci non piacesse di revocare la concessione<sup>64</sup>. Tutto ciò avveniva tra la fine del 1855 e l'inizio del 1856. Sappiamo però da Nicomede Bianchi che dall'anno 1850 all'aprile del 1854, Matteucci abitò Corliano, «villa signorile situata ai piedi delle colline pisane a venti minuti sulla ferrovia da Pisa... in quella tranquilla campagna, Carlo condusse a termine alcuni dei suoi lavori scientifici più importanti». Pertanto l'appartamento destinato al direttore dello stabilimento Fisico doveva essere poco abitato fin dal 1850. Continuando la lettura della biografia si viene a sapere che Matteucci lasciò Corliano nel 1854 perché aveva acquistato una villetta vicino a Pisa, ove «ebbe ben tosto il suo spazioso laboratorio al piano terreno»<sup>65</sup>. Perché si disse allora che la casa in campagna era stata presa in affitto? Si può pensare che nascondendo un trasloco definitivo si facilitasse l'assegnazione dell'appartamento al Pierucci.

Per illustrare la sua qualità di costruttore, basterebbe mostrare la sua Macchina di Atwood, conservata presso la Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze. L'autenticità della attribuzione, più che dalla sua firma, è attestata da questa lettera del Ministero della Istruzione pubblica che ha la data del 22 marzo 1854 al Provveditore del Pubblico Studio di Pisa: «Il Cav. Direttore del R. Istituto Tecnico di questa Capitale commise al Macchinista Mariano Pierucci la costruzione della Macchina di Atwood da servire ai bisogni di quello Stabilimento. Avendo il Pierucci condotto a termine tal lavoro, il mentovato Direttore desidera che sia veduto ed esaminato, prima di farlo trasportare a Firenze, da persone competenti, onde esser certo che la Macchina agisca nel modo conveniente; che sia eguale per la dimensione e per la funzione a quella costruita a Parigi nella Officina del Signor



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Una stanza della Biblioteca*

Deleuil (la quale si possiede da codesto Gabinetto Fisico); e che sia fornita del necessario apparecchio per effettuare il distacco del peso col mezzo di una calamita temporaria. Ed io invito V.S.Ill.ma a pregare alcuni dei Professori di cotesto pubblico Studio, che Ella stimi più idonei all'uopo, a fare la ispezione della quale si parla, ed a riferire se la Macchina abbia tutti i pregi che deve possedere»<sup>66</sup>.

Di Mariano Pierucci abbiamo trovato una sola lettera; quella che scrisse al Provveditore dell'Università di Pisa l'8 marzo 1860: «Il sottoscritto devoto servitore dell'Eccellenza Vostra, nella sua qualità di Meccanico del R. Stabilimento di Fisica di questa Università, espone che per causa di maggiori incombenze sovvenute nel disimpegno del suo ufficio, sia per nuovo regolamento, sia per aumento di machine [sic] che d'anno in anno va ampliandosi il sud.º Stabilimento, e non potendo per tale cosa più utilizzare in suo vantaggio parte del tempo che gli avanzava, si trova nella necessità di supplicare l'Eccellenza Vostra ad accordargli un aumento sulla sua provvigione che è al presente di L. 74 e c.mi 61 al mese»<sup>67</sup>. La lettera accompagna il parere del Direttore. Il Provveditore indirizzò la supplica, accompagnata dal suo parere, e da quello del direttore del Gabinetto di Fisica, al Ministro della pubblica Istruzione «Il prof. Riccardo Felici fa di esso Pierucci i dovuti elogi rispetto alla non comune abilità di Meccanico, esterna il desiderio che una tale domanda venga presa in considerazione, e soggiunge che lo impiegherebbe più assiduamente in servizio dello Stabilimento, ove le [sic] fosse corrisposta una maggior provvisione, e non temesse di distrarlo dalle commissioni di particolari che gli somministrano sorgenti di lucro per sodisfare [sic] ai bisogni della non piccola famiglia da cui è aggravato. Il ricordato Pierucci fin dal 1846 fu invitato a trasferirsi da Pistoia a Pisa, perché la Università avesse a disposizione un Artista che riparasse prontamente ai guasti che derivano alle macchine dall'uso nelle frequenti esperienze, e per tal'opera fu lui concesso lo stipendio di L. 80 mensili. Stabilito il decreto del 13 Dicembre decorso il nuovo Ruolo delle provvisioni per gli Impiegati Universitari non facenti parte del Corpo Insegnante fu determinata in L. 850 italiane quella annessa all'impiego di macchinista coperto dal supplicante: lo che non offre se non un tenue aumento a quanto da lui si percepiva. All'oggetto adunque di rendere più proporzionata all'ufficio ed alla capacità del Pierucci la provvisione del Macchinista addetto al Gabinetto Fisico di questa Università, e perché dal Professore possa sempre meglio utilizzarsi la di lui opera, proporrei che lo stipendio del nominato Pierucci fosse determinato in annue Lire italiane milledugento...»<sup>67</sup>. Il Ministero rispose che per quell'anno non era più possibile cambiare il bilancio che era già chiuso, ma che «V.S. potrà rinnovare i suoi uffici in proposito quando si farà il bilancio il prossimo venturo anno»<sup>67</sup>.

La Biblioteca Universitaria di Pisa conserva il *Catalogo degl'istrumenti di fisica che si costruiscono nel laboratorio di Mariano Pierucci Meccanico del R. Stabilimento di Fisica. Via S. Maria 887. A Pisa*, che porta la data del 1865, a cui fece seguire nel 1870 un *Supplemento al catalogo* [...].

Nel catalogo c'è un elenco dei premi ottenuti. Partecipò più volte alla Esposizione Toscana: nel 1844 ebbe la medaglia di bronzo, nel 1850 e nel 1854 la medaglia d'argento. Nel 1855 ebbe la menzione onorevole e una medaglia di 2ª classe all'Esposizione Francese. Nel 1856 ebbe la decorazione al merito industriale di Toscana. Nel 1861 la medaglia d'onore all'Esposizione Italiana. Nel 1868 la medaglia all'esposizione delle Provincie di Pisa e Livorno.

Nel Catalogo del 1865 sono elencati con i loro prezzi ben 279 strumenti «che si costruiscono nel laboratorio di Mariano Pierucci». Tutti fabbricati dal Pierucci? Questa è la domanda che si pongono alcuni, vista l'abitudine che avevano allora molti importatori di sostituire con la propria etichetta quella originaria delle macchine e degli strumenti importati. Ma il Pierucci, che godeva della stima generale, era persona da affermare ciò che facilmente poteva essere smentito? Una prova affascinante della sua abilità di costruttore l'abbiamo vista nella macchina di Atwood, commissionata dall'Istituto Tecnico di Firenze, e che è conservata presso la Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze; essa porta una etichetta di ottone con inciso in grande il suo nome. Pensiamo che il catalogo elenchi non tanto le macchine già pronte in deposito, quanto quelle che il Pierucci era in grado di costruire su commissione («che si costruiscono» dice il catalogo); proprio come succede anche ora nel campo delle macchine utensili.

Nell'inventario del 1880 è indicata la provenienza di tutte le macchine ed apparecchi dell'Istituto: per tre oggetti è indicato «Pierucci - Pisa», mentre altre sedici macchine portano l'indicazione «Laboratorio del Gabinetto». Tra queste ultime la macchina di Morin, una macchina elettrica, apparecchi per l'esperienza del pendolo di Foucault, un galvanometro a specchio Magnus, un voltmetro.

Più tardi a Mariano successe il figlio Luigi nell'attività industriale e commerciale. Di due bellissimi cartoncini, regalatimi gentilmente dai discendenti dei Pierucci, uno porta scritto *Fabbrica di Strumenti Fisici Chimici e Matematici di Mariano Pierucci - Meccanico del R. Stabilimento di Fisica - Via S. Maria N.º 887 Pisa*; mentre nell'altro si legge *Deposito di Lavori della Fabbrica Pierucci - premiata con 11 medaglie e 2 decorazioni da l'anno 1844 - Via S. Maria N.º 18 - Pisa - Strumenti di fisica e chimica di fabbriche Nazionali ed Estere... Rappresentante Luigi Pierucci Figlio ...* Come si vede la ditta si ampliò successivamente, accentuando il suo carattere commerciale.

Qui terminiamo la nostra relazione sul Pierucci, rimandando ad un eventuale successivo approfondimento altre notizie sugli apparecchi di carattere scientifico da lui costruiti nell'Istituto di Fisica, o nel proprio Laboratorio, per il Matteucci prima e per il Felici poi, e anche su quanto faceva per altri Istituti, come pure sulla sua produzione di strumenti di carattere medico e industriale.

## § 7. Considerazioni finali.

Per prima cosa vorrei richiamare l'attenzione non tanto sulle fonti utilizzate per raccogliere le notizie, che si leggono nei precedenti paragrafi, quanto sulle fonti non ancora consultate. Infatti la commemorazione del centocinquantenario della *Prima Riunione degli Scienziati Italiani a Pisa*, nel cui ambito è nato questo libro, ha imposto delle scadenze, che facevano escludere la possibilità di esplorare quanto è conservato nell'Archivio di Stato di Firenze.

Questa rinuncia mi ha costretto a utilizzare, per quasi tutti i documenti diretti all'Amministrazione centrale, le minute conservate a Pisa; non si può avere quindi la certezza di leggere sempre il testo ufficiale, la cui disponibilità tra l'altro mi avrebbe forse risparmiato l'uso di qualche «[sic]» che sono stato costretto a introdurre. Se avessi potuto consultare i documenti conservati a Firenze, avrei forse

potuto disporre degli inventari completi e degli elenchi delle macchine acquistate, documenti che alle volte vengono menzionati nelle minute, ma che non sempre sono stati conservati in copia a Pisa.

Se poi avessi potuto allargare le ricerche anche a Roma, avrei anche potuto minimizzare la momentanea indisponibilità dei documenti dell'Università di Pisa per il periodo 1860–1900, per il quale non è stato ancora effettuato il versamento all'Archivio di Stato.

Devo anche dichiarare che una parte dei documenti disponibili, per la necessità di portare a termine il lavoro, è stata per ora trascurata, avendo diretto l'attenzione alle filze che riguardano il periodo che va dal 1839 al 1860, mentre per il resto mi sono limitato a esaminare solamente i documenti nelle vicinanze di una successione alla cattedra. Inoltre non ho affrontato l'impegno di presentare una documentazione originale sulla Specola e sugli strumenti astronomici nel periodo del funzionamento dell'osservatorio.

Una storia degli strumenti non può prescindere da quella degli uomini che li hanno voluti, per il loro insegnamento e per la loro ricerca. Per questo occorre, anzi, è fondamentale raccogliere e studiare tutte le pubblicazioni concernenti le ricerche realizzate nel Gabinetto di Fisica, annotando per ogni lavoro, fin quando è possibile, gli strumenti usati. Per i motivi già menzionati, questo archivio e questo impegno di lavoro per ora rimangono un progetto.

Non potendo scrivere in pochi mesi una storia completa dei nostri strumenti di fisica, avendo anzi dovuto fare tagli per ragioni di spazio, sarebbe stato fuori luogo largheggiare in notizie sulla vita e sulle opere dei personaggi incontrati. Ho scelto invece di raccogliere, su quanti si sono via via succeduti nella cattedra, quelle notizie che in qualche maniera attestano la loro presenza a Pisa e la loro posizione universitaria e soprattutto illuminano i loro rapporti con gli strumenti e con chi li aveva costruiti.

Spero ardentemente di non avere troppo annoiato il lettore.



## SIGLE E ABBREVIAZIONI

ASF: Archivio di Stato di Firenze.  
ASP: Archivio di Stato di Pisa.  
*Univ. 2*: Università di Pisa. Secondo versamento.

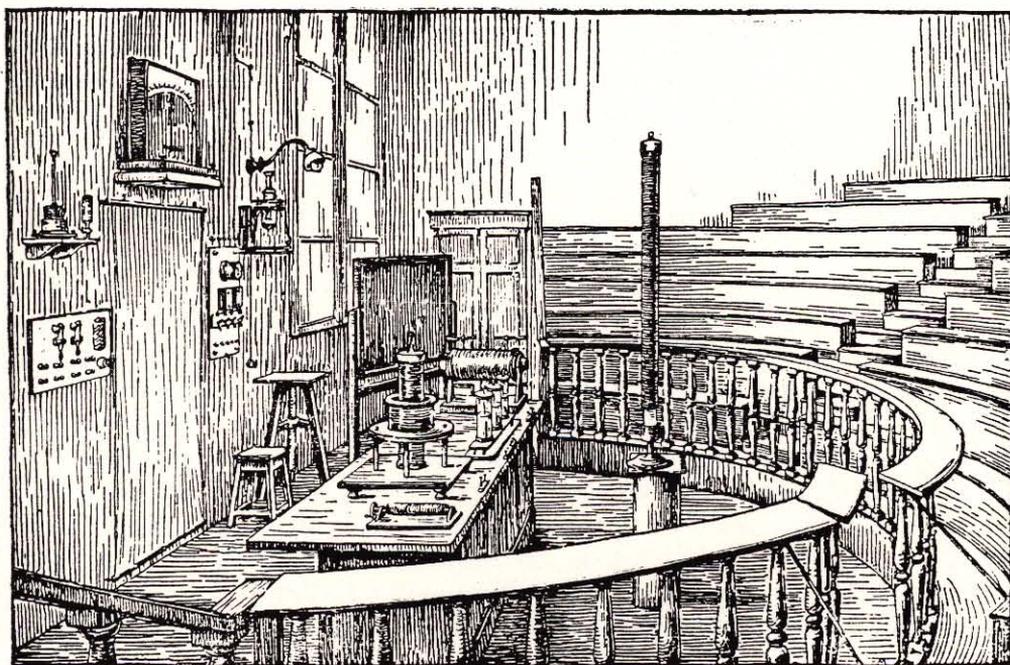
## NOTE

1. A. Volta, *Epistolario*, Bologna-Milano 1949-1974. Lettera n. 394. La sua relazione al conte di Firmian si trova nelle lettere n. 404 e 406.
2. In una nota a p. 281 del n. 8 del «Nuovo giornale dei letterati» (Settembre e Ottobre 1805) il Gatteschi scrive: «sarebbe bastata una sola parola di M. Fabroni (diceva un giorno il primo Ministro del Granduca ad un professore che lamentavasi di quella perdita) perché la completa collezione di macchine spettante al Gabinetto del defunto Milord Cowper, invece di andare per tenuissimo prezzo a Bologna, fosse acquistata per l'Università di Pisa. Pareva che Fabroni ambisse più a far l'Economista che il Provveditore al rispettabilissimo Ceto e Stabilimento cui presiedeva».
3. ASP. *Università 2*, G 5, c. 1.
4. A. Volta, *op. cit.*, lettere n. 221, 273, 328, 339, 373, 404, 406, e 897.
5. A. Volta, *op. cit.*, lettera n. 897.
6. A. Volta, *op. cit.*, lettera n. 373.
7. ASP. *Univ. 2*, A, III, 1, cc. 15-25. In questa memoria Monsignor Cerati, accanto a «due cattedre ordinarie di Fisica ovvero Filosofia Naturale; due straordinarie della stessa scienza, alle quali secondo il solito, siano presenti de' trattati differenti da quelli che sono spiegati dai professori ordinari che erano già esistenti nel collegio dei medici e filosofi», chiedeva l'introduzione di «una di Fisica Sperimentale e di Storia Naturale. Questa cattedra non è di antica istituzione nelle Università, ma in varj luoghi è stata introdotta da non molto tempo, non senza grandissimo vantaggio degli scolari e singolarmente quei che si applicano alla Medicina». Riportato in N. Carranza, *Monsignor Gaspare Cerati provveditore dell'Università di Pisa nel Settecento delle riforme*. p. 320. Pisa (1974).
8. ASF *Reggenza*, F. 638, ins. 3, c. 4<sup>o</sup>. Riportato in N. Carranza, *op. cit.*, p. 253.
9. ASF *Reggenza*, F. 637. Riportato in N. Carranza, *op. cit.*, pp. 354-355. Qualche informazione sulla monetazione toscana potrà essere utile in seguito. Per quasi tutti i conti in genere è sufficiente tener presente che uno scudo vale sette lire toscane, venti soldi fanno una lira e con dodici denari si ha un soldo. Quando i valori sono costituiti da tre gruppi di cifre separati da punti, si deve intendere la successione «lire.soldi.denari»; quando appaiono quattro numeri, il primo in genere si riferisce agli scudi. Dato che uno zecchino vale venti paoli, un paolo vale otto crazie e la lira toscana vale dodici crazie, si ottengono queste relazioni: 40 lire valgono 3 zecchini e 40 scudi valgono 21 zecchini. Per le monete d'argento il cambio è sempre fatto raffrontando peso e titolo; per questo una lira toscana vale costantemente 0,84 franchi. Con l'Unità venne introdotta la lira italiana, che avendo peso e titolo in argento uguale al franco, era alla pari con questa moneta.
10. In «Annali delle Università Toscane», XXX (1911), pp. 85-286: *Frammenti del volume IV della Storia dell'Università di Pisa di monsignor Angiolo Fabroni, trascritti dall'autografo esistente nella biblioteca di casa Franceschi dal prof. Michele Ferrucci*.
11. Le «*Notizie sull'Istituto di Fisica...*» erano state raccolte dal professore Augusto Occhialini nel settantesimo anniversario della fondazione dell'Istituto, che era anche il venticinquesimo di insegnamento del suo Direttore Angelo Battelli. Il libro venne stampato a Pisa da Mariotti nel 1914 in soli 300 esemplari. Il libro del Gatteschi, ricordato dall'Occhialini, è il *Saggio sul magnetismo, esposto nelle sue lezioni*, Pisa (Prosperi), 1818.
12. ASP. *Univ. 2*, G 12, c. 43. Il Guadagni infatti fin dalla nomina aveva goduto di un assegno di 25 ducati annui «perché somministri frattanto le Macchine, delle quali è provveduto per l'esperienze, siccome delle spese necessarie per farle».
13. A. Volta, *op. cit.*, lettere n. 221 e 273.
14. ASP. *Univ. 2*, G 13, c. 147. Il Cancelliere dell'Università Federigo Mazzuoli annotò che il Vaccà Berlinghieri aveva lasciate aperte le stanze «ove esistono le Macchine ed altro del Gabinetto Fisico, spettanti a d.<sup>a</sup> Università...». Tale gesto portò alla sua rimozione dall'impiego.
15. ASP. *Univ. 2* G 13, cc. 845-853.
16. ASP. *Univ. 2*, G 13, c. 510.

17. ASP. *Univ.* 2, G 13, c. 468. G 13, c. 688. Il Cioni riuscì a fare solo quattro lezioni: si presentò il 13 aprile alla Cancelleria per ricevere la consegna del Gabinetto Fisico e dar principio alle sue lezioni e rimase in attività sino al 17 Maggio quando per ordine del Governo provvisorio gli fu partecipato di sospenderle.
18. G. Tomasi Stussi: *Per la storia dell'Accademia Imperiale di Pisa (1810-1814)* in «Critica Storica», XX (1983), pp. 60-120
19. Il primo ha ben 310 pagine, con 6 tavole fuori testo, (Pisa, 1805), seguendo una notizia tratta da un vecchio catalogo di libreria antiquaria; i «Prospetti...» in 8° piccolo, uscirono nel periodo 1804-1807. La stampa del quarto volume dei «Prospetti...» (di 168 pagine) viene annunciata nel n. 12 (Maggio e Giugno 1806) del «Nuovo giornale dei letterati», rivista di cui lo stesso Gatteschi era il redattore, responsabile degli articoli non firmati. Dell'intera opera abbiamo potuto leggere una lunga recensione di Antonio Bertoloni, nel tomo VIII (Genn. Febb. 1808 n. 22) del «Giornale Pisano di letteratura scienza ed arte» che era la continuazione, con titolo diverso, della precedente rivista.
20. ASP. *Univ.* 2, G 27 c. 92.
21. ASP. *Univ.* 2, G 27 c. 121.
22. ASP. *Univ.* 2, G 27 c. 355-360.
23. ASP. *Univ.* 2, G 28 c. 150.
24. ASP. *Univ.* 2, G 28 c. 310.
25. Secondo l'inventario fatto in occasione della consegna da parte del Dini al Pacinotti delle macchine, arnesi fisici e altro, esistenti nel Gabinetto di Fisica. Archivio dell'Istituto di Fisica Tecnica A. Pacinotti: Sez. Inv. n. 1.
26. Pubblicata in quell'anno alle pagine 440-445 del tomo LXXIV della prestigiosa rivista «Biblioteca Italiana». Forse ne è autore Ranieri Gerbi.
27. ASP. *Univ.* 2, G 53 c. 73.
28. In «Biblioteca Italiana», XVI (1819), pp. 225-237.
29. ASP. *Univ.* 2, G 52 c. 42, G 53 c. 7.
30. ASP. *Univ.* 2, G 53 c. 80.
31. G. Polvani, *Le cose storicamente più notevoli possedute dall'Istituto di Fisica Tecnica della R. Scuola d'Ingegneria di Pisa ordinate in catalogo*. Pubblicato in «Annali delle Università Toscane», Vol. XIII nuova serie (XLVII della Collezione). 1930, Pisa.
32. N. Bianchi, *Carlo Matteucci e l'Italia del suo tempo*. 1874, Torino. Per la possibile cattedra a Firenze, pp. 53-54. Per la lettera di Humboldt e del Granduca, pp. 72-74. Per le *Lezioni di Fisica*, p. 84.
33. Copie dei due inventari, conservate dal Pacinotti, sono nell'archivio dell'Istituto di Fisica Tecnica, Sezione Inventari, ai numeri 2 e 3, attualmente alla Domus Galilaeana.
34. ASP. *Univ.* 2, G 53 c. 81.
35. ASP. *Univ.* 2, G 55 c. 108.
36. ASP. *Univ.* 2, G 53 c. 100.
37. ASP. *Univ.* 2, G 54 c. 45.
38. ASP. *Univ.* 2, G 55 c. 16.
39. ASP. *Univ.* 2, G 55 c. 67.
40. ASP. *Univ.* 2, G 56 c. 12.
41. ASP. *Univ.* 2, G 56 c. 44.
42. ASP. *Univ.* 2, G 56 c. 66.
43. ASP. *Univ.* 2, G 57 c. 128.
44. ASP. *Univ.* 2, G 58 c. 161.
45. ASP. *Univ.* 2, G 58 c. 122.
46. ASP. *Univ.* 2, G 58 c. 209.
47. ASP. *Univ.* 2, G 59 c. 89.
48. ASP. *Univ.* 2, G 62 c. 27.
49. ASP. *Univ.* 2, G 66 c. 147.
50. ASP. *Univ.* 2, G 69 c. 10.
51. ASP. *Univ.* 2, G 70 c. 118.
52. ASP. *Univ.* 2, G 71 c. 109.
53. ASP. *Univ.* 2, G 71 c. 129.
54. ASP. *Univ.* 2, G 69 c. 132.
55. ASP. *Univ.* 2, G 65 c. 122.

56. ASP. *Univ.* 2, G 70 c. 118.
57. ASP. *Univ.* 2, G 71 c. 109.
58. ASP. *Univ.* 2, G 72 c. 51.
59. ASP. *Univ.* 2, G 72 c. 153.
60. ASP. *Univ.* 2, G 72 c. 154.
61. ASP. *Univ.* 2, G 72 c. 174.
62. ASP. *Univ.* 2, G 73 c. 19.
63. ASP. *Univ.* 2, G 72 c. 152.
64. ASP. *Univ.* 2, G 69 c. 8.
65. N. Bianchi, *op. cit.*, p. 204.
66. ASP. *Univ.* 2, G 67 c. 45.
67. ASP. *Univ.* 2, G 73 c. 114.

LA COLLEZIONE DEGLI STRUMENTI SCIENTIFICI  
DI INTERESSE STORICO  
SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE FUTURE



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Aula*

«Materiali lavorati dall'azione umana che, per circostanze storiche, catastrofi naturali, imperizia o malizia, siano stati sottratti a tale godimento [conoscitivo ed estetico, da parte di tutta la collettività], attraverso operazioni intenzionali o accidentali di occultamento – sì che appaia razionale e giusto riportarli alla luce e alla fruizione di tutti coloro che ne abbiano diritto (e nella fattispecie di tutti gli appartenenti al corpo sociale)».

UMBERTO ECO, *Osservazioni sulla nozione di giacimento culturale*; in «Le isole del tesoro» Milano, 1988.

## § 1. I ruderi del museo.

I laboratori didattici del Dipartimento di Fisica, dopo aver cambiato sede più volte, ormai da circa un decennio sono alloggiati di nuovo in Piazza Torricelli, in un edificio che è solo in parte dei fisici e che da essi è detto «di via Pasquale Paoli» per distinguerlo dal vecchio stabilimento, fatto costruire da Leopoldo II.

Se si vuole avere un'idea dell'ambiente, si pensi a un lungo corridoio, su cui si affacciano da un lato e dall'altro le aule didattiche, con gli armadi addossati alle pareti, tra porta e porta. Chi guarda con un po' di interesse, tra gli armadi di legno o di ferro più recenti può notarne alcuni più antichi (adesso so che hanno pressappoco 140 anni) e attraverso le larghe vetrate progettate da Florindo Galli, l'architetto dell'Università, può scorgere un affollarsi di vecchi strumenti, incastrati gli uni negli altri, gli uni nascondendo gli altri, un alterno ripetersi di ottone e di vetro, una volta brillanti, adesso mimetizzati dalla polvere: i ruderi del vecchio museo del Gabinetto di Fisica.

Quando alcuni mesi fa circostanze abbastanza accidentali mi hanno costretto a guardare dentro quegli armadi, a cercare, a riesumare, a classificare, solo allora, a poco a poco, mi sono accorto che avevo a che fare con un «giacimento culturale» di un certo rilievo. Non è che conoscessi la chiara e ampia definizione di Eco, che ho potuto leggere solo alcuni giorni fa, quando per gentile sollecitudine dell'IBM-ITALIA ho ricevuto *Le isole del tesoro*, ma ho percepito per istinto quanto ho poi trovato scritto nella citazione sull'occultamento e sulla necessità di riportare alla luce. Avevo tra le mani apparecchiature con cui erano state istruite generazioni di fisici; strumenti con cui erano state realizzate ricerche, proprio qui nel nostro vecchio istituto; strumenti per mostrare ed esplorare i nuovi fenomeni ottici, termici, elettromagnetici: queste erano le motivazioni che accompagnavano le richieste del Dini, del Pacinotti, del Matteucci, del Felici, quando sollecitavano l'acquisto di strumenti che sembravano determinanti, e lo erano allora.

Ma come può avvenire l'occultamento di cui parla Eco, e nel nostro caso si ha davvero a che fare con un occultamento? I vari meccanismi di formazione di un giacimento come il nostro sono abbastanza prevedibili. Vediamone alcuni. Si sa che uno strumento per sua natura deve funzionare in maniera egregia, o almeno sufficiente, e deve essere utile. L'uso, soprattutto da parte degli studenti, mette a dura prova l'apparecchio. Il meccanico, il macchinista, per quanto bravo, non sempre può riparare i danni: inizia il lento *depositarsi* dello strumento verso il giacimento. L'apparecchio, giudicato inservibile, viene scaricato dall'inventario,

ma non viene buttato via perché, paradossalmente, può ancora servire. In questo momento inizia quel processo cui si dà sempre più spesso il nome di *cannibalismo*. Sentiamo cosa dice in proposito, parlando del nostro laboratorio, Emilio Segrè in *Enrico Fermi, Fisico* [2<sup>a</sup>. ed. Milano 1988]: «Il laboratorio in cui i giovani lavoravano era in pessime condizioni perché era stato trascurato per anni. Mancavano cose che erano comuni nei laboratori europei contemporanei e molti degli apparecchi erano stati *cannibalizzati*, cioè smontati, per utilizzarne le parti in varie esperienze, e non più ricomposti; quindi poteva mancare una lente a uno spettroscopio o una resistenza a un apparecchio elettrico e così via. Dove le parti fossero andate a finire non si sapeva».

Questo *cannibalismo* non risaliva però al tempo di Fermi a Pisa, era molto più antico. Riccardo Felici nel suo lavoro *Nuove esperienze sopra la velocità della elettricità e sulla durata della scintilla*, pubblicato negli «Annali delle Università Toscane» VIII (1866) pp. 5-18, fa sapere di aver adoperato nell'esperienza che sta descrivendo l'obiettivo 4 di un antico microscopio di Oberhäuser, mentre nell'esperienza dell'anno precedente aveva al microscopio un pessimo obiettivo di un antichissimo microscopio di Dollond e un oculare dell'anzidetto microscopio di Oberhäuser. Il microscopio di Oberhäuser è conservato ancora nella sua bella cassetta di legno, tra gli oggetti che stiamo classificando. Se si apre la scatola, tra incastri e fori vuoti che occhieggiano malinconici, troviamo solo il corpo del microscopio, la colonna laterale senza il tubo ottico, il massiccio basamento a tamburo che incorpora lo specchio sotto-tavolino, e una piccola scatoletta verde con alcuni piccolissimi obiettivi.

Un altro motivo per cui uno strumento finisce per arricchire un deposito, che poi diventerà giacimento, è il rinnovamento continuo dei contenuti e degli strumenti nelle esperienze didattiche, che seguono l'evolversi delle conoscenze scientifiche e il progresso tecnologico. Lo scarico dall'inventario di un vecchio calcolatore o di qualche oscilloscopio è un avvenimento quasi quotidiano. Non parliamo della vecchia elettronica a valvole, ormai scomparsa, tranne qualche pezzo abbandonato in cantina. Così fu pure nel passato. Con l'avvento della energia elettrica a cosa poteva servire un eliostato? perché si doveva utilizzare una batteria di pile Grenet?

È opportuno ricordare un cambiamento importante nella didattica, che ha in pratica contribuito all'accantonamento di molti apparecchi, anche in buono stato. È scomparsa definitivamente la lezione cattedratica, durante la quale il Professore, o l'Aiuto, mostrava l'esperienza agli studenti, che passivamente osservavano dai loro banchi. Al suo posto è nata l'attività di gruppo, con l'introduzione di banchi multipli, dove gli studenti, divisi in piccoli gruppi, realizzano da soli le esperienze proposte. Così, essendo impossibile moltiplicarli nel numero necessario, alcuni splendidi strumenti ottocenteschi vennero riposti negli armadi.

Spesso sopravviene la mancanza di spazio, perché ovviamente il numero degli studenti aumenta sempre di più e le esperienze diventano sempre più complesse. Gli strumenti antichi allora vengono inscatolati e spostati sugli armadi; quelli che sembrano meno significativi o meno utili, o degni solo di essere eliminati, finiscono sparpagliati nei vari laboratori, nei sottoscala o nelle cantine.

Succede così che quei pezzi, che avevamo ormai dimenticato, giudicandoli rotti, inutili, superati, quei pezzi conservati solo per la possibile futura utilizzazione di qualche loro componente, insensibilmente, col solo trascorrere del tempo,

senza che nulla apparentemente sia cambiato, diventano oggetto di valore culturale, utile alla storia della fisica, alla storia locale, alla didattica, all'istruzione, al godimento intellettuale ecc. ecc.

## § 2. La legge di tutela delle cose di interesse artistico o storico.

Qualcuno si potrebbe domandare se la validissima legge N. 1089 del 1 giugno 1939 *sulla tutela delle cose d'interesse artistico o storico* sia stata mai applicata alle collezioni di strumenti antichi, custoditi negli istituti scientifici delle università o in altri istituti di insegnamento. Abbiamo fatto una piccola inchiesta e ci sembra di poter concludere che la legge non viene utilizzata per questo fine. Sappiamo per esempio che non è stato ancora presentato un elenco descrittivo della straordinaria collezione di strumenti provenienti dal Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano, ora custoditi dalla Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze. Nella stessa situazione si trova la grande collezione di strumenti scientifici dell'Università di Napoli, che però non è soggetta a questo obbligo, che è prescritto solo per «i rappresentanti delle Provincie, dei Comuni, degli enti e degli istituti legalmente riconosciuti».

Il secondo comma dell'art. 6 della legge 1089 prescrive: «Le cose immobili e mobili di proprietà dello Stato le quali hanno l'interesse di cui agli articoli 1, 2 e 5 della presente legge sono sottoposte alla vigilanza del Ministro per l'educazione nazionale per quanto riguarda la loro conservazione, da chiunque siano tenute in uso o in consegna».

Nell'articolo 5 qui citato si parla proprio delle collezioni di oggetti: «Il Ministro per l'educazione nazionale, sentito il Consiglio nazionale dell'educazione, delle scienze e delle arti [ora Consiglio Superiore delle antichità e belle arti], può procedere alla notifica delle collezioni o serie di oggetti che, per tradizione, fama e particolari caratteristiche ambientali, rivestono come complesso un eccezionale interesse artistico o storico. Le collezioni e le serie notificate non possono, per qualsiasi titolo, essere smembrate senza autorizzazione del Ministero per l'educazione nazionale».

Secondo l'articolo 9 della legge il controllo è affidato alle soprintendenze. Infatti «I soprintendenti possono in ogni tempo, in seguito a preavviso, procedere ad ispezioni per accertare l'esistenza e lo stato di conservazione e di custodia delle cose soggette alla presente legge».

Quali possono essere le ragioni per cui le collezioni di strumenti scientifici non sono state finora ritenute «cose d'interesse artistico o storico»? Ne discutiamo solo due.

### a) Ragioni di carattere culturale.

Probabilmente esiste ancora, o è esistito fino a un passato assai prossimo, un pregiudizio sul valore artistico e storico dell'oggetto, prodotto della tecnica o della scienza.

Gli strumenti presuppongono un disegno costruttivo di grande razionalità e complessità; spesso nel loro processo di fabbricazione intervengono macchine utensili che possono portare a ripetizioni automatiche di multipli; inoltre l'eventuale anonimato dell'autore, o al contrario il fatto di essere il prodotto di più

artefici, con un successivo montaggio delle parti, tutto ciò conferisce agli strumenti la connotazione di prodotto industriale. Gli strumenti quindi si pongono in una posizione abbastanza periferica nell'arco dei contenuti della legge n. 1089, che tutela «le cose, immobili o mobili, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnografico».

Questa legge benemerita ha una ispirazione che è essenzialmente artistica, storica e letteraria; basta osservare che quando viene precisata l'ampiezza della tutela, viene specificato che tra le cose soggette alla legge sono comprese «a) le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civiltà; b) le cose d'interesse numismatico; c) i manoscritti, gli autografi, i carteggi, i documenti notevoli, gli incunaboli, nonché i libri, le stampe e le incisioni aventi carattere di rarità e di pregio». Le collezioni di strumenti scientifici non sono menzionate.

Chi deve compiere una valutazione storico-artistica ha oggi davanti a sé un campo di osservazione più ampio che in passato, e non è portato a trascurare a priori, come avrebbe fatto un tempo, l'oggetto comune e il fatto quotidiano; questo allargamento di orizzonti culturali sta lentamente producendo i suoi effetti anche nell'applicazione della legge di tutela a quelle categorie di oggetti, come per esempio gli strumenti scientifici, a cui prima non si era pensato, almeno esplicitamente.

b) Difficoltà di valutazione dell'interesse storico.

Sono abbastanza comprensibili le difficoltà che incontra il personale di provenienza culturale prevalentemente umanistica, nell'esaminare e valutare uno strumento scientifico, quando esso non presenti caratteristiche di esecuzione, che possano conferire valore artistico all'oggetto. Mentre non sorgono dubbi sul valore storico di strumenti scientifici appartenuti a famosi scienziati, come Galileo o Volta, o a famiglie regnanti, come i Medici, il discorso diviene più difficile quando lo strumento non sembra aver richiesto un'eccezionale abilità nella costruzione, o non è stato posseduto da un personaggio di rilievo storico. È evidente che in tal caso una valutazione può essere espressa solo dall'ambiente scientifico competente. È anche evidente che se si sposta il discorso dal singolo strumento ad una intera collezione il giudizio sul valore storico diviene più sicuro e facile.

Per quanto concerne il valore degli strumenti, non si può fare riferimento solamente al valore che conferisce loro, onnicomprensiva, la Storia, che si occupa della scienza così come si occupa dell'industria, dell'economia, o della geografia. Esiste un valore scientifico autonomo che per gli strumenti utilizzati nella ricerca scientifica consiste nella possibilità di operare un controllo, anche a distanza di anni, ripetendo le esperienze, per riprendere in esame la validità dei risultati, o la precisione di alcune misure, o per valutare le condizioni in cui le ricerche furono svolte. Inoltre la conservazione degli strumenti potrà facilitare la successiva attività didattica. Quest'ultimo argomento è a maggior ragione rilevante per gli strumenti che sono stati creati a fini esclusivamente didattici, come è il caso di molti strumenti dei secoli passati, che rimangono in un certo senso sempre attuali perché furono costruiti per le dimostrazioni in aula di determinati fenomeni. Per la didattica dei nostri tempi, invece, la differenza tra strumenti didattici e strumenti di ricerca sta diventando sempre minore, e spesso consiste solo nei diversi montaggi, o nella qualità degli apparecchi. Non si può escludere che in futuro anche macchine così costose, come per esempio il grande acceleratore di Frascati, possano essere destinate alla didattica e i laboratori che le ospitano possano diventare un vero e proprio museo.



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Museo*

I concetti di questa analisi sono così immediatamente suggeriti dalla situazione stessa che sicuramente sono stati pensati e discussi prima di me. Non avendo tuttavia avuto finora la possibilità di consultare gli «addetti ai lavori», non posso riferire, come sarebbe stato mio desiderio, quanto è già stato acquisito dalla comunità degli studiosi interessati, nelle discussioni, negli incontri, nelle riunioni congressuali ecc. dedicate al recupero e alla conservazione degli strumenti.

### § 3. Il Centro Dipartimentale per la conservazione e lo studio degli strumenti scientifici.

Per gli strumenti che sono giunti fino a noi più o meno indenni, avendo superato il periodo critico della pura e semplice eliminazione, si può dire che il peggio è passato. Sono oggetti antichi, che piacciono e suscitano curiosità; i programmi di valorizzazione del patrimonio storico non vengono certo ostacolati, anzi sono ben accetti. Il problema reale dei nostri giorni è la conservazione del materiale recente. La grande rapidità con cui diventano obsolete apparecchiature spesso costose e sofisticate – pensiamo per esempio ai calcolatori e in genere all'elettronica – la stessa mancanza di spazio, che più o meno direttamente ha provocato la scomparsa di molti esemplari unici di vecchi strumenti, tutto ciò rappresenta un pericolo per la conservazione della strumentazione recente. Si sono già avute perdite irreparabili per la documentazione della ricerca svolta a Pisa dal dopoguerra fino ad oggi.

Una possibile soluzione è quella di creare una commissione, che selezioni, secondo criteri che dovranno essere stabiliti, la strumentazione che viene ritenuta interessante e degna di essere conservata. Naturalmente i criteri diverranno più o meno rigidi, in ragione di quanto spazio si avrà a disposizione.

Il 27 aprile 1989 il Dipartimento di Fisica ha istituito il «Centro Dipartimentale per la conservazione e lo studio degli strumenti scientifici», che ha sede presso il Dipartimento e ha come scopo la identificazione, la classificazione, il restauro e la conservazione degli strumenti, degli apparati ed in genere delle cose di valore storico o documentario, comunque di competenza del Dipartimento, e con la stessa delibera ha nominato responsabile della Collezione di Strumenti e del Centro l'autore di questo testo.

Forse è meglio dire subito quel poco che si è fatto, per passare poi a quello che possiamo sperare di fare in futuro.

Abbiamo ottenuto per prima cosa l'assegnazione di una cantina – non lo diciamo per far nascere un sorriso: era l'unico posto non occupato di tutto il Dipartimento – che è stata svuotata, pulita, imbiancata e munita di un moderno impianto elettrico. Purtroppo non vi si può portare l'acqua e ci stiamo accorgendo che è un po' umida. Dovremo presto cambiare sede, e lo faremo non appena sapremo dove andare.

Il secondo passo è stato quello di avere fondi, e dovevamo averli subito se volevamo partecipare con una mostra alle celebrazioni del Primo Congresso degli Scienziati Italiani; una somma, due milioni, è stata concessa dalla locale sezione INFN, ed è stata immediatamente disponibile; una somma più consistente, altri otto milioni, è stata data dal Consiglio Direttivo dello stesso ente poco più tardi.

Abbiamo così potuto iniziare ad attrezzarci, ponendo le basi di un piccolo gabinetto di restauro, dotato di un rudimentale impianto di illuminazione per fotografie. Abbiamo portato giù qualche vecchio armadio e abbiamo così iniziato a tirare fuori gli strumenti, a redigerne un elenco provvisorio, cercando di identificarli con l'aiuto dei vecchi inventari. Abbiamo iniziato la campagna fotografica, e simultaneamente abbiamo dovuto provvedere alla prima fase di pulitura.

Fin da questi primi momenti è intervenuta la dottoressa Jolanda Legitimo che, a sua richiesta, è stata autorizzata a dedicare alle attività del Centro il tempo che le rimane libero dagli impegni di preparazione delle esperienze dei laboratori didattici. La dottoressa Legitimo si è impegnata con entusiasmo in questa attività che presenta molti aspetti gratificanti, anche se ha momenti di faticosa attività materiale e ripetitiva. Anche se i suoi interessi sono concentrati soprattutto nella ricerca didattica e in questo campo il Centro potrà offrirle in seguito temi di ricerca originali; in questa prima fase coopera e si rende utile portando avanti tutto quello che c'è da fare.

Si è presentata subito la prima difficoltà: la pulizia degli strumenti. Abbiamo deciso di rimandare a un momento successivo la fase del controllo del funzionamento e del restauro degli strumenti, che il Centro potrà affrontare solo quando avrà un tecnico competente, anche se in certi casi, soprattutto nella sostituzione di pezzi danneggiati o nella ricostruzione di quelli mancanti, possiamo utilizzare le capacità tecniche presenti nel Dipartimento, nelle cui officine viene costruita parte della attrezzatura sperimentale. Abbiamo deciso di limitarci alla semplice pulitura del materiale; ma l'ottone con la lacca rovinata, il legno coperto di polvere raggrumata, i vetri neri di smog, le scale argentate ormai illeggibili, l'acciaio e il ferro attaccati dagli agenti atmosferici, tutti questi materiali richiedono per il loro recupero, o anche per la sola pulizia, tecniche appropriate, che sono differenti da un materiale all'altro, da una lavorazione all'altra. La difficile impresa di pulire senza rovinare non è un problema solo nostro; infatti l'Istituto di Astronomia ha assunto recentemente un tecnico formato presso l'Istituto d'Arte, con l'intenzione di utilizzarlo nel recupero conservativo della propria collezione di strumenti provenienti dalla Specola dello Studio Pisano, che per quasi un secolo, tra settecento e ottocento, ha operato sotto la direzione del professore di Astronomia.

È stato del tutto naturale decidere di procedere insieme, anche perché la collezione di strumenti astronomici presto entrerà a far parte del Centro, avendo deciso recentemente tutti i docenti dell'Istituto di Astronomia di afferire al Dipartimento di Fisica, portando come dote tutto il loro patrimonio bibliografico, di attrezzature e di strumenti.

L'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, a cui ci siamo rivolti, ha suggerito di prendere contatto con la Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze, che avendo recentemente recuperato il suo straordinario patrimonio di quasi duemila strumenti scientifici provenienti dal Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano, dispone di un gabinetto di restauro con personale di grande esperienza.

Alla fine di febbraio si è avuto il primo contatto con la Fondazione: alla dichiarazione del suo direttore, il dottor Francesco Gravina, di piena disponibilità alla cooperazione, seguirono immediatamente i fatti. Subito venne a Pisa la signorina Anna Giatti, restauratrice della Fondazione, per rivedere le collezioni che già conosceva e dare i primi consigli; vi tornò pochi giorni dopo, insieme al dott. Gravina. In questa occasione si stabilì il programma di collaborazione tra le due

istituzioni, sanzionato con uno scambio di lettere ai primi di marzo. La Fondazione avrebbe collaborato gratuitamente alla preparazione e alla qualificazione del tecnico dell'Istituto di Astronomia, presso il proprio laboratorio di restauro, e contemporaneamente si sarebbe avviata la campagna di conservazione e restauro degli strumenti del Dipartimento di Fisica, con l'invio di alcuni strumenti che sarebbero serviti come campioni su cui la restauratrice e il nostro tecnico avrebbero potuto operare. Gli strumenti che sono stati così restaurati sono il cronoscopio di Hipp, l'apparecchio di Silbermann per la riflessione e la rifrazione, lo specchio convesso, l'orologio della macchina di Atwood, tutti riprodotti in questo catalogo, più una rovinatissima macchina di Wimshurst, che fu inviata proprio per completare l'esercitazione.

Questa descrizione delle nostre attività, anche se può sembrare un po' troppo minuziosa, non è fuori luogo perché offre l'occasione di poter ringraziare le persone che hanno portato il loro contributo operoso e sono intervenute, sempre spontaneamente e con vera simpatia per l'attività del «Centro». A Roberto Celandroni si deve il restauro delle strutture in legno della macchina di Morin e della macchina di Atwood, ed altri interventi, oltre a un notevole aiuto nell'allestimento del laboratorio. Roberto Marchi a Firenze, presso la Fondazione Scienza e Tecnica, ha collaborato al restauro degli apparecchi di cui abbiamo già parlato, mentre a Pisa si è occupato dell'eliostato, di alcuni altri apparecchi, tra cui i tubi sonori e il diapason. Mario Montanari ha riprodotto una delle due colonnine dei contatti dell'interruttore del Matteucci, andata perduta, e avrebbe fatto di più, se il suo tempo non fosse disputato dai vari gruppi di ricerca, che lo sommergono di lavoro. Non posso dimenticare la disponibilità e l'interesse con cui sono state soddisfatte le mie richieste da parte di altri tecnici del Dipartimento: Mario Francesconi ha fatto le prove dei tubi di Geissler e di Wehnelt, Alfio Pistoresi ha controllato i modelli di alternatore e di motore bifase, Antonio Mariotti ha fatto funzionare il rocchetto di Ruhmkorff.

Non sarebbe però giusto dimenticare chi ha collaborato alla realizzazione di questo libro. Desidero esprimere qui la mia gratitudine e il mio ringraziamento ad alcuni amici: a Luigi Picasso che ha voluto assolvere l'ingrato compito di tradurre il mio testo Macwrite nel linguaggio IBM necessario allo stampatore, a Emilio Doni e a Luciano Bracci, che hanno letto parte del testo, intervenendo con osservazioni e consigli; vorrei anche ricordare Jolanda Legitimo per la correzione del testo e delle bozze, i funzionari dell'Archivio di Stato di Pisa, per la collaborazione ricevuta nella consultazione e fotocopia di innumerevoli documenti, i funzionari del Gabinetto fotografico della Scuola Normale Superiore, per la riproduzione fotografica di tutte le incisioni al tratto, e il prof. Franco Bassani, per averne voluto sostenere la spesa.

Vediamo adesso quali sono le prospettive: abbiamo un vasto programma di recupero del nostro patrimonio, che non è piccolo, se si considera anche la strumentazione recente e che sarà ancora più significativo, se verrà a farne parte anche la collezione, ora conservata presso la Domus Galilaeana, costituita dagli strumenti, provenienti dell'antica cattedra di Fisica Sperimentale, che furono assegnati a Luigi Pacinotti quando egli venne trasferito alla cattedra di Fisica Tecnologica, ai quali si sono aggiunti nel tempo molti modelli di macchinari ed altri oggetti, acquisiti durante il lungo periodo in cui egli fu professore e nel periodo in cui gli successe il figlio Antonio.

Ad una attività più strettamente dedicata agli strumenti si potrà associare una attività di raccolta di tutta la documentazione riguardante la storia della Fisica a Pisa, in microfilms e in riproduzioni fotografiche, localizzando e facendo riprodurre i documenti, conservati presso gli Archivi di Stato di Pisa, Firenze e Roma che abbiano attinenza con la storia della Cattedra, poi divenuta Istituto e adesso Dipartimento di Fisica. Sarebbe utile realizzare la raccolta di tutti i lavori scientifici di Fisica prodotti a Pisa, o che siano in qualsiasi maniera connessi con scienziati che hanno operato per un periodo significativo nello Studio Pisano.

Riteniamo di poter divenire un Centro, finalizzato a una attività didattica che, pur rimanendo nell'ambito degli studi superiori, sia rivolta soprattutto verso la scuola secondaria, utile a studenti e a docenti, ma insieme vorremmo anche divenire un Museo universitario, aperto a un pubblico di cittadini e di visitatori curiosi, nel senso migliore di questo aggettivo, perché riterremo di aver raggiunto un grande successo se potessimo disporre di una struttura, capace di assorbire visitatori neutri o indifferenti per rimettere in circolazione individui curiosi e interessati alla cultura scientifica.

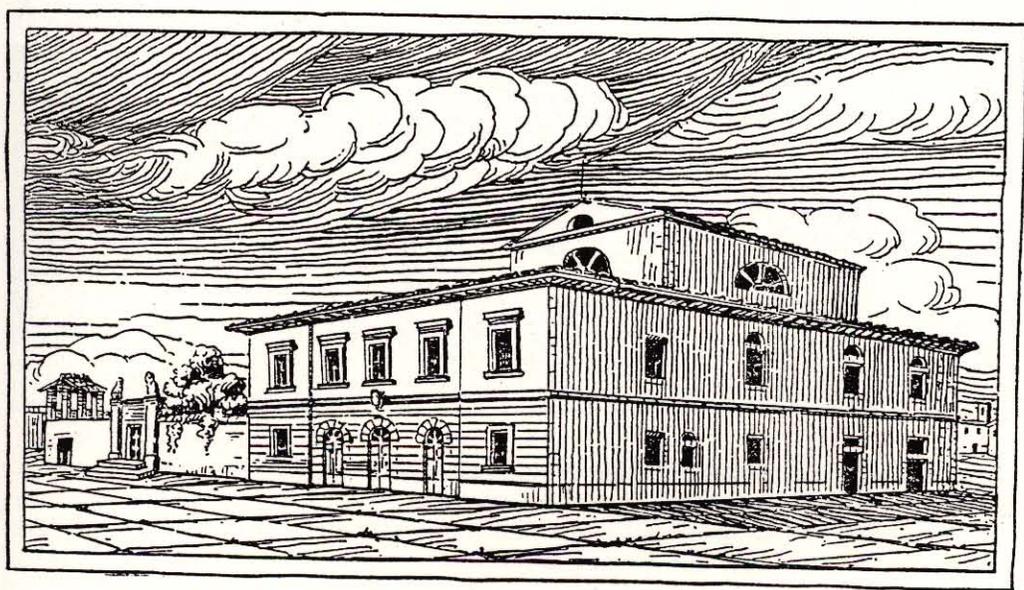
Il passo fondamentale sarà fatto solo quando si disporrà di un edificio, che permetta di esporre le collezioni in ampie sale, in modo che gli strumenti possano essere descritti, illustrati e visti comodamente, e che disponga di locali per il gabinetto di restauro e per quello fotografico, di una sala per seminari, di un ambiente per l'archivio e per la biblioteca, e infine di un magazzino.

La Soprintendenza, che ha partecipato all'iniziativa della mostra degli strumenti scientifici offrendo per tre mesi alcuni locali del Museo Nazionale di S. Matteo, segue adesso con interesse le attività del Centro e certamente sarà presente per le sue responsabilità e per le sue competenze sia nella fase di restauro degli strumenti sia in una successiva fase museale: ci auguriamo che il catalogo e la mostra degli strumenti siano di stimolo agli organi competenti e agli enti pubblici interessati, per un loro intervento in questa direzione, perché il passo fondamentale, l'acquisizione di una sede, è al di sopra delle nostre forze.

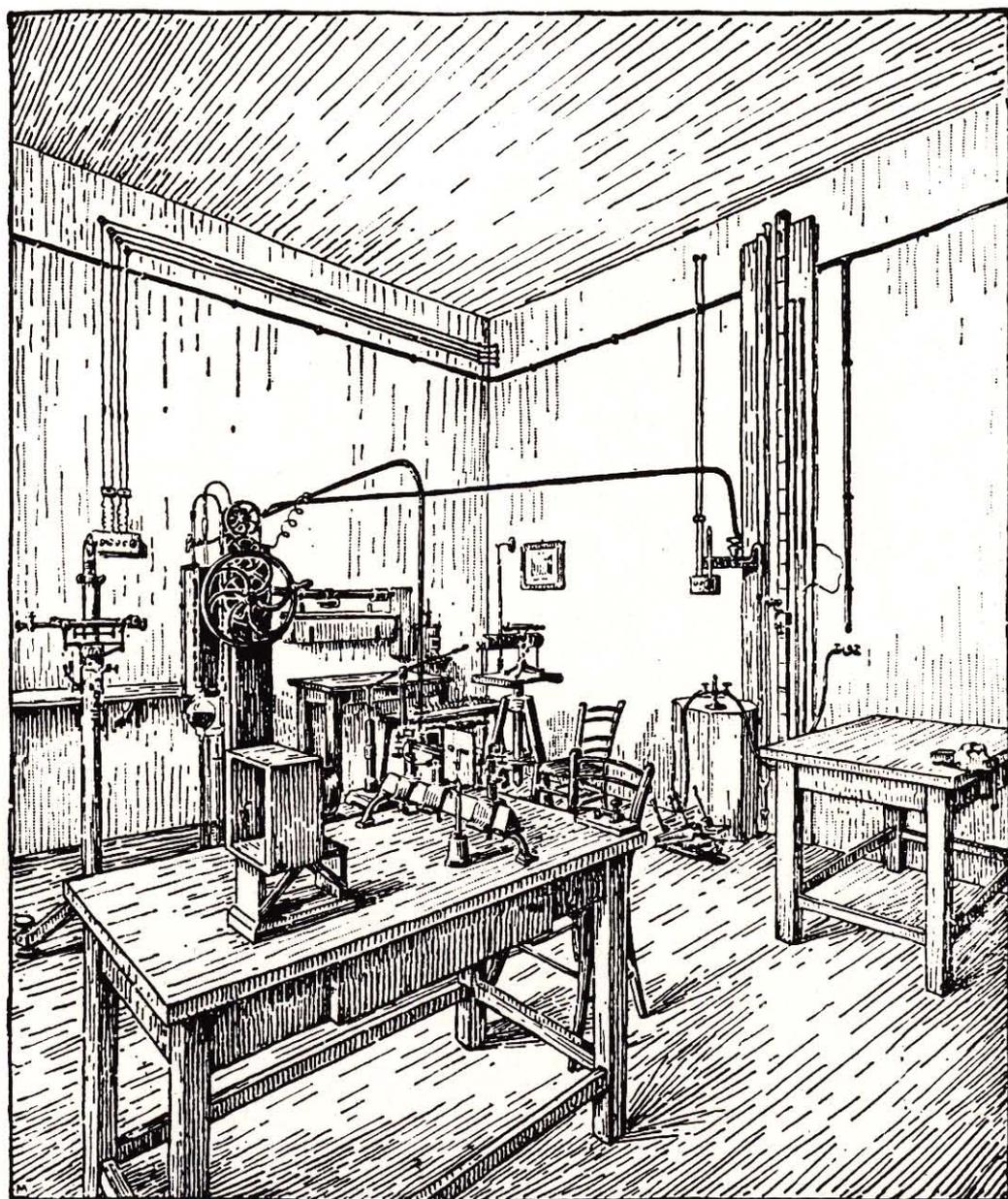
#### *Ringraziamenti*

*Si ringraziano, per la collaborazione ricevuta dalle loro Istituzioni, il Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, il Direttore della Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze, il Direttore della Scuola Normale Superiore di Pisa, il Direttore dell'Archivio di Stato di Pisa, e la Direttrice della Biblioteca Universitaria di Pisa.*

STORIA ED USO DI ALCUNI STRUMENTI



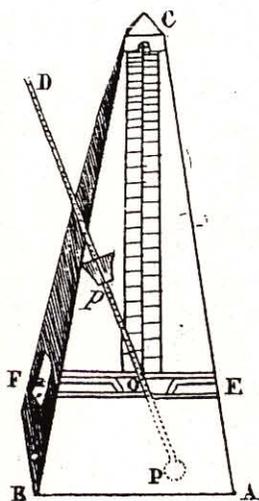
*L'Istituto di Fisica fondato da Carlo Matteucci nell'anno 1844*



*Disegno del pittore F. Manetti*

*Laboratorio per lo studio dei gas compressi*

## METRONOMO DI MAELZEL



### Finalità

Strumento per misurare il tempo della musica. Il suono del pendolo in movimento, che oscilla con frequenza variabile a piacimento, con una battuta secca e nitida segnala con esattezza la velocità di esecuzione. Può essere utile in alcune esperienze di fisica, per contare unità determinate di tempo; per esempio, può riuscire opportuno per misurare il tempo nella caduta dei gravi lungo il piano inclinato.

### Descrizione

È costituito essenzialmente da un pendolo con contrappeso, accorgimento che permette di limitarne la lunghezza. Un pendolo normale non potrebbe servire allo scopo perché le battute nella musica variano da frazioni di secondo fino a parecchi secondi: per una battuta di un secondo si dovrebbe avere un pendolo lungo circa un metro, ma già per una battuta di due secondi si dovrebbe

portarne la lunghezza a quattro metri, aumentando questa proporzionalmente con il quadrato della durata. Il periodo è invece fatto variare spostando un peso  $p$  lungo l'asta, che oscilla tanto più piano quando più si allontana il peso  $p$  dal punto di sospensione  $O$ . Lo strumento funziona con un meccanismo di ruote dentate mosso da una molla, posto nella base. Dietro l'asta c'è una scala d'avorio numerata, che permette di conoscere il numero di oscillazioni che l'asta compie ogni minuto, in corrispondenza con la posizione del peso lungo l'asta che porta anch'essa divisioni coincidenti con quelle della scala.

Le divisioni della scala diventano meno fitte man mano che si procede dall'alto verso il basso: iniziano con 40 oscillazioni e sono segnate ogni due fino a 60, ogni 3 fino a 72, ogni 4 fino a 120, ogni sei fino a 144 e ogni otto fino a 208. Lo strumento, contenuto all'interno di una caratteristica scatola di legno a forma piramidale, con uno sportello anteriore che può essere rimosso, viene azionato portando fuori l'asta, che è flessibile: in questa maniera, per la forma piramidale data alla cassetta, l'asta rimane libera di oscillare e non si interrompe fino a quando non viene spinta di nuovo all'interno. L'asta, che ha uno spessore di 1 mm e una larghezza di 4 mm, è mobile intorno a un perno posto in  $O$ . Il braccio inferiore  $OP$  è lungo 40 mm, quello superiore  $OD$  circa 140 mm. All'estremità inferiore c'è una lente di piombo  $P$  il cui diametro maggiore è circa 20 mm.

### Cenno storico

Con il trascorrere del tempo c'è pericolo che si perda il ricordo di come il compositore o i suoi contemporanei eseguivano un'opera musicale. Per evitare il rischio di alterare, con un'esecuzione diversa, i passaggi musicali si pensò di costruire uno strumento che indicasse il movimento che l'autore intendeva dare alla sua composizione. Furono inventati vari apparecchi: il cronometro di Sauveur, e i metronomi di Burja, Weisske, Stackel. Infine, aiutato sembra da Gottfried Weber e da Winkel di Amsterdam, Johann Nepomuk Maelzel (Ratisbona 1772-Vienna 1838) inventò questo strumento all'inizio del secolo scorso.

### Bibliografia

MAJOCCHI (1850) t. I, pp. 283-285. PERUCCA (1963) vol. I, p. 369.

### **Scheda**

*Firma:* [etichetta esagonale sulla scatola] MÉTRONOME DE MAELZEL / BREVETÉ – LA FRANCE – ANGLETERRE – BAVIERE – AUTRICHE ET AUX ETATS UNIS /.

[sul meccanismo di orologeria] FURLY / R.DE LA FIDELITÉ / 2 / A PARIS /.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 101. [Stampigliato] 101. [Inciso] 331.

*Provenienza:* Marloye.

*Materiale:* legno, ottone, acciaio, piombo, avorio.

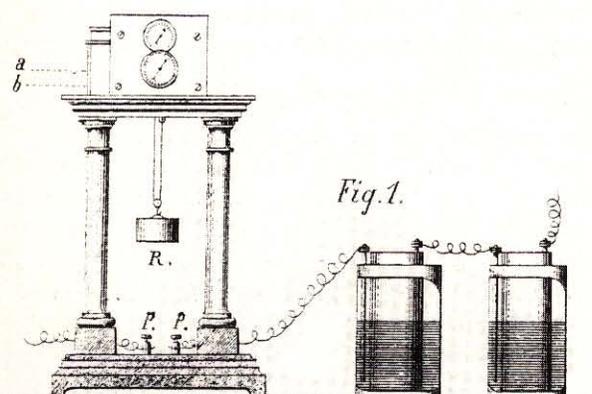
*Prezzo:* Lire 8.

*Dimensioni:* 108 x 108 x 225.

*Datazione:* È presente nell'inventario del 1880.

- \* Le dimensioni, che saranno espresse sempre in millimetri, devono essere intese come approssimative, anche perché gli oggetti possono avere dimensioni variabili. Nella scheda, quando sono indicati tre numeri si intenda: lunghezza × larghezza × altezza.

## CRONOSCOPIO DI HIPPI



### Finalità

Questo strumento misura brevi intervalli di tempo con una precisione del centesimo di secondo.

### Descrizione

Consiste in un meccanismo di orologeria, privo di pendolo e di scappamento, mosso dal peso **R** che scorre lungo un filo, di cui un capo è fissato a un gancetto sotto la mensola di appoggio e l'altro capo a un piccolo tamburo nelle cui scanalature

viene arrotolato durante la carica, che vien fatta girandone, con una chiavetta, l'asse che il tamburo ha in comune con la lancetta maggiore. Il peso **R** nel suo moto di discesa fa ruotare il tamburo e imprime il moto all'orologio. Quando lo strumento è fermo, è sufficiente la leggera pressione di una lamina su una ruota dentata per bloccare il cronoscopio, dato che la ruota dentata è la prima di una serie di ingranaggi che riducono il movimento. Se però viene fatta una pressione opportuna nel verso opposto su un ingranaggio, la ruota dentata inizia a muoversi, ed avendo i denti a forma di pinna unglulata, spinge ritmicamente in alto la lamina che comincia un movimento oscillatorio. Da quel momento il peso **R** trova sempre degli intervalli di tempo in cui la lamina non è in contatto con la ruota dentata e può scendere con continuità, mantenendo il movimento. La pressione della lamina sulla ruota, che può essere variata per mezzo di una vite, regola la marcia dell'orologio. Dato che per mettere in azione lo strumento occorre una spinta di avvio, questa azione è realizzata da un complicato sistema di leve. Mediante un cordoncino si abbassa la leva **b**, che scendendo comprime una lunga molla sottostante. Durante questa discesa in una prima fase viene sollevata una levetta, che scorre lungo i denti di un ingranaggio, su cui poi agirà sotto la spinta della molla nel moto di ritorno alla posizione iniziale, ed è questo movimento a dare l'avvio al cronoscopio. Continuando a tirare il cordoncino, la leva **b** fa bloccare la ruota dentata inserendo un ago nei suoi denti.

La levetta **a** viene abbassata mediante l'altro cordoncino e serve solo a togliere il blocco che era stato inserito nell'operazione precedente. A questo punto scatta la spinta di avvio che abbiamo appena descritto e il cronoscopio entra in funzione.

Basta però tirare di nuovo la leva **b** per fermare il movimento, e questo avviene subito e non al termine della corsa, quando viene inserito l'ago. Infatti, nel momento stesso in cui si inizia a tirare il cordoncino che abbassa **b**, inizia a salire la levetta che dà lo scatto iniziale. Quest'ultima è spinta subito contro l'ingranaggio da una molla piatta e questa pressione sull'ingranaggio è sufficiente per bloccare il peso **R**.

Continuando a tirare il cordoncino di **b** inizia nuovamente la prima fase, in cui la levetta raggiunge di nuovo la posizione di scatto; adesso la levetta, spinta dalla molla di **b**, sarebbe in posizione favorevole a far ricominciare il movimento, ma questa posizione è raggiunta proprio quando la levetta **b** inserisce l'ago nell'ingranaggio, e solamente tirando il cordoncino di **a** si riparte con il moto.

Nella parte anteriore del corpo dell'orologio vi sono due quadranti smaltati, di diametro differente, ma con ugual numero di divisioni, che sono 100, numerate ogni dieci. La lancetta più lunga avanza di una divisione ogni volta che l'altra lancetta compie un giro. Se la lancetta grande compie un giro in dieci secondi, allora ogni divisione del quadrante minore corrisponde a un millesimo di secondo.

Alla base del cronoscopio esistono due morsetti, che sono collegati attraverso le colonnine di sostegno della mensola ad altri due morsetti, a loro volta collegati a una piccola elettrocalamita fissata alla base della mensola dietro l'orologio. La resistenza dell'elettrocalamita è di 20 Ohm; se si alimenta il circuito esterno con una pila di 4,5 V, la corrente sarà di 225 mA. Questa corrente normalmente circolerà solo per pochi secondi, il tempo necessario allo sperimentatore per fermare l'orologio abbassando la leva **b**.

Quando il circuito è interrotto, una molla tira l'asse della lancetta più piccola verso di sé, collegandola a un ingranaggio circolare del sistema di orologeria, che ha i denti rivolti orizzontalmente verso l'interno. Infatti questo asse ha la possibilità di muoversi e porta trasversalmente una sbarretta con la quale si accoppia all'orologio, entrando in uno dei denti orizzontali. Quando si chiude il circuito, l'elettrocalamita attrae l'estremità inferiore di un'ancora, che è imperniata al centro ed è collegata all'estremità superiore con l'asse della lancetta. In questa maniera si allontana la sbarretta dall'ingranaggio separando le lancette dal meccanismo dell'orologio. La lancetta così svincolata non continua a girare, come farebbe per inerzia, perché nell'allontanarsi si incastra in un dente di un ingranaggio a denti laterali, identico al precedente ma fissato al telaio.

Gli indici cronometrici girano solamente dal momento in cui viene data la partenza col cordoncino al momento in cui viene chiuso il circuito. Subito dopo si può fermare anche il meccanismo abbassando **b** e fare la lettura. Il tempo misurato risulta come differenza tra la lettura eseguita dopo la chiusura del circuito e quella osservata prima di dare il via. Naturalmente se l'intervallo di tempo è più lungo di dieci secondi, occorre tenere a mente il numero di giri della lancetta grande. In molti esperimenti la chiusura del circuito è comandata automaticamente.

### **Cenno storico**

Sembra che Wheatstone sia stato il primo a pensare ad un apparecchio di orologeria, il cui movimento venisse fermato da un'ancora in ferro dolce, per mezzo di un elettromagnete. Hipp ha migliorato l'apparecchio facendo muovere l'orologio continuamente, anche quando le lancette sono bloccate.

Nell'inventario del 1880 vi è scritto «Cronografo Hipp per la caduta dei gravi». Ciò fa supporre che fosse usato in connessione con la macchina di Atwood.

### **Bibliografia**

DE LA RIVE (1858) t. III, pp. 464-467. DAGUIN (1867) t. III, pp. 839-843. BUCCOLA (1883) pp. 33-35.

### **Scheda**

*Firma:* [stampato sul quadrante più grande] M. Hipp.

*Identificazione:* [inciso] 49. [Etichetta metallica] 7.

*Provenienza:* Hipp, Neuchâtel.

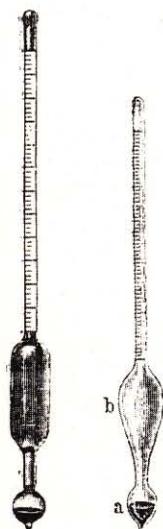
*Materiali:* legno, ottone, ottone smaltato, ottone al berillio [?], ferro, rame.

*Prezzo:* Lire 150.

*Dimensioni:* 210 x 152 x 443.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## AREOMETRI A PESO COSTANTE



### Finalità

Servono per misurare il volume di una massa di liquido uguale alla massa costante dello strumento, quindi un volume minore o maggiore, a seconda del maggiore o minore peso specifico del liquido. Differiscono tra di loro soprattutto per i diversi sistemi di graduazioni.

### Descrizione

Sono apparecchi a lettura diretta, generalmente di vetro, zavorrati in maniera da assumere una posizione verticale di equilibrio stabile quando vengono immersi in un liquido. Normalmente la parte superiore dell'areometro è un tubo o cannello vuoto a sezione costante; in questo caso la scala che vi è contenuta è a graduazioni equidistanti. La parte inferiore è costituita da un ampolla vuota, abbastanza voluminosa per controbilanciare la zavorra, che è contenuta in un bulbo più piccolo, posto al di sotto dell'ampolla, per la quale in genere si usa il mercurio oppure piccoli pallini di piombo. Quando la scala è divisa in parti di uguale volume, per determinare la densità di un liquido basta conoscere i punti di affioramento in due liquidi diversi, di cui si conosce la densità.

Lo strumento più comune e anche il più antico è il *pesa-acidi* o *pesa-sali di Beaumé*, usato soprattutto dai chimici per soluzioni di acidi o basi. Il chimico francese Antoine Beaumé alla fine del XVIII secolo ne ideò la graduazione. Beaumé graduava il suo strumento nella maniera seguente: metteva nel bulbo una quantità di mercurio o di palline di piombo in maniera che lo strumento affondasse quasi del tutto nell'acqua pura a  $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (10 gradi Réaumur) e segnava lo zero della scala nel punto di affioramento; poi lo immergeva in una soluzione formata con 15 parti di sale marino e 85 di acqua e segnava 15 nel nuovo punto di affioramento.

Divideva l'intervallo così ottenuto in quindici parti uguali e prolungava la divisione fino in fondo al cannello. Per liquidi più leggeri dell'acqua il Beaumé costruì un areometro simile, ma con meno zavorra, cosicché il punto di affioramento nell'acqua pura a  $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  fosse nell'estremo inferiore del cannello, e assegnò 10 a questo punto. Per graduarlo segnò lo zero nel punto in cui lo strumento affiorava in una soluzione acquosa di sale comune al 10% alla solita temperatura di  $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La graduazione veniva poi continuata per tutto il cannello fino alla sua estremità superiore.

Questo tipo di areometro dà solo indicazioni empiriche e occorrono dei calcoli per ottenere il peso specifico del liquido. Non si conoscono né il modo seguito da Beaumé nella preparazione delle soluzioni saline, né le precauzioni adottate da lui riguardo alla purezza del sale e all'accuratezza delle pesate, non si sa neppure se avesse tenuto conto dell'aria spostata dallo strumento nelle varie posizioni: tutto ciò porta a una incertezza nella fabbricazione di uno strumento standard di questo tipo.

Per questo motivo sono più utili gli areometri che danno immediatamente il volume specifico. Se lo strumento deve essere utilizzato per liquidi più densi dell'acqua, si segna 100 al punto di affioramento dello strumento quando è immerso nell'acqua. Zavorrando opportunamente, quasi tutto lo strumento sarà immerso e il punto di affioramento sarà nell'estremità superiore del cannello. Immergendo poi l'apparecchio in un liquido di peso specifico conosciuto  $p$ , ottenuto per esempio con una soluzione preparata artificialmente, si segna nel nuovo punto di affioramento il valore corrispondente, che sarà  $100/p$ . Si divide poi l'intervallo tra i due punti in  $100(p - 1)/p$  divisioni e si prolunga per tutto il cannello. Se lo strumento, immerso in un liquido di cui si vuol conoscere la densità, affiora alla divisione  $n$ , si intenderà che  $n$  centimetri cubici del liquido pesano quanto 100 centimetri cubici di acqua. Se lo

strumento deve servire per liquidi meno densi dell'acqua il punto di affioramento nell'acqua pura deve trovarsi in fondo al cannello vicino al bulbo di zavorra. Per la graduazione si procede nella maniera già indicata. Il cannello deve essere a sezione esattamente costante, per evitare di introdurre un errore quando si suddivide la scala in parti uguali.

### **Bibliografia**

SALLERON (1864) pp. 73-77. VIOLLE (1884) t. I, pp. 580-588. BATTELLI (1896) pp. 52-61. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. I, pp. 337-342. CHWOLSON (1907) t. I, troisième fasc., pp. 572-575. DRIGO, ALOCCO (1945) pp. 37-381.

### **Schede**

#### **A) Strumento posto a sinistra nella riproduzione fotografica**

La scala inizia in alto con 0 e ha divisioni centesimali, segnate di una in una, numerate ogni 10, fino a 70; prosegue poi con altre 2 divisioni.

*Firma:* Aräometer fur schwere Flüssigkeiten nach Baumé Temp. 15 °C.

*Identificazione:* n.c.

*Provenienza:* n.c.

*Materiale:* vetro, scala di carta.

*Prezzo:* n.c.

*Dimensioni:* 307.

*Datazione:* n.c.

#### **B) Strumento posto al centro.**

La scala inizia in alto con 1,800 e ha divisioni millesimali, segnate di due in due, numerate ogni 20, fino a 2,000. Prosegue poi con altre 8 divisioni.

*Firma:* Areometro a peso specifico. Tp. 15 °C.

*Identificazione:* n.c.

*Provenienza:* n.c.

*Materiale:* vetro, pallini metallici, scala di carta.

*Prezzo:* n.c.

*Dimensioni:* 295.

*Datazione:* n.c.

#### **C) Strumento posto a destra nella riproduzione fotografica.**

La scala inizia in alto con 1,400 e ha divisioni millesimali, segnate di due in due, numerate ogni 10, fino a 1,600. Prosegue poi con altre 8 divisioni.

*Firma:* Areometro Sist. Spec. Gerv. Tp. 15 °C.

*Identificazione:* n.c.

*Provenienza:* n.c.

*Materiale:* vetro, mercurio, scala di carta.

*Prezzo:* n.c.

*Dimensioni:* 380.

*Datazione:* n.c.

## CATETOMETRO

### Finalità

Serve per misurare la distanza verticale tra due punti, o la distanza dei piani che li contengono, quando i due punti non sono sulla stessa verticale.

### Descrizione

Su un pesante basamento costituito da un treppiede a viti calanti **m**, è fissata una robusta asta cilindrica, lungo la quale può scorrere con un movimento a cremagliera una slitta **F** su cui è fissato un cannocchiale **B**, munito di reticolo. Lungo l'asta è incisa una accuratissima scala millimetrica argentata; la slitta è munita di un nonio in cui 49 millimetri sono divisi in cinquanta parti, cosicché si apprezza il cinquantesimo oppure il centesimo di millimetro, se la scala è ulteriormente divisa in mezzimillimetri. La slitta è costituita da due parti: quella inferiore **F'**, più piccola, può essere fissata in una posizione qualsiasi lungo l'asta, mediante la vite a pressione **k**; quella superiore **F** è collegata a **F'** mediante una vite micrometrica, che permette di modificare lentamente la posizione del cannocchiale. La distanza verticale tra due punti si ricava per sottrazione, dopo aver letto sulla scala argentata e sul nonio le quote a cui stanno i due punti da misurare. Una corda metallica si arrotola su una puleggia **T** e porta all'altra estremità un contrappeso di piombo, facilitando il movimento della slitta **F**.

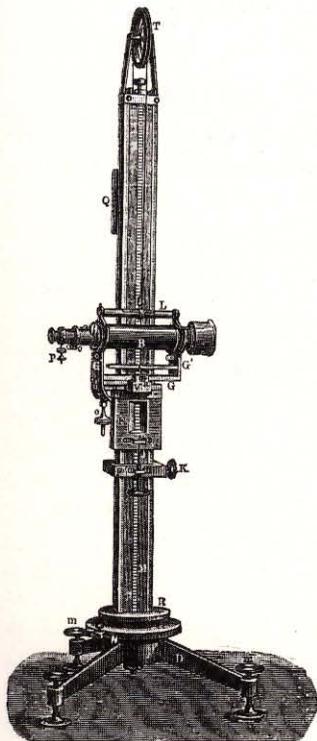
Per una misura precisa occorre che la colonna sia perfettamente verticale e che il cannocchiale sia esattamente orizzontale. Il cannocchiale è solidale con una livella, che può essere sopra o sotto il tubo del cannocchiale, ma sempre deve avere l'asse longitudinale nel piano verticale che contiene l'asse geometrico del cannocchiale. La forchetta che sostiene e collega il cannocchiale alla slitta **F** può ruotare di piccole quantità intorno ad un asse perpendicolare alla colonna, per mezzo della vite di registrazione **o**. L'asse ottico del cannocchiale deve coincidere con l'asse geometrico. Sia l'oculare che l'obiettivo hanno un movimento a cremagliera di messa a fuoco, e si può far variare il fuoco da pochi centimetri di distanza fino ad alcuni metri. Nella letteratura citata si trovano descritte le operazioni necessarie per assicurarsi della verticalità dell'asse di rotazione e della orizzontalità dell'asse ottico del cannocchiale.

### Cenno storico

E' stato inventato da Pierre Louis Dulong e Talexis Thérèse Petit durante le loro ricerche sulla dilatazione assoluta del mercurio. Il suo nome viene da  $\kappa\alpha\theta\epsilon\tau\omicron\varsigma$  = verticale e  $\mu\epsilon\tau\rho\omicron\nu$  = misura.

### Bibliografia

VIOLLE (1883) t. I, 1<sup>ere</sup> partie, pp. 318-327. CHWOLSON (1906) t. I, 1<sup>er</sup> fasc., pp. 312-315. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. I, pp. 206-210. DRIGO, ALOCCO (1945) pp. 219-224.



### **Scheda**

*Firma:* [inciso sulla slitta] CH.NOÉ, constructeur, 8 rue Berthollet / n. 110 PARIS 1895.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 155. [Stampigliato] 155.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiale:* ottone, ferro, piombo, vetro.

*Prezzo:* Lire 1525.

*Dimensioni:* [asta] 1720. [Cannocchiale] 370. [Distanza dal centro delle viti calanti] 340.

*Datazione:* buono d'ingresso n° 165, tra novembre e dicembre 1896.

## BILANCIA STAUDINGER

### Descrizione

La bilancia è contenuta in una custodia con telaio in legno munito di vetri, perché correnti d'aria, anche lievi, possono alterarne la posizione di equilibrio ed è sufficiente il calore di una lampadina per dar luogo a correnti di convezione. Frontalmente vi sono due sportellini con doppia chiusura: una levetta è comandata da un pomellino, l'altra da una piccola chiave. Il pannello centrale può tessere tolto facilmente, lasciando libera tutta la bilancia. Altri due sportellini, disposti sui fianchi, si aprono dall'interno. La custodia poggia su tre viti calanti: due sul davanti, poste agli angoli, e una al centro della fiancata posteriore. La custodia ha anche due cassettini, con piccoli pomelli in avorio.

Secondo l'inventario del 1880 questa bilancia ha la sensibilità del quinto di milligrammo, con un carico massimo di 250 g. Questa sensibilità dipende sia dalla precisione raggiunta nell' eseguire i campioni delle masse, sia dall'azione del cavalierino. Il movimento del cavalierino, che in genere ha una massa di 10 mg e viene posto a cavallo sul lato superiore destro del giogo, è effettuato dall'esterno mediante un'asta cilindrica che scorre parallelamente al giogo stesso, lungo una guida fissata alla custodia di legno. All'estremità dell'asta sporge verso il giogo un piccolo braccio, che è traversato da un corto ago che può essere facilmente insinuato nel cavalierino per toglierlo dal giogo o può essere facilmente sfilato da esso, una volta sistemato il cavalierino nella posizione voluta. Il giogo, lungo circa 455 mm, possiede una graduazione simmetrica, con lo zero al centro, divisa in 50 parti, numerate ogni cinque, ma solo da 1 a 9, perché dopo le ultime cinque divisioni non c'è numerazione. La distanza tra due divisioni è di circa 4,3 mm, ma non è utile infittire le divisioni, poiché la bilancia non è sensibile a spostamenti minori del cavalierino. Variando di una divisione il cavalierino, si ha una variazione di un quinto di milligrammo, perché la scala termina proprio sopra il punto di sostegno del piatto.

Il fulcro centrale è un coltello in acciaio, che poggia su un piano di materiale non identificato, che potrebbe essere rubino, perché di questo materiale ha il caratteristico colore rosso; dello stesso materiale rosso sono fatti i piani posti alle estremità del giogo, sui quali poggiano i due coltelli, a loro volta solidali con i complessi che sostengono i piatti della bilancia. Un sistema di viti regola l'altezza e l'orientamento del coltello centrale, mentre i coltelli laterali sono regolati con l'azione contrastante di due coppie di viti. Con questi piccolissimi movimenti si rendono complanari i tre coltelli. Due viti laterali con dado circolare che funziona da contrappeso, permettono di spostare il centro di gravità del giogo in maniera che esso sia esattamente lungo il piano verticale che contiene il coltello centrale. Una vite centrale dello stesso tipo permette di alzare il centro di gravità, operazione che aumenta la sensibilità della bilancia.

Il giogo è sostenuto da una colonna di ottone nel cui interno scorre l'asta di un meccanismo, con cui si può tenere sollevato il giogo, allontanandolo dal piano di appoggio e bloccandone anche i movimenti laterali. Il giogo viene abbassato solo quando la bilancia deve pesare, in maniera da non impegnare continuamente i coltelli, che sono molto delicati. Una apposita chiave a pomello, conservata in uno dei cassetti, muove il meccanismo, attraverso una apertura al centro della custodia, coperta da un tassellino d'ottone. Quando si abbassa il giogo, liberandolo, il movimento continua, facendo successivamente abbassare due corte colonnine che terminano con un disco grande quanto i piatti della bilancia. Quando le colonnine sono sollevate, i piatti poggiano sui dischi e non impegnano i coltelli che li sostengono al giogo.

La colonna che regge il giogo, alta circa 280 mm, ha sul retro un filo a piombo, che passa per un anellino, per porre in verticale la colonna stessa. Una scala di avorio, avvitata ad un supporto di ottone alla base della colonna, ha lo zero centrale disposto esattamente lungo la verticale che contiene il fulcro della bilancia; a destra e a sinistra sono disposte simmetricamente 15 divisioni millimetriche. Quando l'indice è sullo zero il giogo deve essere orizzontale.

Se con un soffio leggero si fanno oscillare i piatti, le oscillazioni dell'indice devono avere per centro lo zero della scala. In questo caso si dice che la bilancia è equilibrata.

Nel catalogo 1880 c'è la seguente annotazione: «di non recente modello».

#### **Scheda**

*Firma:* [in corsivo] C. Staudinger in Giessen.

*Identificazione:* [stampigliato] 2. [Etichetta metallica] 163.

*Provenienza:* Staudinger, Giessen.

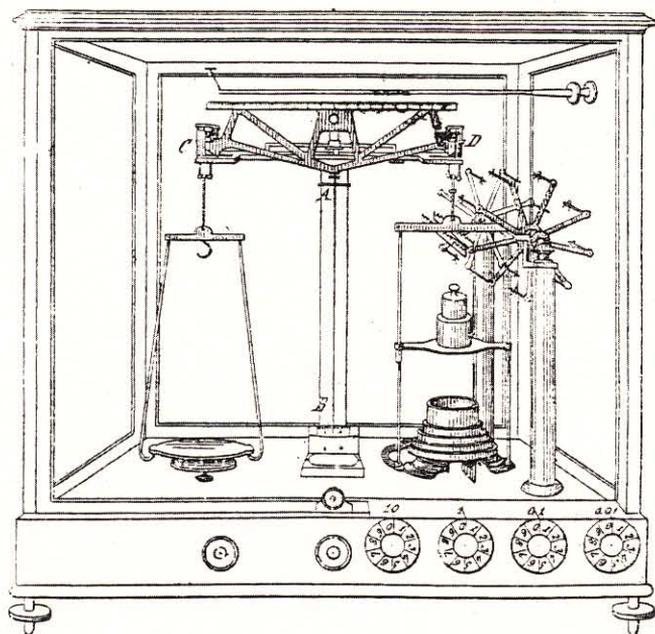
*Materiali:* ottone, vetro, acciaio, avorio, rubino.

*Prezzo:* Lire 300.

*Dimensioni:* [custodia] 635 x 177 x 493.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## BILANCIA DI NEMETZ



### Descrizione e uso

Il corpo da pesare si pone sul piatto a sinistra. I decagrammi sono costituiti da anelli cilindrici di diverso diametro: quattro da 10 g e uno da 50 g. Essi sono posti su gradini di supporto che si possono abbassare successivamente girando la chiave dei decagrammi posta all'esterno. Girando la chiave segnata 10 verso sinistra i pesi vengono caricati sul piattello: prima, l'uno dopo l'altro, i quattro anelli da 10 g. A questo punto un successivo movimento solleva i quattro pesi e fa scendere l'anello da 50 g. Continuando a girare la chiave ritornano a scendere sul piatto successivamente i quattro pesi da 10 g fino ad arrivare a 90 g.

I grammi sono costituiti da piastrine rotonde forate nel mezzo: quattro da un grammo e una da cinque grammi. Normalmente sono poste su punte d'avorio sporgenti dalla base. Girando la chiave dei grammi possono essere depositate sul piattello di carica. Secondo le necessità si depongono successivamente le piastrine da un grammo, fino ad arrivare a quattro grammi. Dopo scende la piastrina da 5 g, mentre si sollevano tutte insieme le quattro da un grammo. Poi tornano a scendere, l'una dopo l'altra, le piastrine da un grammo. I decagrammi e i grammi si leggono sulle posizioni delle loro chiavi. Per i decagrammi e i centigrammi esistono due appositi meccanismi, costituiti da due stelle con nove raggi ciascuna, rette da supporti, con appendici alle estremità, di differente lunghezza. Su queste appendici poggiano nove pesi filiformi che hanno l'aspetto di una **M** latina. Quelli portati da una delle due stelle sono tutti da 0,1 g; quelli dell'altra stella sono tutti da 0,01 g. Le appendici passano tra due guide dentate, fisse sulla parte anteriore del piattello di carica: i denti delle due guide corrispondono alle diverse lunghezze delle appendici che portano i pesi a **M**, cosicché se le stelle girano in un senso, questi pesi vengono depositati; se girano nel senso contrario i pesi vengono invece sollevati. Le rotazioni delle stelle si compiono mediante le chiavi esterne segnate 0,1 e 0,01. I milligrammi e i decimi di milligrammi si apprezzano con il solito cavalierino. Nelle misure di grande precisione le letture si fanno a distanza per mezzo di un cannocchiale, perché la presenza dell'operatore non alteri la temperatura delle diverse parti del giogo e quindi le lunghezze dei bracci. La bilancia di Nemetz è all'interno di una cassa di mogano a vetri e la pesata si compie a custodia chiusa, per evitare le correnti d'aria. Il piano è di marmo. I pesi conservati in scatola separata sono dorati.

### Bibliografia

BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. I, pp. 233-235.

**Scheda**

*Firma:* Jos. Nemetz Wien.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 331. [stampigliato] 550.

*Provenienza:* acquistata.

*Prezzo:* Lire 725.

*Materiali:* ottone, ferro, acciaio, marmo.

*Dimensioni:* 540 x 360 x 640.

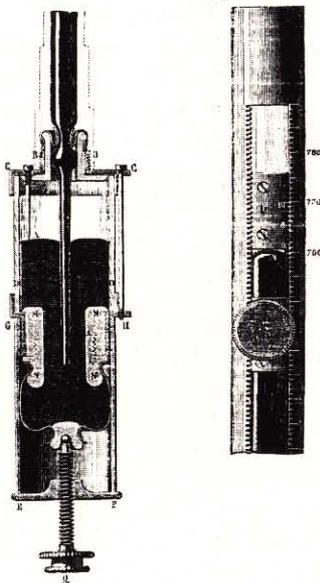
*Datazione:* buono di ingresso n° 166 del 12.12.1896.

## BAROMETRO DI FORTIN

### Descrizione

Questo strumento è detto a vaschetta a livello costante. Per un barometro che deve essere trasportabile è importante la leggerezza, perciò il tubo barometrico è stretto (circa 7 mm di diametro interno) e anche la vaschetta è stretta (circa 3 cm di diametro): si usa poco mercurio e le variazioni di livello del mercurio nella vaschetta e nel tubo sono comparabili.

La vaschetta (a sinistra nella figura) consiste in un cilindro di vetro **DD**, che lascia vedere il livello del mercurio, chiuso superiormente da un collare **BB**, di legno di bosso, unito a un disco dello stesso legno, su cui preme un anello o ghiera di ottone **CC** e inferiormente da un pezzo anulare **MMNN**, sempre di bosso, avvitato a una ghiera cilindrica **GEFH** di ottone. Il disco di legno forma la superficie interna del coperchio, il pezzo anulare insieme al cilindro di vetro invece costituisce la superficie laterale, in maniera da preservare il metallo dal contatto con il mercurio, quando la vaschetta è piena. Le due ghiera sono tenute insieme mediante tre viti, come quella **CH** rappresentata nella figura. Al pezzo **MMNN** è legata una pelle preparata di camoscio o di capra, che costituisce il fondo mobile della vaschetta.



Alla pelle è unito in basso un turacciolo con un incavo in cui si interna una vite **Q**: girando a destra o a sinistra si alza o abbassa la pelle e quindi il mercurio della vaschetta.

L'anello **BB** porta una punta d'avorio **A** la cui estremità segna lo zero della scala e quindi il livello che deve raggiungere il mercurio quando si adopera lo strumento. Nelle misure più precise si controlla lo zero della punta d'avorio mediante un catetometro.

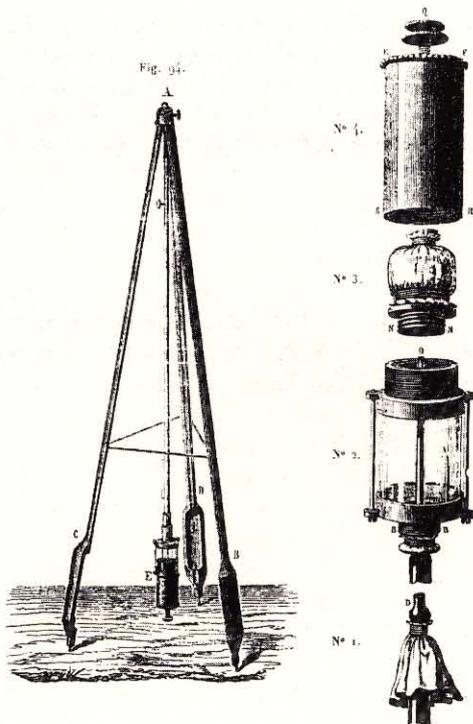
L'anello di bosso **BB** ha un foro attraverso il quale passa la canna barometrica. Questa ha una strozzatura verso il basso e termina in forma di cono molto allungato, per impedire l'ingresso dell'aria. La canna viene unita alla vaschetta per mezzo di un altro pezzo di pelle di camoscio forato al centro: il bordo viene unito al collare **BB**, il foro viene fermato intorno alla strozzatura. Questa pelle impedisce al mercurio di uscire dalla vaschetta e nello stesso tempo permette all'aria di esercitare all'interno la sua pressione sul mercurio. Dato che la pressione atmosferica si trasmette al mercurio della vaschetta attraverso i pori della pelle di camoscio, se si trasporta il barometro, occorre aspettare qualche tempo prima che l'equilibrio sia stabilito.

Il tubo di vetro, lungo circa 80 cm, è rinchiuso in un astuccio di ottone, a cui è tenuto fermo lateralmente per mezzo di anelli di gomma. L'astuccio è avvitato alla vaschetta. In alto, il tubo di vetro è fermato da un turacciolo di sughero. L'astuccio, che termina in un coperchio ad anello, ha due opposte fenditure longitudinali che lasciano vedere la parte superiore della colonna di mercurio, la sola che si osserva.

Lungo il tubo di ottone scorrono due ghiera, unite rigidamente tra di loro, ma separate da uno spazio attraverso il quale si può vedere il livello del mercurio. La ghiera superiore porta un nonio, di cui lo zero è il bordo orizzontale inferiore della ghiera stessa; quella inferiore porta un bottone con cui si fa girare una ruota dentata lungo una cremagliera realizzata lungo il lato di una delle due fenditure del tubo.

Sul lembo destro di una fenditura è incisa la scala che deve misurare l'altezza barometrica, cioè la differenza di livello fra le due superfici libere del mercurio, nella vaschetta e nel tubo. I numeri incisi danno i centimetri, le divisioni sono millimetriche.

Un termometro è fissato con viti all'astuccio di ottone. Il suo bulbo è in genere coperto esternamente e penetra per una apertura nell'interno dell'astuccio, in maniera da dare con



maggior approssimazione la temperatura del mercurio.

### Uso

Prima di iniziare una osservazione occorre installare il barometro verticalmente. A questo fine si utilizza una sospensione cardanica, utile soprattutto all'aperto. In laboratorio si usa una placca rigida, con in alto un gancio e in basso un anello attraverso il quale si fa passare la vaschetta. Il barometro si dispone da sé in verticale e poi viene fissato in tale posizione mediante tre viti sistemate nell'anello, cosicché lo strumento è immobile.

Alzando o abbassando il fondo della vaschetta per mezzo della vite, si porta il livello del mercurio nella vaschetta a contatto colla punta d'avorio. Quando la punta non la tocca, la superficie del mercurio taglia a metà la distanza tra la punta d'avorio e la sua immagine; al momento di immergersi, la punta deprime il mercurio intorno a sé: l'osservatore se ne accorge perché si vede una aureola luminosa che proviene dalla riflessione della luce sulla superficie della depressione.

Per questo ogni tanto occorre pulire la superficie del mercurio. Si fa la lettura, muovendo

il nonio fino al momento in cui l'occhio, posto nel piano orizzontale che contiene gli orli inferiori della ghiera, che sono lo zero del nonio, vede questi orli tangenti alla superficie convessa del menisco del mercurio. L'osservazione deve essere orizzontale per evitare errori di parallasse. Per misure precise occorre fare la correzione della capillarità. La correzione viene fatta per mezzo di tavole che danno la depressione capillare in funzione del diametro del tubo e della distanza tra sommità e base del menisco (il menisco non ha l'aspetto brillante della colonna). Si ha una maggior precisione confrontando il barometro di Fortin con un barometro standard per alcune settimane: le osservazioni devono presentare una differenza costante, perché la depressione capillare è necessariamente costante; a questa si aggiunge l'eventuale inesattezza dello zero, quando non coincide con la punta di avorio. Un vuoto imperfetto sopra la colonna di mercurio è un'altra causa di errore.

Dato che il calore modifica la densità del mercurio, perché le diverse osservazioni barometriche siano comparabili occorre riportarle alla temperatura di  $0^{\circ}$ : si ottiene una correzione approssimata, moltiplicando l'altezza osservata per  $(1 - T^{\circ}/5500)$ , qui  $T^{\circ}$  è la temperatura in gradi centigradi. Per questo motivo il barometro porta incorporato il termometro. Una correzione più piccola è dovuta alla dilatazione della scala di ottone, che si corregge moltiplicando per il fattore  $(1 + 1,00018T^{\circ})$ . I metereologi correggono anche l'altitudine, riducendo al livello del mare.

Quando si vuole trasportare il barometro, si alza il fondo della vaschetta in modo da riempire con il mercurio tutto il tubo; poi si rovescia la vaschetta in alto. Senza questa precauzione, a causa della elasticità della pelle di camoscio il mercurio potrebbe rimbalzare dal fondo della vaschetta verso l'estremità superiore che potrebbe rompersi per l'urto.

### **Cenno storico**

Questo barometro economico e trasportabile viene attribuito a Nicolas Fortin (Mouchy-la-Ville 1750 – Paris 1831). M. Daumas nel suo libro su Lavoisier dice che la vaschetta barometrica che prese in nome di Fortin era già usata da parecchi costruttori fin dal 1770. Fortin verso il 1810 diede alla vaschetta la forma cilindrica e le proporzioni convenienti, inaugurando un modo di realizzazione più robusto. Era adoperato nelle stazioni dell'Associazione meteorologica italiana.

### **Bibliografia**

BIOT (1824) t. I, pp. 183-189. NACCARI, BELLATI (1874) pp. 160-164. DAGUIN (1878) t. I, pp. 315-321. DENZA (1882) pp. 11-45. WITZ (1883) pp. 24-27. VIOLLE (1884) t. I, pp. 784-792. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. I, pp. 456-457. DAUMAS (1955) p.127.

### **Scheda**

*Firma:* Bunten / quai pelletier 30 PARIS / 1844.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 11.

*Provenienza:* Bunten, Paris.

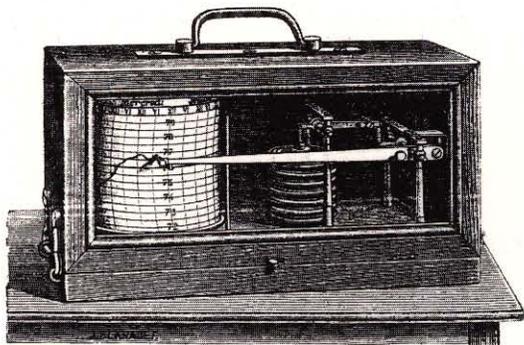
*Materiale:* ottone, vetro, legno, pelle di daino.

*Prezzo:* Lire 80.

*Dimensioni:* 100.

*Datazione:* [anno inciso sull'apparecchio] 1844.

## BAROMETRO REGISTRATORE RICHARD



### Finalità dell'apparecchio

Registra automaticamente la pressione atmosferica con continuità nel periodo di una settimana.

### Descrizione

L'apparecchio è costituito da otto scatole, simili ai tamburi di un barometro aneroido, sovrapposte in maniera che le loro deformazioni vengano a sommarsi. I movimenti prodotti da tali deformazioni sono trasmessi, per mezzo di un sistema

di leve, ad un indice portante una penna che lascia una traccia sopra un cilindro, dispositivo in tutto simile a quello descritto nella scheda del termometro registratore Richard. Le scatole cilindriche, a pareti metalliche sottilissime e assai flessibili, di poca altezza, hanno basi larghe e scanalate concentricamente, per aumentarne l'elasticità. Ogni scatola, fatto il vuoto, è chiusa ermeticamente: al suo interno contiene una molla a spirale che, avvolgendosi intorno ad un asse mediano, resiste alla pressione esterna, che tenderebbe a schiacciarla. Le dimensioni delle diverse parti descritte sono tali che l'escursione della penna rimane amplificata in modo da corrispondere a quella del barometro a mercurio: cioè un millimetro sulla carta equivale ad un millimetro della colonna di mercurio. La carta viene avvolta intorno al cilindro di ottone ed è tenuta agli estremi da una molla. Essa è rigata orizzontalmente e verticalmente: le linee orizzontali corrispondono ai millimetri di mercurio di pressione, quelle verticali alle ore. Le linee verticali sono arcuate in maniera da seguire il movimento della penna. In alto sono scritti i giorni della settimana. Quando la posizione della penna non corrisponde a quella del barometro a mercurio, si rettifica introducendo l'imboccatura più piccola della chiave nel foro collocato al di sotto dell'apparecchio, girando a destra o a sinistra secondo il bisogno. La sensibilità dell'apparecchio dipende dalla molla, che si regola per mezzo di un bottone a molla, posto alla base dell'indice che la sostiene. Essa sarà ben regolata quando, facendo oscillare l'indice, questo si muove liberamente, e la punta ritorna esattamente al suo posto. L'apparecchio è fissato su una base di legno ed è ricoperto da una custodia a vetri, che è unita con una cerniera alla base da un lato e all'altro si attacca con due uncini. Un bottone che sporge in basso, muovendosi a destra (o a sinistra) permette di far avanzare un'asta metallica verticale, con cui si allontana (o avvicina) la penna, quando si vuole cambiare la carta o spostare l'apparecchio. Prima di iniziarne l'uso, occorre controllare se l'orologio è ben regolato e se l'indicazione della pressione è giusta.

### Bibliografia

DENZA (1882) pp. 255-261. VIOLLE (1884) t. I, pp. 819-820. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. I pp. 460-462.

### Scheda

*Firma:* [sulla base di ottone] RICHARD FRERES / CONSTRUCTEURS. / BREVETÉS / À PARIS /  
[Punzonato in altro luogo sempre sulla base] BREVETÉS S.G.D.G.(R.F.) PARIS / 2715 /.

[Targhetta sulla scatola di lamiera] BAROMETRE ENREGISTREUR / BREVETÉ S.G.D.G. / RICHARD FRERES / CONSTRUCTEURS / 8, IMPASSE FESSART / PARIS.

*Identificazione:* [stampigliato] 480. [Etichetta metallica] 16. [Etichetta di carta] 683

*Provenienza:* Pierucci

*Materiale:* ottone, lamiera.

*Prezzo:* Lire 111,5.

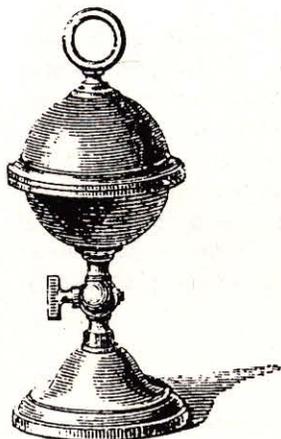
*Dimensioni:* 290 x 135 x 160.

*Datazione:* buono di ingresso n° 46 del 20.5.1887

## EMISFERI DI MAGDEBURGO

### Finalità

Serve a dimostrare gli effetti della pressione atmosferica e la sua isotropia.



### Descrizione

Due emisferi cavi di ottone si aggiustano uno sopra l'altro esattamente. L'emisfero superiore termina in un anello, quello inferiore è fissato a una base e comunica con l'esterno attraverso un rubinetto. Si fanno aderire a tenuta gli emisferi, interponendo una guarnizione anulare di cuoio spalmata di grasso, e si collega il tutto a una macchina pneumatica. Quando l'aria all'interno è rarefatta e il rubinetto è chiuso, la pressione atmosferica tiene così aderenti le due metà che occorre esercitare una forza notevole per separarli. Quando si apre il rubinetto la pressione interna equilibra quella esterna e i due emisferi si separano facilmente.

### Cenno storico

L'apparecchio è stato inventato da Otto von Guericke (1602-1686) che fu borgomastro di Magdeburgo nel 1646, a cui si deve anche l'invenzione della macchina pneumatica. Nel 1654 a Regensburg, davanti al Reichstag e all'imperatore Ferdinando III, Guericke eseguì un esperimento con gli emisferi, che furono separati solo con la forza di sedici cavalli, quattro paia per ciascun emisfero.

### Bibliografia

MAJOCCHI (1850) t. I, p. 466. SALLERON (1864) p. 107. GANOT (1874) p. 92. CAJORI, GAMBIO-  
LI (1909) pp. 60-63. RAGOZZINO, SCETTINO (1985) pp. 32-33.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [Inciso sul gambo] 72. [Etichetta metallica] 13. [Stampigliato] 13.

*Provenienza:* Deleuil, Paris.

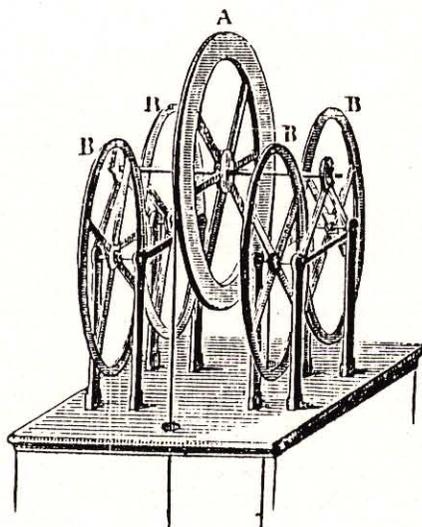
*Materiale:* ottone.

*Prezzo:* Lire 20.

*Dimensioni:* Øint. 98, Øest. 113. Altezza 250 [senza anello].

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## MACCHINA DI ATWOOD



### Finalità

Riduce l'accelerazione con cui un corpo cade sotto l'azione della gravità. Se due pesi identici  $Q$ , collegati tra loro mediante un filo di seta, vengono sospesi a una puleggia, nella cui gola passa il filo, essi rimangono in equilibrio. L'aggiunta di una piccola massa  $m$  a una estremità fa sorgere una forza peso  $mg = p$  ( $g=9.8 \text{ m s}^{-2}$ ). Il sistema ha massa  $M = (2Q/g) + m$ . Perciò l'accelerazione  $a$  del sistema sarà  $a = gp/(2Q + p)$

### Descrizione

I ruotismi poggiano sopra la mensola portata da una robusta colonna impiallacciata in mogano di due metri di altezza. La caduta dei pesi comporta solo un piccolo numero di giri della puleggia centrale ( $\varnothing=18 \text{ cm}$ ), nella cui gola è situato il sottile filo di seta che porta ai suoi capi i due pesi

uguali. L'asse della puleggia ( $\varnothing=3,4 \text{ mm}$ ), poggiando liberamente sulle periferie incrociate di quattro ruote mobili ( $\varnothing=10,5 \text{ cm}$ ), quasi senza dissipazione di energia, per attrito di rotolamento, fa muovere di un piccolo angolo le quattro ruote, e solo nei supporti ( $m=3,4 \text{ mm}$ ) di quest'ultime si ha qualche dissipazione di energia.

Due fori praticati nella mensola fanno passare il filo che sostiene alle estremità due pesi  $Q$  esattamente uguali.

Gli spazi percorsi vengono misurati lungo un regolo verticale diviso in centimetri. Su questo regolo possono fissarsi ai punti voluti, per mezzo di una vite a pressione, un cursore ad anello, che lascia passare i pesi ma trattiene il sovrappeso, e un cursore a piattello, destinato a fermare il movimento dei pesi. Un orologio con il pendolo che batte i secondi è fissato alla colonna.

### Esperimento

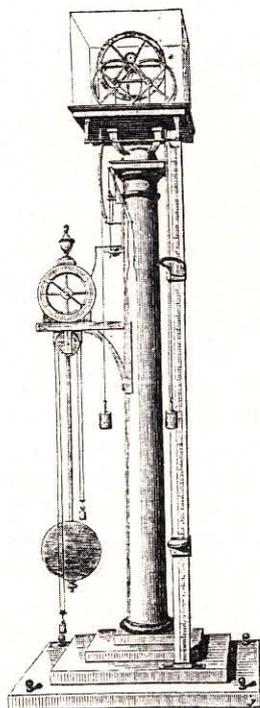
Si aggiunge al peso  $Q$  che è davanti al regolo graduato il sovrappeso  $p$ . Si porta questo peso allo zero del regolo, ove è un piattello snodato, che si può collocare orizzontalmente fermandolo mediante una leva, la cui posizione è governata da un eccentrico che si muove insieme all'asse, sul quale è fissata la lancetta dei secondi dell'orologio. Le cose sono disposte in maniera che il piattello rimane libero e per il proprio peso assume la posizione verticale quando la lancetta dei secondi passa per lo zero del quadrante, dando così inizio alla caduta.

Per tentativi si dispone il piattello inferiore nella posizione in cui il peso, scendendo, batte contro di esso esattamente quando la lancetta segna  $t$  secondi. Variando il tempo  $t$ , si prova in questo modo che gli spazi percorsi vanno come i quadrati dei tempi impiegati a percorrerli.

L'apparecchio permette di misurare la velocità acquisita dal peso al momento in cui passa attraverso il cursore ad anello. Infatti il peso  $Q$  ha diametro inferiore e passa, mentre automaticamente viene tolto il peso  $p$ , che essendo formato da una sbarretta o strisciola sufficientemente lunga, non attraversa l'anello e vi rimane sospeso. Da quel momento il peso  $Q$  si muove con velocità costante. Misurando il tempo fino all'arresto di  $Q$ , che avviene quando incontra il piattello inferiore, posto a una distanza prefissata dall'anello, se ne deduce la velocità.

Cambiando i pesi  $Q$  e  $p$  si può inoltre misurare il momento di inerzia dei ruotismi e quindi

(aggiungendo una costante  $k$  a  $Q$ ) arrivare anche a una ragionevole misura della accelerazione  $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ . Il nostro esemplare (che è privo di pendolo, di pesi e dei piattelli, andati perduti) non sembra aver avuto un meccanismo di partenza collegato con l'orologio.



### Cenno storico

La macchina, dal nome del suo inventore George Atwood (Londra 1746-1807), professore al Trinity College a Cambridge, permette di dimostrare la validità delle leggi del moto dei gravi in un laboratorio didattico. In Italia, scrivendo ad Alessandro Volta da Londra il 9 aprile 1779, ne dà notizia per primo il Magellan, che il 22 novembre dello stesso anno comunica il prezzo della macchina: 20 ghinee. Il Volta riceve da Londra un esemplare, il terzo fabbricato (contando anche la prima macchina in possesso dell'Atwood). Lo stesso Magellan pubblicò un'operetta descrivendo questa macchina, di cui si ha una bella riproduzione nelle tavole degli *Elementi di Fisica* di G.S. Poli, che mostra anche i ruotismi per diminuire l'attrito. Il Poli, (Molfetta 1746 – Napoli 1825), aveva fatto fare una copia della macchina a Londra dal celebre Ramsden per l'Accademia dei Cadetti di Napoli. Un'opera di Atwood contenente la descrizione dell'esperimento (esp. XLV) venne tradotta dal padre Gregorio Fontana, professore di matematica sublime all'Università di Pavia: *Compendio d'un corso di lezioni di fisica sperimentale del sig. Giorgio Atwood ad uso del Collegio della Trinità e dell'Università di Cambridge*. (Pavia 1781).

È difficile stabilire quando il primo esemplare della macchina entrò nel Gabinetto di Fisica dell'Università di Pisa: non appare nell'inventario del 1801, redatto in occasione della consegna del gabinetto a Luigi Melegari. Nel 1810 Gaetano Savi consegnò sostanzialmente invariato il Gabinetto a Giuseppe Gatteschi. La

macchina è descritta nella prima edizione del trattato di Ranieri Gerbi, pubblico professore di Fisica nell'I. e R. Università di Pisa, che uscì nel 1818 con il titolo: *Elementi di Fisica*, cambiato poi in *Corso Elementare di Fisica* nel 1823, con un'ultima edizione ampliata nel 1831. La macchina descritta dal Gerbi utilizza misure in pollici inglesi e in once *avoirdupois* (28,35 grammi). L'accelerazione è ridotta a un  $1/64$  della accelerazione di gravità (l'Atwood aveva disposto i pesi in maniera che l'accelerazione fosse ridotta a  $1/65$ ).

Carlo Matteucci nel sue *Lezioni di Fisica*, la cui prima edizione è del 1842 e la quarta è del 1850, e Luigi Pacinotti nella sua *Meccanica Architettonica e Industriale con regole pratiche per le costruzioni, e per l'uso delle macchine*, descrivono una macchina simile.

Nell'inventario che ha la data del 16 novembre 1831 e che fu fatto in occasione della consegna di tutte le macchine da parte di Olinto Dini, che lasciava la cattedra, al nuovo professore di Fisica Sperimentale Luigi Pacinotti, si legge:

- 400 Il Pilastro della Macchina di Atwood con un regolo verticale graduato in pollici inglesi.
- 405 Il complesso delle ruote, e i diversi pesi della Macchina di Atwood, il di cui pilastro è citato al numero 400.

La macchina nel 1831 aveva quindi il sistema ad attrito volante a cinque ruote per la sospensione della puleggia. L'esemplare che è pervenuto sino a noi deve essere stato comprato a Parigi prima del 1854. Infatti in data 22 marzo 1854 il Provveditore del Pubblico Studio di Pisa ricevette la seguente richiesta: «Il Cav. Direttore del R. Istituto Tecnico di questa Capitale commise al Macchinista Mariano Pierucci la costruzione della Macchina di Atwood da servire ai bisogni di quello stabilimento. Avendo il Pierucci condotto a termine tal lavoro, il mentovato

*Direttore desidera che sia veduto ed esaminato, prima di farlo trasportare a Firenze da persone competenti, onde essere certo che la Macchina agisca nel modo conveniente; che sia eguale per la dimensione e per la esecuzione a quella costruita a Parigi nella officina del signor Deleuil (la quale si possiede da cotesto Gabinetto fisico); e che sia fornita del necessario apparecchio per effettuare il distacco del peso per mezzo di una calamita temporaria. Ed io invito VS. Illma. a pregare alcuni dei Professori di cotesto Pubblico Studio che Ella stimi più idonei all'uopo, a fare la ispezione della quale si parla, ed a riferire se la macchina abbia tutti i pregi che deve possedere. Ed in attenzione di un suo riscontro passo all'onore di segnarmi pieno di ossequi di VS. Illma. Dal Minist<sup>o</sup>. della Istruzione pubblica».*

Luigi Pacinotti a p. 177 del libro prima citato aveva già suggerito: «per tali pronti distacchi (e attacchi) miglior di qualunque altro meccanismo è una calamita temporaria, la quale perdendo la forza all'interrompere della corrente elettrica lascia cadere l'ancora.»

Wheatstone proprio nel 1854 aveva applicato alla macchina di Atwood il suo cronoscopio elettrico, apparecchio in seguito perfezionato da Hipp. La nostra macchina non ha tracce di eccentrico nell'orologio o di leva lungo la colonna, conforme la disposizione classica del meccanismo per la partenza dei pesi in connessione con l'orologio a pendolo. La richiesta dell'Istituto Tecnico Toscano dell'apparecchio a calamita temporaria fa pensare che l'esemplare del nostro Gabinetto di Fisica avesse tale dispositivo elettrico, forse successivamente controllato con il cronoscopio di Hipp, che nel nostro inventario è presente con la menzione: «per la caduta dei gravi».

Non possiamo concludere questo lungo cenno storico senza dare qualche informazione, forse sconosciuta ai più, sull'origine dei ruotismi ad attrito volvente. Ne è inventore Henry Sully (1680-1728) «forse la più romantica figura nella storia dell'orologeria» con grandi contributi tecnici in questo campo e autore di alcune operette sull'orologeria. Il meccanismo che ci interesse appare accuratamente descritto alle pagine 9 e 10 della sua *Description abrégée d'une horloge d'une nouvelle invention, pour la juste mesure du Temps sur Mer. Avec le jugement de l'Academie Royale des Science sur cette Invention*, stampato a Parigi nel 1726. Vi è pure una bella incisione che mostra i ruotismi che sorreggono il perno del bilanciere: «Car, le Pivot du Balancier, qui porte presque tout le poids du Balancier & du Levier. étant appuyé sur le deux Rouleaux m, 1. & m, 2. tout le frottement est déjà transporté aux Pivots de ces Rouleaux...».

## Bibliografia

SULLY (1726) pp. 9-10. ATWOOD (1776) tradotto da FONTANA (1781) pp. 18-19. VOLTA, lettere n° 327, 354, 429, 436, 669. POLI (1796) vol. II, pp. 14-17. POISSON (1811) pp. 42-48. FISCHER (1817) pp. 35-40. BIOT (1821) pp. 74-79. GERBI (1818) vol. I, pp. 110-115. SCINÀ (1833) vol. II, pp. 2-21. MATTEUCCI (1841) t. I, pp. 65-70. PACINOTTI (1845) pp. 176-79. DELAUNAY (1854) pp. 95-104, 183-185. DAGUIN (1857) t. III, pp. 842-843. (1878) t. I, pp. 101-103. SALLERON (1864) 3<sup>eme</sup>. partie, pp. 19-20. GANOT (1874) pp. 34-36. VIOLLE (1883) t. I, pp. 178-186 e 194-196.

## Scheda

*Firma:* [incisa sull'orologio] Deleuil – Paris.

*Identificazione:* [stampigliato] 14 e 5. [Etichetta metallica] 5. [Etichetta di carta] 47.

*Provenienza:* Deleuil.

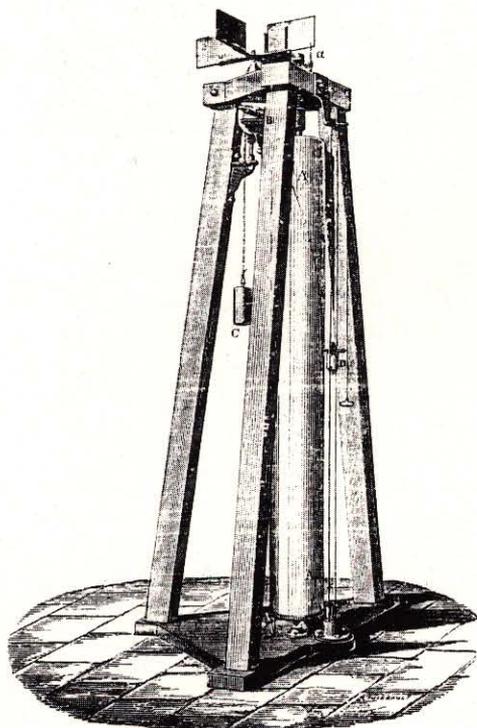
*Materiale:* ottone, legno.

*Prezzo:* Lire 500.

*Dimensioni:* 550 x 550 x 2600.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## MACCHINA DI MORIN



### Finalità

Questa macchina segna una data importante nella storia della scienza, perché presenta per la prima volta un meccanismo di registrazione abbastanza esatta, che permette al ricercatore di ottenere un grafico della caduta libera di un peso da poter studiare e confrontare con altri dati. L'apparecchio combina infatti un movimento uniforme della carta con il movimento da studiare. Mediante una penna si ottiene una traccia sulla carta che gira con un movimento di rotazione uniforme intorno ad un asse verticale: la curva avrà per ordinata le altezze e per ascissa il tempo.

### Descrizione

La parte principale della macchina è il cilindro, che prima di ogni esperimento verrà ricoperto con un foglio di carta leggermente inumidito e incollato nei bordi. Il cilindro verticale ha una altezza di 2,1 m e una circonferenza di 39,2 cm (che corrispondono ad un diametro di 12,5 cm). Davanti ad esso si pone il corpo di cui si vuole studiare la caduta, che in genere è un cilindro di ferro **M**, con punta conica, per

diminuire la resistenza dell'aria. Un peso motore è sospeso a una corda che si arrotola a un rocchetto **C**. Ad una estremità del rocchetto c'è una ruota **D** a denti inclinati a  $45^\circ$  che muove con una vite senza fine un volano ad alette. Il peso produrrebbe un moto uniformemente accelerato, ma le resistenze passive, soprattutto quella dell'aria sulle alette, equilibrano la forza motrice. Le alette possono essere inclinate per controllarne l'azione sull'aria, e il peso motore può essere variato in maniera da ottenere gradualmente una regolarizzazione del moto del cilindro, alla velocità di circa un giro per secondo, il che avverrà in genere dopo che il peso ha percorso i  $2/3$  o i  $3/4$  della sua caduta. Resta tuttavia abbastanza tempo per far partire il corpo **M**, mediante una cordicella che sposta una levetta che blocca **M**, il quale viene guidato da due fili metallici ben tesi e paralleli che passano attraverso quattro orecchiette saldate a **M**, per impedire che l'attrito tra la penna (che è spinta verso il cilindro da una molla) e il cilindro faccia allontanare dalla verticale il percorso.

Il peso batte a fine corsa in uno zoccolo cilindrico di legno, ricoperto di ottone, scavato a forma conica, in cui vi è un feltro per attutire il colpo. Sul foglio di carta vengono tracciate linee parallele alla generatrice mediante un regolo di legno che si può porre sul montante destro della struttura dell'apparecchio e assai vicino al cilindro. La base del cilindro ha un cerchio con denti d'arresto: una levetta blocca successivamente il movimento durante l'operazione di tracciare le rette parallele. Prima si fa fare un giro al cilindro per segnare il cerchio da cui inizierà la caduta, poi si fa partire il cilindro. Avendo l'accortezza di porre d'incontro alle alette del volano una lamina sottile, dal rumore di ogni urto di questa si riconosce quando il movimento diviene uniforme.

### **Cenno storico**

Arthur Morin, (Paris 1795 – id. 1880), presentò il 7 gennaio 1850 all'Accademia di Francia la sua macchina, in sostituzione della macchina di Atwood : «per rendere sensibile la legge della caduta dei gravi». Nella 2a ed. del suo libro, stampato da L. Hachette a Parigi nel 1855 : «Leçons de Mécanique pratique. Notions Fondamentals de Mécanique» inserisce alle pp. 86-93 una descrizione minuziosa del modello «adottato per i licei dal Ministero della Pubblica Istruzione». In un esemplare esistente al «Conservatoire des arts et metiers» in cui il cilindro aveva un'altezza di metri 3,1 e la circonferenza di un metro, era possibile distinguere il millesimo di secondo e misurare molto bene le velocità.

### **Bibliografia**

MORIN (1855) pp. 86-90. DAGUIN (1878) pp. 103-105. VIOLLE (1883) pp. 186-193.

### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 6.

*Provenienza:* Laboratorio del Gabinetto di Fisica (Mariano Pierucci).

*Materiale:* legno, ottone.

*Prezzo:* Lire 250.

*Dimensioni:* lato della base triangolare 900. Altezza 2000. Cilindro: diametro 228, altezza 1586.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.



## ELIOSTATO DI SILBERMANN

### Finalità

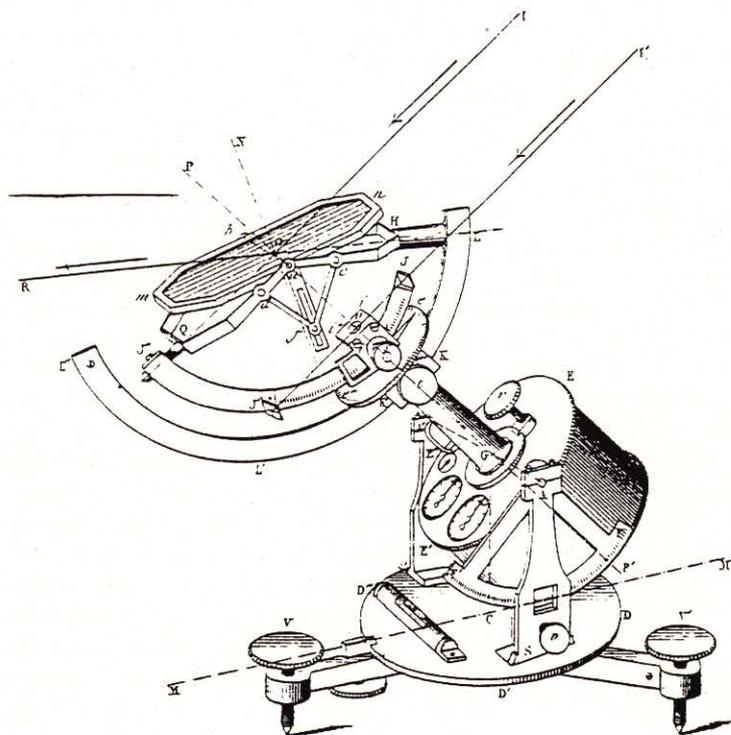
In molte esperienze di ottica si può usare la luce del sole, (che offre una intensità e un parallelismo notevoli), introducendola dalla finestra attraverso una piccola apertura nella camera oscura. I raggi, sempre molto inclinati, vengono fatti riflettere secondo una direzione orizzontale mediante uno specchio metallico sistemato tra la finestra e la camera oscura; tuttavia i raggi riflessi, a causa del movimento del sole, non possono mantenere una direzione costante, per cui occorre muovere continuamente lo specchio. Durante il giorno, infatti, il sole si muove su una circonferenza, parallela all'equatore la cui declinazione cambia nel corso dell'anno, passando da  $23^{\circ} 27'$  (solstizio d'estate) a  $0^{\circ}$  (equinozi) e a  $-23^{\circ} 27'$  (solstizio d'inverno).

L'eliostato è un apparecchio che pone rimedio al primo inconveniente (moto diurno), facendo muovere lo specchio con un congegno di orologeria, in maniera che i raggi solari nel corso dell'esperimento si riflettano sempre in una direzione costante. L'apparecchio non compensa però il piccolo cambiamento di declinazione (moto annuo).

### Descrizione

La base è un disco **DD'D''**, che porta una livella a bolla d'aria, la cui posizione può essere registrata con una vite. La base si impernia sull'asse di un treppiedi a viti calanti, **V, V', V''**, che permette di collocare il disco in una posizione perfettamente orizzontale.

Alla piattaforma sono avvitate due colonnette **S** e **S'**. In una di queste è aperta una finestra in cui è inciso un nonio con divisioni da 0 a 30. Sopra questa scala si legge quella incisa sull'arco **FF**, che è solidale con la scatola cilindrica che contiene l'orologio: con il nonio la



scala, che va da  $-5^\circ$  a  $110^\circ$  con divisioni di mezzo grado, permette di distinguere il minuto primo. La scatola dell'orologio è imperniata alle estremità superiori delle colonnette e ruota intorno all'asse orizzontale **AA'**.

Sul coperchio della scatola dell'orologio vi sono incisi due quadranti. Nel primo la lancetta compie un giro in due ore e quindi, essendovi segnate 120 divisioni, numerate ogni quarto d'ora, si può leggere il tempo trascorso in minuti primi. Nel secondo, pure con 120 divisioni, la lancetta compie una rotazione in 30 secondi, e vi si può leggere il quarto di secondo. Sul coperchio inoltre è posta una rotellina per arrestare l'orologio e una lancetta con cui, agendo sul bilanciere, si fa avanzare o ritardare l'orologio.

Si gira la scatola, inclinandola secondo la latitudine del luogo, (per esempio, a Pisa è  $43^\circ 43'$ ); bloccando poi l'inclinazione mediante la vite di pressione **v**. Si gira il disco **DD'D'** orientandolo in maniera da porre la linea di fede tracciata su di esso nel piano meridiano del luogo, indicato con **MM'**: dopo queste operazioni l'asse dell'orologio **PP'** diventa parallelo all'asse terrestre.

L'asse dell'orologio è formato da un'asta in acciaio all'interno di due tubi concentrici.

Il tubo esterno, indicato con **G**, può essere fatto ruotare, fissando poi la posizione prescelta con la vite **r**: il tubo termina con un pezzo metallico **hk** che presenta una fenditura in cui può scorrere ed essere fissato mediante una vite di pressione **t** un arco metallico **LL'L''**. Quest'arco, ha per centro il punto sullo specchio determinato dal prolungamento ideale dell'asse dell'orologio. Faremo vedere adesso che facendo scorrere questo arco nella fenditura e ruotando **G** possiamo scegliere la direzione del raggio riflesso. Il tubo interno, fermato sul fondo della scatola dell'orologio, sostiene in alto il quadrante dell'orologio **ee'e''**, sul quale sono segnate le ore del giorno, da 1 a 12 nella prima metà, poi ripetute nella seconda metà, con divisioni ogni cinque minuti. L'asse dell'orologio, al centro dei due tubi, fa compiere in 24 ore un giro ad un indice solidale con il cubo **ii'i''**, nel quale passa attraverso una fenditura e può essere fissato nelle varie posizioni l'arco metallico **JJ'J''** (arco di declinazione). L'indice termina in un piccolo nonio, con cinque divisioni, che permette quindi la precisione del minuto primo.

Su questo arco, che è concentrico con l'arco **LL'L''**, vi sono due tipi di divisioni, da un lato quella in gradi (da  $-30$  a  $30$ ) e dall'altro quella che riporta i mesi, divisi in due semestri, segnando i giorni di 5 in 5. All'estremità di ogni arco, (**L** per l'arco inferiore, **J''** per quello superiore) può girare una delle due asticine che sorreggono lo specchio.

Quando l'eliostato è orientato, queste asticine hanno la direzione rispettivamente del raggio riflesso e di quello incidente. Infatti ciò si realizza fissando sull'arco **JJ'J''** la declinazione che corrisponde al giorno in cui viene fatta l'esperienza, e facendo segnare l'ora vera all'indice dell'orologio. L'ora vera corrisponde all'angolo orario del sole, e la sua differenza dal tempo solare medio è data dall'equazione del tempo. L'asticina **QJ''** è a  $90$  gradi dallo zero dell'arco di declinazione (equinozio), e quindi ha la direzione del raggio incidente; girando insieme all'asse dell'orologio continua a mantenerne la direzione nel corso dell'esperienza.

Le due asticine **QJ''** e **HL** sostengono due forcelle che si imperniano secondo un asse comune **ab** al centro dello specchio. Ad ognuna delle due forcelle è attaccata, a uguale distanza, un'asticella: gli estremi delle due asticelle, tra di loro uguali in maniera da produrre un quadrilatero articolato, sono scorrevoli nella scanalatura praticata in un'asta **af**, perpendicolare allo specchio e unita rigidamente ad esso in **a**. In questa maniera i raggi solari che colpiscono lo specchio con una direzione variabile ma che è sempre quella di **QJ''**, si riflettono sempre secondo la direzione di **HL** che è una direzione costante prescelta.

Silbermann ha inserito nel suo apparecchio un accorgimento che permette di fare a meno della conoscenza di uno tra questi dati: la declinazione, la direzione del piano meridiano e l'ora vera. Infatti ha fissato all'estremità **J** del cerchio di declinazione, perpendicolarmente ad esso e diretto secondo il suo raggio, un piccolo traguardo forato ed ha situato uno schermo, parallelo al primo, nel punto in cui una parallela al raggio incidente incontrerebbe di nuovo il cerchio. Sullo schermo ha tracciato due linee incrociate ad angolo retto, per cui se l'apparecchio è ben orientato i raggi solari che attraversano il foro devono colpire il centro dello schermo.

Lo specchio è completamente libero e il raggio riflesso può essere diretto in qualsiasi direzione.

Le seguenti imperfezioni possono essere rilevate:

a) Se occorre una fissità completa del raggio, il bilanciare dell'orologio deve essere sostituito con uno compensato e questo aumenta il prezzo dell'apparecchio. Se anche l'orologio è perfettamente regolato in laboratorio, quando lo strumento sarà posto al sole, riscaldandosi comincerà a ritardare.

b) I sistemi articolati delle forcelle si muovono con estrema lentezza a causa delle piccole dimensioni che si è obbligati a dare ad essi, per cui la più piccola disuguaglianza nelle articolazioni è sufficiente perché lo specchio abbia di tanto in tanto qualche arresto o qualche movimento brusco che si trasmette al fascio di luce riflessa.

Silbermann tuttavia consiglia un metodo che facilita la messa a punto e permette di correggere l'ora: infatti è necessario conoscere solamente la latitudine, perché una volta inclinato l'asse dell'orologio secondo quest'angolo, basta ruotare l'apparecchio intorno alla sua base, fino ad arrivare alla posizione in cui l'immagine del sole attraverso il forellino del traguardo raggiunge quella linea incisa sullo schermo, che è perpendicolare al cerchio di declinazione. A questo punto l'apparecchio è orientato e occorre solo girare l'orologio: l'immagine percorrerà questa linea fino a raggiungere il centro dello schermo: l'orologio segnerà l'ora vera.

### Cenno storico

L. T. Silbermann (1806-1865) presentò il 27.2.1843 l'eliostato, costruito da Soleil, alla «Académie des Sciences» e il 18.12.1843 una commissione composta da Biot, Arago, Babinet e Regnault illustrò con un lungo rapporto questo strumento (*Comptes Rendus*, t. XVII). L'apparecchio, senza mutamenti, era ancora presente nel 1897 nel catalogo della Ditta di Strumenti di Ottica che, fondata da Soleil nel 1819, aveva preso nel 1849 il nome di suo genero, Jules Duboscq.

### Bibliografia

SILBERMANN, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, (1843) t. XVI, p. 502 e (1844) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXI pp. 522-524. REGNAULT (1843) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVII, pp. 1319-1324 e (1844) *Annales de Chimie et de Physique*, III série, t. X, pp. 298-306. DAGUIN (1878) t. IV, pp. 63-70. WITZ (1883) pp. 328-330. VIOLLE (1888) t. II, pp. 338-350. PELLIN (1889) pp. 3-5. CHWOLSON (1907) t. II, pp. 510-513. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 976-981.

### Scheda

*Firma*: [sulla base superiore della cassa dell'orologio] / J. C. Silbermann inv.t / Soleil fab.<sup>t</sup> à Paris / .  
[Inoltre vi è inciso] / N° 9.

*Identificazione*: [stampigliato e su etichetta metallica] 48. [Stampigliato sotto il precedente numero 48] 236 [Inciso] 383.

*Provenienza*: Duboscq.

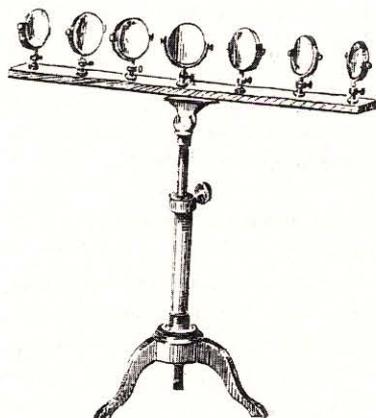
*Materiali*: ottone.

*Prezzo*: Lire 300.

*Dimensioni*: [altezza 37]. [Distanza tra le viti calanti] 27.

*Datazione*: è presente nell'inventario del 1880.

## APPARECCHIO DEGLI SPECCHIETTI DI NEWTON PER LA RICOMPOSIZIONE DELLA LUCE



### Finalità

Se si fa passare un sottile pennello di luce bianca attraverso un prisma, il fascio di luce si allarga notevolmente e si scompone in una serie di colori che si susseguono con insensibili sfumature. Questa serie continua di colori elementari, cui si dà il nome di spettro solare, viene comunemente divisa in sette regioni, che formano i sette colori spettrali principali: rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto.

Come si ottiene la decomposizione, così si può mostrare che tutti i colori dello spettro, riuniti insieme, ricostituiscono la luce bianca. Questo apparecchio serve per dimostrare, anche se in maniera approssimata, la ricomposizione della luce.

### Descrizione

Sopra una base di ottone è montato un supporto, orizzontale e di altezza regolabile, che attraverso due scanalature simmetriche permette di disporre sette specchietti in maniera da far cadere tutti i raggi riflessi in un medesimo luogo su uno schermo. Gli specchietti, di forma circolare, possono ruotare rispetto ad un asse orizzontale, il loro supporto è libero di ruotare verticalmente e di muoversi lungo la scanalatura. Si ottiene una chiazza illuminata in grigio più o meno chiaro. Non si ottiene il bianco perché ovviamente non si può raccogliere perfettamente tutto lo spettro.

### Bibliografia

VOLLE (1888) t. II, 1<sup>ère</sup> Partie, pp. 484-485. PELLIN (1889) p. 97. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 216-218.

### Scheda

*Firma:* Soleil à Paris.

*Identificazione:* [inciso] 463. [Etichetta metallica] 85.

*Provenienza:* Duboscq.

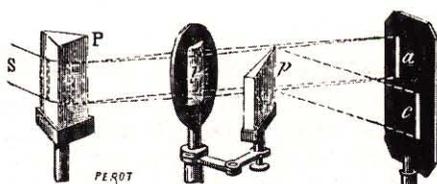
*Materiale:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 80.

*Dimensioni:* 340 x 390.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## LENTE CILINDRICA



### Finalità

Può essere usata per la ricomposizione della luce.

### Descrizione

Un sottile fascio di luce solare, proveniente da una fenditura viene preventivamente fatto passare attraverso un prisma. Se si fa passare successivamente il fascio attraverso la lente cilindrica e si osserva l'immagine su uno schermo, si potrà osservare la luce bianca. Se poi interponiamo un altro prisma tra la lente e lo schermo in modo da intercettare una parte dei raggi, l'immagine non sarà più bianca, e se ne formerà un'altra con i colori che mancano nella prima. Le due immagini della fenditura avranno i colori complementari, cioè i colori che mancano in una delle due immagini per formare il bianco sono contenuti nell'altra immagine.

Si trova che sono complementari il rosso e il verde, l'arancione e il blu, il giallo e il violetto.

Questo secondo prisma in genere è montato sullo stesso supporto della lente, su un braccio che ha un doppio movimento a snodo ed è posto davanti alla lente. Il prisma deve avere un angolo rifrangente molto piccolo, per separare una parte dei raggi luminosi.

La lente è fissata su un disco di ottone brunito; ai fianchi della lente sono avvitate due viti a testa cilindrica godronata, di cui non sappiamo dire l'esatta funzione.

Il disco che porta la lente è sostenuto lateralmente e può variare la sua orientazione intorno a un asse orizzontale. La base è appesantita con materiale di fusione ed è svitabile dal gambo, che ha un anello a stringere. Il nostro esemplare non ha il prisma.

### Cenno storico

Questo dispositivo è stato immaginato da Jules Duboscq.

### Bibliografia

DAGUIN (1879) t. IV, pp. 204. PELLIN (1886) pp. 98-99. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 216-217.

### Scheda

*Firma:* J. DUBOSCQ /A PARIS.

*Identificazione:* [inciso] 395. [Stampigliato] 245. [Etichetta metallica] 252. [Etichetta di carta] 245.

*Provenienza:* J. Duboscq.

*Materiali:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 60.

*Dimensioni:* [base e gambo] 245. [Gambo della lente] 195.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## PRISMA CONICO

### Descrizione

Il prisma, che ha un diametro alla base di 40 mm e una altezza di 40 mm, è tenuto fermo da un anello avvitato al centro di un disco di ottone, forato in maniera da far passare la luce.

Il disco può ruotare, essendo collegato, per mezzo di una cerniera fissata alla sua periferia, ad un gambo: un tubo di ottone che entra giusto nel solito supporto con anello a stringere, la cui base è zavorrata con piombo.

Nel catalogo Duboscq-Pellin un prisma conico produttore uno spettro circolare era in vendita per 50 franchi.

### Scheda

*Firma:* [sul disco] SOLEIL / RUE DE L'ODEON / À PARIS.

*Identificazione:* [inciso] 387. [Etichetta metallica] 410. [Stampigliato] 410.

*Provenienza:* Duboscq.

*Materiali:* ottone, vetro, piombo.

*Prezzo:* Lire 35.

*Dimensioni:* [altezza allo snodo] 290. [diametro del disco] 139.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## LENTE DIVERGENTE

### Descrizione

È una lente di focale -333 mm (-3 diottrie), montata su un anello di lamina di ottone brunito e tenuta ferma mediante ghiera che si avvitano dai due lati. Non è certo che sia la lente originale, né che fosse montata sul supporto attuale che è costituito di una base di ottone, svitabile dallo stelo che è dello stesso materiale, ed è appesantita con piombo; l'anello che sorregge la lente è avvitato al suo gambo di ottone. La firma M<sup>on</sup> JULES DUBOSCQ, ove M<sup>on</sup> sta per Maison. Nell'inventario del 1880 ai numeri 404, 405, 406 si descrivono «tre lenti convergenti non acromatiche con ghiera ed assi di metallo e movimento verticale d'inclinazione». Nell'inventario del 1909 c'è una annotazione a matita: «una manca, restano parti della montatura, una trasformata in acromatica. 1925».

### Scheda

*Firma:* M<sup>on</sup> JULES DUBOSCQ / PH. PELLIN / PARIS.

*Identificazione:* [inciso] 405. [Stampigliato] 310. [Etichetta metallica] 310.

*Provenienza:* Duboscq [?].

*Materiali:* ottone, vetro, piombo.

*Prezzo:* Lire 30 [?].

*Dimensioni:* [diam. base] 190. [Altezza] 455. [Diam. lente] 100.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880 [?].

## TORMALINA MONTATA SU PIEDE DI OTTONE E TAGLIATA PER LA DOPPIA RIFRAZIONE

### Descrizione

Due prismi di tormalina con lo stesso angolo al vertice sono incollati insieme in maniera da formare una unica lamina a facce parallele. La lamina è fissata su una montatura di ottone con piccolo gambo, avvitato di fronte a uno schermo di ottone brunito, al cui centro è presente un piccolissimo foro. Allentando la vite, il portacristalli di ottone può ruotare parallelamente allo schermo, portando le tormaline davanti al foro oppure spostandole da un lato.

La tormalina è un cristallo birifrangente di una tinta verdastra, di forma prismatica, generalmente con gli spigoli del prisma tagliati paralleli all'asse ottico. Facendo incidere un raggio di luce naturale, all'inizio si hanno sia il raggio ordinario che quello straordinario, per il fenomeno della doppia rifrazione; ma se lo spessore supera i due millimetri il raggio ordinario viene assorbito completamente e resta solo il raggio straordinario, che è polarizzato in un piano perpendicolare alla sezione principale del cristallo. La luce che emerge è colorata di verde. Il fascio emergente da una tormalina attraverserà una seconda tormalina solamente se i due cristalli hanno gli assi paralleli, mentre sarà estinto se le due tormaline hanno gli assi perpendicolari tra loro.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [inciso] 471. [Etichetta metallica] 421. [Stampigliato] 369.

*Provenienza:* Duboscq.

*Materiali:* ottone, tormalina.

*Prezzo:* Lire 30.

*Dimensioni:* [base] 230. [Gambo dello schermo] 130. [Altezza totale] 400.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## APPARECCHIO PER GLI ANELLI COLORATI DI NEWTON

### Descrizione

Una lente piano convessa di curvatura assai grande e un disco di vetro piano sono tenuti insieme da una robusta montatura di ottone composta di un anello con un largo bordo per tenere i vetri, chiuso da un altro anello piatto, che tiene e comprime il sistema ottico per mezzo di tre viti equidistanti disposte ai bordi. Lo spessore dello strato d'aria tra la lente e il vetro può essere fatto variare per mezzo delle tre viti, che hanno una testa sufficientemente grande.

La base di legno, il cui piano è foderato con tessuto nero, incollato direttamente al legno per evitare le riflessioni, è forata al centro. Una vite, che agisce dal basso, blocca l'anello, che è tenuto alquanto sollevato da un tubetto di ottone che fa da distanziatore.

### Cenno storico

Newton si occupò a lungo del fenomeno degli anelli colorati, prodotti al centro di questo sistema ottico, perché era difficile darne una spiegazione nell'ambito della sua teoria della luce, che supponeva costituita di particelle. Aveva osservato che lo strato d'aria posto tra la lente e la lasta di vetro aveva spessore che aumentava, man mano che cresceva la sua distanza dal punto di contatto e che gli anelli si succedevano a distanze, corrispondenti a spessori dell'aria i cui rapporti erano come i numeri naturali. Newton suppose che le particelle emesse, che provocano l'impressione di luce arrivando all'occhio, oltre alla loro velocità di traslazione avessero un moto di rotazione, costante per ogni colore, ma differente per colori differenti. Inoltre suppose che le particelle avessero polarità come gli aghi magnetizzati: un polo era di attrazione, l'altro di repulsione. Se la particella arrivava a un corpo trasparente presentando il polo di attrazione, veniva trasmessa, se presentava il polo di repulsione, veniva riflessa. Se la distanza tra la lente e il vetro è  $d$ , supponiamo che la particella faccia un giro completo, nel tempo necessario per traversare  $d$ . Si presenterà alla fine dello strato con la stessa polarità che aveva quando era entrata: se, per esempio, la polarità era positiva, entrerà nel vetro e per l'occhio è perduta. Per la simmetria del sistema ottico l'insieme di queste particelle trasmesse provoca un anello oscuro. Lo stesso avviene per gli anelli brillanti, la cui spiegazione segue un ragionamento analogo. Nei punti in cui lo spessore dello strato d'aria è un numero intero di lunghezze d'onda, che possiamo interpretare come un numero pari di semilunghezze d'onda si ha un indebolimento di luce; quando lo spessore equivale a un numero dispari di semilunghezze d'onda, si ha un rinforzo della luce.

### Bibliografia

BIOT (1824) t. II, pp. 375-386 e 452-473. GERBI (1825) t. V, pp. 119-134. MATTEUCCI (1842) t. III, pp. 273-281. MAJOCCHI (1850) t. II, pp. 167-170. CHWOLSON (1906) t. II, 1<sup>er</sup> fasc., pp. 598-599. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 387-394.

### Scheda

*Firma:* [inciso in corsivo sull'anello] Soleil à Paris.

*Identificazione:* [inciso] 451. [Stampigliato] 128. [Etichetta metallica] 128.

*Provenienza:* Duboscq.

*Materiali:* ottone, vetro, legno, stoffa.

*Prezzo:* Lire 5.

*Dimensioni:* 185 x 114 x 135. [Diametro est.] 98. [Diametro int.] 72.

*Datazione:* è presente nel catalogo del 1880.

## SPECCHIO CONVESSO

### Descrizione

Lo specchio convesso ha una distanza focale di -125 mm, cui corrispondono -8 diottrie.

Una staffa semicircolare in ottone sostiene lateralmente la cornice in legno dello specchio e gli permette di ruotare intorno ad un asse diametrale orizzontale. Al centro della staffa è fissato un largo tubo che presenta, a metà altezza, una vite per bloccare il movimento di rotazione verticale della staffa. Il tubo si innesta in uno stelo che termina in una base. Questo supporto è in legno di castagno tornito. Nell'inventario del 1880 si trova: «Specchi (piano, concavo e convesso) rotondi su cornice e piede di castagno, aghi e ghiere per inclinarli e per alzare ed abbassare. Diam 0<sup>m</sup>,19 (s.c.)».

Nel catalogo Duboscq-Pellin del 1886 è descritta la serie dei tre specchi, che era possibile acquistare nei diametri 0<sup>m</sup>,33 - 0<sup>m</sup>,27 - 0<sup>m</sup>,24 - 0<sup>m</sup>,21 - 0<sup>m</sup>,19. La serie di diametro più piccolo costava 170 franchi, mentre nel catalogo 1880 è valutata 150 lire.

### Scheda

*Firma:* [inciso sulla staffa] J. DUBOSCQ / À PARIS.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 229/2.

*Provenienza:* Duboscq - Paris.

*Materiali:* legno, vetro, ottone.

*Prezzo:* Lire 50.

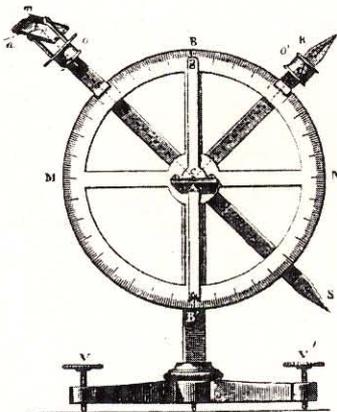
*Dimensioni:* [diametro specchio] 196. [Diametro staffa] 312. [Altezza] 585.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## APPARECCHIO DI SILBERMANN PER LA RIFLESSIONE E LA RIFRAZIONE

### Finalità

Serve per la dimostrazione delle leggi della riflessione e della rifrazione.



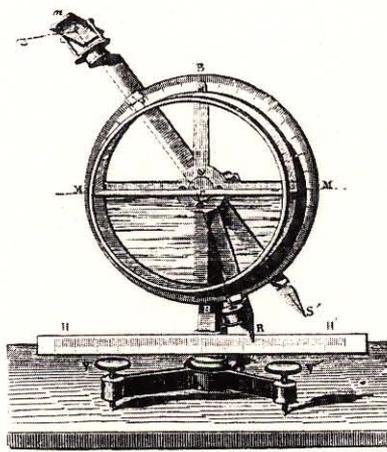
### Descrizione

La prima figura mostra l'apparecchio pronto per la verifica delle leggi della riflessione. L'apparecchio consiste in uno specchio piano **A**, fissato al centro del cerchio di ottone graduato **MBNB'**, disposto verticalmente. Due alidade **S** e **R** possono girare liberamente sopra un cardine centrale, dietro il cerchio. L'alidada **S** porta all'estremità uno specchio piano **m** per mezzo del quale viene diretto verso il centro, parallelamente al piano del cerchio graduato, un sottile fascio **oc** di raggi luminosi, ottenuto con un diaframma a tubetto **o** su cui è montato lo specchio; questo fascio viene ulteriormente ristretto per mezzo di una piccola apertura situata in un traguardo, vicino al cerchio. L'altra alidada **R** porta un secondo diaframma a tubetto **d** con una apertura **o'**. Lo zero della graduazione, che è tracciata a destra e a sinistra fino a 180 gradi, è segnato in **B** dalla

verticale che passa per il centro del cerchio.

Il raggio incidente viene riflesso dallo specchio **A** e l'alidada **R** viene spostata fino a far passare il fascio luminoso attraverso il foro del diaframma **o'**.

Si verifica che il raggio incidente, quello riflesso e la normale allo specchio stanno nello stesso piano, parallelo al cerchio. Inoltre i numeri delle divisioni compresi tra il punto **B** e ciascuna delle alidade misurano rispettivamente gli angoli di incidenza e di riflessione. Nell'esperienza questi due numeri e perciò i due angoli sono esattamente uguali.



La seconda figura mostra lo stesso apparecchio a cui, tolto lo specchio **A**, è stato fissato sul cerchio graduato un vaso cilindrico di vetro, che viene riempito di acqua fino al livello del centro del cerchio. Come prima, per mezzo dell'alidada **S** un sottile fascio di luce viene diretto verso il centro del cerchio. Incontrando l'acqua i raggi luminosi si rifrangono e poi continuano in linea retta e, uscendo perpendicolarmente alla superficie cilindrica del vaso, continuano nella stessa direzione e possono essere intercettati dal diaframma **d** e fatti passare attraverso l'apertura **o'**. Come prima, gli angoli sono misurati con le alidade **S** e **R**. Sul piede dell'apparecchio è fissato un regolo orizzontale **HH'**, con scala graduata in millimetri, a destra e a sinistra del centro, da 0 a 200, su cui si leggono, proiettando verticalmente sul regolo le estremità delle alidade **S** e **R**, due lunghezze proporzionali ai seni degli angoli di incidenza e di rifrazione.

Variando l'angolo di incidenza si può verificare che il rapporto tra queste due lunghezze, e quindi tra i seni degli angoli di incidenza e di rifrazione, è costante. A questo rapporto costante si dà il nome di indice di rifrazione relativo del secondo mezzo rispetto al primo.

Si facilita l'osservazione del raggio rifratto aggiungendo al diaframma cilindrico **o'** uno

schermo di vetro smerigliato, su cui si riceve il raggio rifratto. I raggi luminosi vengono resi visibili aggiungendo polvere in sospensione nell'acqua e fumo nell'aria. Nell'acqua si può aggiungere il solfato di chinino, sciolto con acido solforico, e si può renderla fluorescente per mezzo di qualche goccia di latte o con una soluzione alcolica di fluorescina. Si trova in genere che l'angolo di rifrazione è sempre minore di quello di incidenza.

### **Cenno storico**

Questo apparecchio fu presentato all'*Académie des Sciences de Paris* il 17 giugno 1844 da Silbermann e da Soleil.

### **Bibliografia**

GANOT (1874) pp. 364-365 e pp. 382-383. DAGUIN (1879) t. IV, pp. 93-94. JAMIN (1887) t. III, pp. 58-60. VIOLLE (1888) t. II, première partie, pp. 319-320 e pp. 392-393. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 203-204.

### **Scheda**

*Firma:* Soleil à Paris.

*Identificazione:* [inciso sul piede] 366. [Stampigliato] 118. [Etichetta metallica] 118.

*Provenienza:* Duboscq.

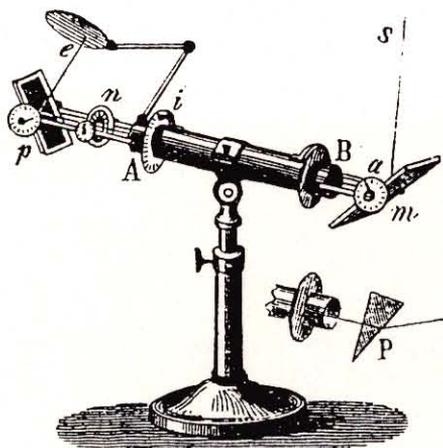
*Materiale:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 200.

*Dimensioni:* [corpo] 418 x 150 x 450. [Distanza delle viti calanti dal centro] 150.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## APPARECCHIO DI BIOT PER LA POLARIZZAZIONE PER RIFLESSIONE



### Finalità

Viene usato per dimostrare le proprietà di polarizzazione della luce. Può anche essere usato per studiare la polarizzazione cromatica, introducendo una lamina birifrangente in un apposito supporto anulare. La polarizzazione per rifrazione può essere vista ponendo un prisma di vetro al posto di uno dei due specchi.

### Descrizione

Quando un fascio di luce incide sulla superficie pulita di una sostanza non metallica e non cristallizzata, come il vetro, il marmo, il legno verniciato, l'ossidiana ecc. il raggio riflesso è polarizzato nel piano di incidenza.

Nell'apparecchio di Biot ciascuno dei due riquadri di ottone **m** e **p**, posti agli estremi di un tubo **AB** annerito internamente, contiene uno specchio di vetro nero, o annerito alla superficie posteriore perché la riflessione avvenga solo sopra la faccia anteriore. Gli specchi possono prendere tutte le inclinazioni possibili rispetto al tubo. Essi sono infatti imperniati sopra due bracci paralleli all'asse del tubo, fissati a loro volta ad una ghiera metallica, che entra ad attrito nel tubo stesso: con questa disposizione ogni specchio può essere inclinato rispetto all'asse del tubo e poi ruotato, intorno ad esso, conservando l'inclinazione prescelta. Lo specchio viene fissato mediante una vite a pressione nella inclinazione desiderata, che può essere misurata sopra un quadrante, graduato in 90 divisioni (numerata ogni dieci). Le rotazioni della ghiera sono misurate sopra un circolo con 36 divisioni numerate, che identificano intervalli successivi di dieci gradi.

Quando si vuole studiare la polarizzazione cromatica si introduce una lamina trasparente birifrangente in **n**, che è un apposito anello.

Lo specchietto **m**, che riflette polarizzando la luce di una fonte luminosa, vien detto polarizzatore; lo specchietto **p** che permette di rivelare la polarizzazione vien detto analizzatore. La luce riflessa da **m** e da **p** viene infine ricevuta su uno schermo di vetro smerigliato **e**, ove si osserverà il massimo dell'illuminazione quando il piano di riflessione in **m** coincide con quello in **p**, mentre si avrà un minimo quando essi sono perpendicolari. L'illuminazione poi dipende dall'inclinazione degli specchi: sarà minima quando l'angolo di incidenza su **m** è di  $35^{\circ} 25'$ . Il suo complementare viene chiamato angolo di polarizzazione. Fissato questo angolo di incidenza in **m**, l'illuminazione dipenderà dall'inclinazione del secondo specchietto: il minimo assoluto si avrà quando anche per il secondo specchietto l'inclinazione vale  $35^{\circ} 25'$ . Biot utilizzava la luce di un cielo nuvoloso (limitando il campo con alcuni diaframmi), o quella di una candela, avendo cura di intercettare ogni raggio spurio, proveniente da altri oggetti.

### Cenno storico

Si deve a Malus (1808) la scoperta della polarizzazione della luce, fenomeno che egli cercò di spiegare nell'ambito della teoria corpuscolare, introducendo peculiari proprietà delle particelle luminose, su cui le particelle del mezzo ottico agirebbero: quando attraversano un cristallo e interagiscono con i suoi atomi, alle volte, le particelle luminose si dispongono parallelamente le une alle altre. In questi casi si può assimilare tale azione a quella per cui un magnete fa girare in una comune direzione i poli di un insieme di aghi magnetici. Pensando in questo

modo, che abbiamo cercato di sintetizzare al massimo, Malus diede il nome di polarizzazione al fenomeno da lui scoperto abbastanza casualmente. Biot intuì l'importanza di questi nuovi fenomeni e ne studiò le proprietà, costruendo anche alcuni strumenti tra cui il polarimetro che abbiamo descritto in questa scheda.

### **Bibliografia**

BIOT (1824) t. II, pp. 474-504. GERBI (1825) t. V, pp. 180-183. MATTEUCCI (1842) t.III, pp. 320-339. DAGUIN (1879) t. IV, pp. 562-564, pp. 583-584, p. 594, p. 619. BATTELLI, CARDANI (s.d) t. II, pp. 654-656.

### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [inciso sulla base] 460. [Etichetta metallica] 130. [Stampigliato] 130.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiale:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 80.

*Dimensioni:* [piede] Ø 125, altezza 315. [Parte tubolare] 470.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## CANNOCCHIALE TERRESTRE

### Descrizione

Cannocchiale rifrattore. Diametro dell'obiettivo 28 mm. Lunghezza del tubo in ottone 400 mm; diametro del tubo 33 mm. Oculare con crocifilo, con movimento a cremagliera. Il tubo è articolato a uno snodo con vite a stringere, per il movimento verticale. Piede tubolare che entra nel treppiede, in cui è montato, e a cui viene fermato con anello a stringere.

Treppiede alto 200 mm, distanza dei piedi dal centro 120 mm.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 247.

*Provenienza:* n.c.

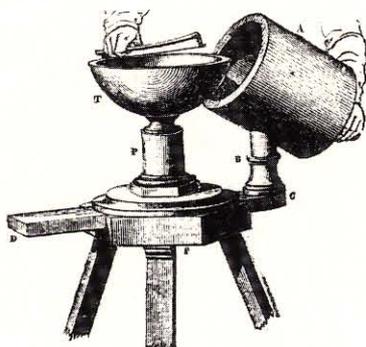
*Materiali:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 30.

*Dimensioni:* 330 x 400.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## CAMPANA DI SAVART



### Finalità

Dimostra il fenomeno del rinforzo del suono per risonanza. E' un apparecchio di grande potenza, utile per studiare la riflessione delle onde sonore in grandi ambienti. Per questo scopo serve meglio dei tubi di organo, i quali dovendo essere percorsi da una colonna d'aria sempre rinnovata, producono movimenti che interferiscono nel fenomeno che si vuole studiare così da non permettere esperienze esatte.

### Descrizione

Una campana di bronzo è fatta vibrare per mezzo di un archetto davanti all'apertura di un largo tubo, il cui fondo è fisso, oppure è formato da una sorta di pistone mobile. In quest'ultimo caso, si sposta il fondo per dare al tubo la profondità più conveniente perché il suono venga rinforzato al massimo. Per una campana il rinforzo massimo si ha quando il diametro del tubo è uguale a quello della campana. Naturalmente in presenza di un rinforzo maggiore il suono si spegne più rapidamente. L'effetto di risonanza è tale che, lasciato trascorrere il tempo sufficiente perché non si senta più alcuna vibrazione, basta avvicinare il tubo alla campana per far riapparire un suono intenso. Se la cassa di risonanza è un tubo aperto dalle due parti, allora occorre una lunghezza doppia di quella dei tubi chiusi ad una estremità. L'esemplare, fabbricato da Marloye, ha un braccio scorrevole al centro, sotto la campana, a cui possono essere applicate, mediante incastro a coda di rondine, le casse di risonanza in maniera da trovare la giusta distanza per il rinforzo del suono.

### Cenno storico

Con questo apparecchio Felix Savart è riuscito a far oscillare una gran massa d'aria, per esempio tutta l'aria contenuta in una stanza. Mediante una membrana sottile coperta di sabbia ha potuto riconoscere dal movimento della sabbia i punti in cui l'aria oscillava più o meno energicamente. Ponendo orizzontale il cilindro rinforzante e spostando la membrana con la sabbia lungo il suo asse poté osservare i nodi e i ventri delle oscillazioni dell'aria. Scopri così che la distanza tra due nodi non è la stessa in stanze differenti, per esempio diminuisce in uno spazio stretto e basso. Infatti nodi e ventri sono prodotti dall'incrociarsi di onde dirette e onde riflesse dal muro opposto all'apparecchio. Il fratello Nicolas Savart ha continuato queste esperienze studiando la riflessione di onde sonore prodotte da una campana posta a 1,3 metri da terra e a una distanza di 40 o 50 metri da una parete piana e verticale, mentre le onde potevano propagarsi liberamente dal centro in tutte le altre direzioni.

### Bibliografia

SAVART, *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>a</sup>. serie, t. XXIV, p. 56. DAGUIN (1878) t. I, pp. 635-637. VIOLLE (1888) t. II, 1<sup>re</sup> partie, pp. 279-280. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, p. 111. BRENNI (1986) pp. 23-24.

## Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta di carta] 327. [Etichetta metallica] 99. [Stampigliato] 99.

*Provenienza:* Marloye.

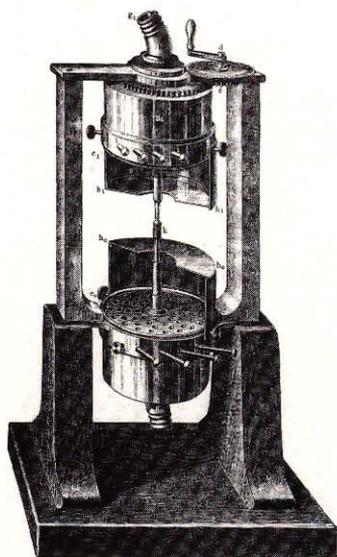
*Materiale:* bronzo, legno.

*Prezzo:* Lire 250.

*Dimensioni:* campana: Ø 318. Profondità 120. Spessore 14. Altezza complessiva 1200.

*Datazione:* presente nell'inventario del 1880. In un elenco di apparecchi acquistati a Parigi nel 1843 figura *l'apparecchio di Savart per il rinforzo del suono*, al prezzo di franchi 150 a cui si deve aggiungere un altro 10% per la spedizione.

## SIRENA DOPPIA DI HELMHOLTZ



### Finalità

Le sirene sono apparecchi che permettono di ottenere un suono di altezza arbitraria, predeterminando il numero di vibrazioni da generare. La sirena di Helmholtz in particolare permette di effettuare le seguenti esperienze:

a) Produzione di due suoni di un dato intervallo (*unisono, semitono maggiore, tono intero maggiore o minore, terza maggiore o minore, quarta, quinta, sesta maggiore o minore, settima maggiore o minore, ottava*). Con questi tredici intervalli differenti si possono realizzare 25 combinazioni di due suoni. b) Interferenza e battimenti. c) Suoni differenziali e suoni addizionali. Il nome di sirena deriva dal fatto che questi strumenti possono essere usati anche nell'acqua.

### Descrizione

Questo apparecchio è costituito da due sirene polifone di Dove, che a loro volta sono un perfezionamento della sirena di Cagniard de la Tour. In tutte le versioni la sirena consiste essenzialmente in una scatola cilindrica  $a_0$ , in cui viene soffiata aria attraverso un tubo  $g_0$ . Ogni scatola è chiusa in alto da un coperchio fisso, sopra il quale, a pochissima distanza, si trova un disco, mobile intorno all'asse verticale  $k$ . Il coperchio e il disco mobile sono forati lungo una o più circonferenze concentriche; i fori sono equidistanti: facendo girare il disco mobile fino a una posizione opportuna, i fori dei due dischi si sovrappongono a coppie. I fori, disposti in un piano perpendicolare al raggio, sono inclinati di  $45^\circ$  rispetto alla verticale: quelli del disco mobile in senso opposto a quelli del coperchio in maniera da essere tra di loro perpendicolari.

Quando si fa passare una corrente d'aria nella scatola, questa uscendo dai fori del coperchio incontra le pareti laterali dei fori del disco mobile ad angolo retto e così imprime successivi impulsi che fanno ruotare il disco stesso: l'aria alternativamente viene intercettata dalle parti piene del disco o nelle coincidenze passa attraverso i fori superiori. Ad ogni coincidenza si ha un nuovo impulso e il moto diventa sempre più rapido. A un certo punto allo stabilirsi di una pressione costante nella scatola si raggiunge una determinata velocità angolare. La pressione e quindi la velocità di rotazione aumentano o diminuiscono con la velocità della corrente d'aria. Quando il disco superiore compie un giro, se sono  $n$  i fori lungo una circonferenza, vuol dire che i canali (costituiti ad ogni coincidenza dei fori) si sono aperti  $n$  volte. Quando si aprono i canali, da ognuno di essi esce un getto di aria compressa, che è seguito da una rarefazione non appena i canali si richiudono. Alla successiva coincidenza, si riaprono i canali e si crea una nuova condensazione. Se il disco mobile compie  $r$  rotazioni per secondo, il numero di vibrazioni emesse dalla sirena sarà:  $N = nr$ . La differenza tra la sirena di Dove e quella di Cagniard de la Tour è che quest'ultima aveva una sola serie di fori, mentre quella di Dove ne ha quattro, concentriche. Mediante i lunghi pulsanti  $i$ , si possono aprire o chiudere una o più serie di fori, facendo girare quattro anelli concentrici portanti lo stesso numero di fori. In questa maniera con lo stesso numero di rotazioni si possono ottenere differenti suoni.

La sirena di Helmholtz, come abbiamo già detto, riunisce due sirene di Dove contrapposte  $a_0$  e  $a_1$ . I dischi delle due sirene sono montati sullo stesso asse  $k$ , che ha al centro una vite senza fine. Questa vite si ingrana con la ruota dentata (che ha cento denti) del contagiri di sinistra, il quale ha a sua volta cento divisioni, numerate ogni dieci. Ogni volta che il disco

mobile compie cento giri la lancetta del contatore di sinistra completa un giro e nello stesso tempo sposta di un dente l'ingranaggio che muove il contagiri di destra, che ha 60 divisioni, numerate ogni dieci, quanti sono i denti della ruota. Con un cronometro si prende il tempo tra due letture dei contagiri e dividendo il numero di giri per il tempo misurato, si ottiene la frequenza in Hertz. (Il getto d'aria che fuoriesce a ogni coincidenza corrisponde a una vibrazione completa di un ordinario corpo vibrante).

Il numero di fori nelle quattro serie del disco inferiore sono: 8-10-12-18, nel disco superiore sono invece: 9-12-15-16. In questa maniera, se si apre la corona con 8 fori del disco inferiore e se si stabilisce una velocità di rotazione per cui, per esempio, ne risulta DO, aprendo quella di 10 fori si avrà un MI, aprendo quella di 12 si produrrà un SOL e con l'ultima di 18 si otterrà un RE della ottava successiva [infatti i rapporti delle frequenze delle note sono:  $Mi = 5/4 Do$ ,  $SOL = 3/2 DO$  e  $RE' = (1 + 9/8) DO$ ]. Le serie del disco superiore daranno nell'ordine le seguenti note RE, SOL, SI e DO della ottava successiva. In questa maniera si ottengono differenti combinazioni di suoni. Mediante la manovella **d**, in alto, che aziona una grande ruota dentata, si può far girare la cassa della sirena superiore intorno all'asse **k**, in maniera da sfasare i suoni delle due sirene. Un indice segna questo spostamento su un disco fisso, che porta 45 divisioni (numerate ogni 5), ognuna corrispondente a una rotazione di due gradi, perché un giro completo di manovella fa ruotare di soli 90° il cilindro superiore.

Helmholtz ha aggiunto sopra ogni sirena di Dove un cilindro di ottone formato da due parti fisse, **h<sub>o</sub>h<sub>o</sub>** avvitate sulla scatola **a<sub>o</sub>**, e **h<sub>1</sub>h<sub>1</sub>** avvitate sulla scatola **a<sub>1</sub>**, per diminuire il rumore sgradevole prodotto dalla sovrapposizione dei suoni superiori della scala armonica naturale [il nostro esemplare manca di queste parti].

### Bibliografia

CAGNIARD DE LA TOUR, *Annales de Chimie et de Physique* (1819) 12, p. 167 e (1821), 18, p. 438.  
HELMHOLTZ (1856) *Poggendorff's Annalen* 99, p. 354 e 518. DAGUIN (1878) t. I, pp. 570-573.  
VIOLE (1888) t. II, pp. 14-18. CHWOLSON (1907) t. I, 3<sup>eme</sup>. fasc. pp. 1017-1019 e 1040-1049.  
BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 62-63.

### Scheda

*Firma:* [inciso] F. Sauernald / in / Berlin /.

*Identificazione:* [inciso sulla base di legno] 312. [Stampigliato sul legno] 262. [Etichetta di carta cancellata] 262. [etichetta metallica] 279.

*Provenienza:* Sauernald.

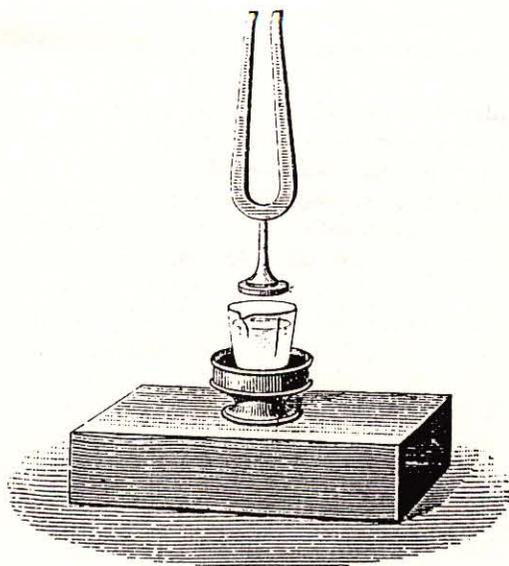
*Materiale:* legno, ottone.

*Prezzo:* Lire 300.

*Dimensioni:* [base] 208 x 153. [Altezza] 380.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## DIAPASON CON CASSETTA DI RISONANZA E TAZZA PER IL MERCURIO



### Finalità

Suoni di uguale altezza sono prodotti dallo stesso numero di vibrazioni: perciò il diapason, che produce un suono di grande purezza, è uno strumento utile a comparare l'altezza del suono. E' prezioso nell'accordatura degli strumenti: infatti la legge 3 maggio 1989, n.170 nel suo Art.1 stabilisce: «Il suono di riferimento per l'intonazione di base degli strumenti musicali la nota LA<sub>3</sub>, la cui altezza deve corrispondere alla frequenza di 440 Hertz (Hz), misurata alla temperatura ambiente di 20 gradi centigradi». Nell'Art. 3 prosegue così: «Per ottemperare a quanto disposto dagli articoli 1 e 2 è fatto obbligo di utilizzare per l'intonazione strumenti di riferimento pratico (diapason a forchetta, regoli metallici, piastre, generatori elettronici, eccetera) tarati alla frequenza di 440 Hertz e dotati di relativo marchio di garanzia, indi-

cante la frequenza prescritta. E' ammessa la tolleranza, in più o in meno, non superiore a 0,5 Hertz». Non possiamo tralasciare di far notare l'incongruenza del testo dell'art. 1 in cui alla definizione di nota di riferimento (il LA<sub>3</sub> deve corrispondere a 440 Hz) viene associata una temperatura. L'isocronismo delle piccole oscillazioni del diapason ne fa un utile cronografo. Può sostituire il pendolo, agendo direttamente sullo scappamento dell'orologio. Viene usato anche per studiare fenomeni di risonanza.

### Descrizione

Il diapason deve essere di acciaio fuso non temperato. I *rebbi* (le branche della forchetta) non sono ottenuti incurvando al centro una sbarra originariamente retta, al contrario il diapason deve essere ritagliato da una lastra nella sua forma definitiva, in maniera da evitare irregolarità che potrebbero prodursi nell'incurvamento. Il numero delle vibrazioni di un diapason di forma prismatica indipendente dalla larghezza dei *rebbi*, ed invece proporzionale al loro spessore  $s$  e alla loro lunghezza  $L$ , o più propriamente alla proiezione della linea mediana di una branca sull'asse di simmetria dello strumento, aumentata di una piccola quantità, valutabile a 1%. Per accordare il diapason si usa la lima: il tono si alza limando le estremità, si abbassa limando la parte concava. Il diapason produce armonici superiori della nota fondamentale, che però sono subito di frequenza assai elevata (le frequenze successive stanno alla fondamentale nel rapporto 6,26 per la prima 17,54 per la seconda 34,48 per la terza ecc.). Le ampiezze degli armonici successivi tuttavia decrescono rapidamente e si ha una rapida loro estinzione: questa la spiegazione della purezza di suono del diapason, che quindi vibra essenzialmente alla frequenza fondamentale, che può essere prevista teoricamente. Infatti i *rebbi* di un diapason a forchetta possono essere assimilati a due verghe prismatiche con una estremità libera e una fissa alla base del diapason, ove si trova sempre un nodo. I numeri  $m$ , i cui quadrati determinano la successione delle frequenze dei suoni che può produrre ciascuno dei *rebbi*, sono definiti dall'equazione:  $\cos m \cosh m = -1$ . Il numero  $N$  delle vibrazioni è riassunto nella seguente formula:  $N = K s (1,012 L)^{-2}$ .

In questa formula  $K$  è una costante che si ricava empiricamente: per l'acciaio  $K = 818270$

mm/s, se  $s$  ed  $L$  sono espressi in mm. Mercadier ha confrontato questo valore di  $K$  con quello teorico dato dalla formula  $K = m^2 v / 2\pi\sqrt{3} = 820331$  mm/s, in cui  $v$  è la velocità del suono nell'acciaio ( $v = 4985$  m/s), trovando una differenza in percentuale del due per mille.

È evidente che per ottenere toni bassi occorre disporre di diapason con *rebbi* molto lunghi. Il tono diminuisce uniformemente col crescere della temperatura, a causa della variazione del modulo di elasticità. Anche la magnetizzazione, comportando una leggera variazione del modulo di elasticità, fa variare il tono che aumenta se le linee di forza del campo sono perpendicolari al piano di oscillazione, e diminuisce se sono parallele.

Se il diapason viene fatto vibrare tenendolo in mano, il suono prodotto è debole perché si ha una interferenza parziale tra le onde prodotte dalla faccia esterna di un *rebbio* con quelle prodotte dalla faccia interna dell'altro, che sono in opposizione di fase: se dall'esterno dei *rebbi* si propaga una condensazione, dalla regione posta tra i *rebbi* si propaga una rarefazione e viceversa. Basta però avvicinare l'orecchio a una delle regioni in cui si originano questi sistemi di onde per percepire un suono abbastanza intenso. Una maniera di eliminare l'interferenza si realizza introducendo, dopo aver eccitato il diapason, uno dei due *rebbi* in un tubo di cartone.

Se il diapason è appoggiato o montato su una cassa di risonanza, quando il tono proprio del sistema rinforzante è vicino a quello del diapason, l'isocronismo e il numero di vibrazioni può cambiare. Per ottenere un rinforzo del suono del diapason la cassetta di legno su cui è montato, chiusa ad una estremità, deve avere una lunghezza pari a  $1/4$  della lunghezza d'onda del suono fondamentale del diapason.

Si comprende tutto ciò osservando che il sistema di onde prodotte dal diapason deve essere all'unisono con le vibrazioni della colonna d'aria contenuta nella scatola. La parete che chiude la scatola fa riflettere l'onda con cambiamento di fase, mentre le riflessioni della colonna d'aria alla estremità aperta avvengono senza cambiamento di fase, perché diffondendosi l'onda sonora in tutte le direzioni, le variazioni di pressione sono praticamente nulle. Le onde che percorrono la cassa nei due sensi devono essere tra loro in fase concordante. Tenendo conto del fatto che nella riflessione con cambiamento di fase c'è il guadagno di mezza lunghezza d'onda, se indichiamo con  $\lambda$  la lunghezza d'onda, il cammino deve contenere un numero dispari di semilunghezze d'onda.

L'onda quindi deve fare il percorso verso la parte chiusa e, dopo riflessa, fare il cammino inverso in un numero intero di semilunghezze d'onda:  $2L = (2k+1)\lambda/2$ . Avremo la lunghezza minima  $L = \lambda/4$  per  $k=0$ . Ovviamente la risonanza non crea energia e le vibrazioni cesseranno molto più presto.

Per la cassetta si usa il legno perché i solidi elastici trasmettono molto bene il suono. Se il diapason non è avvitato alla cassa il suono è debole, se si unisce alla cassa il suono trasmesso dal manico, che vibra all'unisono con i *rebbi*, è già più intenso; se si utilizza come intermediario il mercurio, contenuto in un bicchiere di vetro, sistemato nell'apposita tazza di legno fissata al centro della cassetta, il suono viene esaltato. Il diapason di bronzo di Marloye che dà  $UT_3$  (allora questa nota, ossia il  $DO_3$  corrispondeva a 512 vibrazioni semplici) produce l'effetto di un tubo d'organo, se propriamente eccitato. Dato che i *rebbi* sono più vicini tra di loro all'estremità, si fa vibrare il diapason facendo passare tra loro bruscamente un bastoncino di metallo o di legno. Alle volte si fa vibrare un *rebbio* con un archetto di violino. *In epoca precedente al 1880 il nostro strumento ha subito una modificazione: è stato introdotto al centro del supporto di legno del bicchiere un tubo filettato in cui si può avvitare un diapason che risuona a circa 160 Hz (che corrisponde al vecchio  $MI_2$ , cioè approssimativamente al mi bemolle attuale).*

### Cenno storico

La forma del diapason attualmente in uso è stata inventata nel 1711 da John Shore, che suonava la tromba per Handel e che diventò capo dei trombettieri di George I d'Inghilterra. Marloye ha costruito molti tipi di diapason, il più celebre dei quali ha un peso di 22 kg e vibra

a 64 Hz, producendo un bellissimo suono molto intenso. Occorre però servirsi di un grande archetto con striscie di pelle di bufalo al posto del crine solito. Secondo la scala pitagorica il LA<sub>3</sub> corrisponderebbe a 432 Hz. Nelle orchestre del secolo scorso si usava il La della seconda corda di violino, che corrispondeva a 435 vibrazioni complete, secondo la risoluzione della Conferenza Internazionale di Vienna del 1885. Questa scelta era stata già fatta dalla Francia nel 1859 e dalla Spagna nel 1879. Nel Settecento si usavano a Parigi diapason di 405 hz per normalizzare il LA<sub>3</sub>, poi si passò a 425 Hz, in seguito a 423 Hz. Al Teatro di Berlino le vibrazioni di questa nota erano 448 Hz. All'inizio dell'Ottocento il diapason più usato nelle orchestre vibrava alla frequenza di 426,55 Hz con cui era normalizzato DO<sub>3</sub>.

### **Bibliografia**

MERCADIER *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (1874) LXXIX, p. 1001 e p. 1069. DAGUIN (1878) t. I, pp. 514-516 e pp. 578-581. VIOLLE (1888) t. II, 1<sup>ère</sup> partie, pp. 213-217, p. 221, e pp. 280-281. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 109-111 e 129-130. GAZZ. UFF. (1989) n° 109, p. 3.

### **Scheda**

*Firma:* [inciso sulla cassa di risonanza] MARLOYE ET C.<sup>IE</sup> / A PARIS / UT<sub>3</sub> 512 /.

*Identificazione:* [sulla cassa di risonanza] [Inciso] 321. [Stampigliato] 279. [Etichetta metallica] 279.

*Provenienza:* Marloye.

*Materiale:* [cassa] legno; [diapason] acciaio.

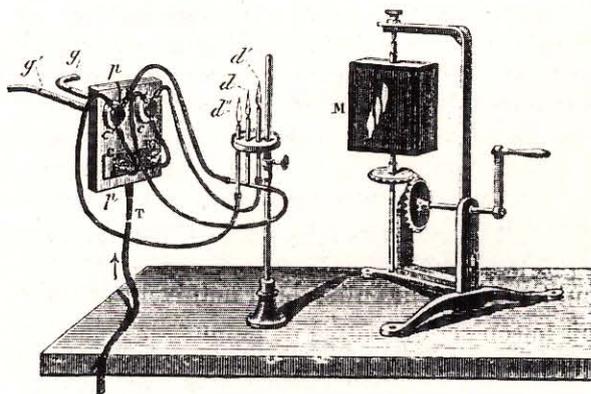
*Prezzo:* Lire 25.

*Dimensioni:* [Cassa] 310 x 118 x 68. [Rebbi del diapason] Spessore 9. Altezza efficace 210.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## APPARECCHIO A SPECCHI PIANI ROTANTI

(Apparecchio di Schaffgotsk per le fiamme cantanti)



### Finalità

In alcuni esperimenti di acustica questo apparecchio serve a rendere visibili le oscillazioni che le vibrazioni sonore comunicano, mediante una capsula manometrica, alla fiamma prodotta dal gas. Può essere utilizzato per studiare i fenomeni di risonanza con l'esperienza delle fiamme cantanti.

### Descrizione

Rudolph Koenig ha immaginato di analizzare il suono, comunicando le vibrazioni dell'aria a una fiamma per mezzo di un apparecchio, chiamato da lui capsula manometrica. La capsula manometrica consiste in una camera cilindrica di legno di qualche centimetro di diametro, divisa in due parti da una membrana elastica di vescica animale o da una lamina sottilissima di gomma. Una delle due parti è in contatto con lo spazio dove si formano le vibrazioni sonore, sia direttamente sia attraverso un cornetto acustico. Nell'altra parte, chiusa a tenuta, si fa entrare il gas per mezzo di un tubo. Il gas esce da un altro tubo che termina in un piccolo orifizio, sul quale il gas viene acceso, formando una fiamma luminosa. La lunghezza della fiamma dipende dalla pressione del gas e resta ferma se la membrana non si muove. Quando la membrana viene fatta vibrare dall'aria esterna, allora, se la membrana si allontana, la fiamma si abbassa e può anche spegnersi, se la membrana è spinta verso l'interno della capsula, la fiamma si allunga. Quando il flusso di gas è sufficientemente intenso la fiamma oscillerà con la membrana, senza spegnersi. Se la capsula manometrica è vicina a una sorgente sonora, la membrana sarà spinta verso l'interno o richiamata verso l'esterno secondo che ad essa giungerà una condensazione o una rarefazione e la fiammella presenterà un allungamento o un accorciamento sincrono con le onde che arrivano. Per la velocità delle oscillazioni e il fenomeno di persistenza dell'immagine sulla retina, le oscillazioni non potranno essere viste. Tuttavia ponendo davanti alla fiamma l'apparecchio che stiamo per descrivere, si vedranno apparire delle linee frastagliate in forma di denti, in cui le fiamme alternativamente aumentano e diminuiscono.

L'apparecchio consiste in un parallelepipedo che ha una base quadrata di 80 millimetri di lato e una altezza di 120 millimetri. Questo oggetto ha le facce laterali costituite da specchi piani ed è imperniato in un asse centrale tenuto da un supporto in legno, a sua volta fissato su una base più ampia. L'asse in alto è tenuto fermo da una guida e termina in una manovella, con cui viene mosso manualmente; mentre termina nella parte inferiore con un piccolo incavo in cui si inserisce una punta fissata alla base. Vi è inoltre, sotto la base, una ruota di legno scanalata che può essere collegata con una cinghia a un qualsiasi sistema che faccia rotare con velocità prefissata gli specchi.

Quando il sistema di quattro specchi ruota davanti alla fiamma, se la fiamma è ferma, si vede una banda luminosa orizzontale continua; se la fiamma vibra, si vedono immagini separate, tanto più lontane tra loro quanto più rapidamente girano gli specchi e tanto più vicine, quanto più alta è la frequenza delle vibrazioni. Le fiamme sono viste curve e inclinate verso il lato opposto alla rotazione degli specchi, a causa del loro progressivo allungamento e accorciamento. Se arrivano due suoni mescolati, la loro presenza è rivelata da una serie di immagi-

ni di altezze differenti a seconda di come si sommano le compressioni, in funzione del rapporto delle frequenze. Queste figure possono essere fotografate.

Nel nostro esemplare la base di legno è avvitata su una base più grande su cui è fermato un *dispositivo formato da un corto tubo, in cui una serie di ondulazioni anulari sembrano adatte per farlo aderire a tenuta in un tubo di gomma, seguito da un rubinetto di ottone, dal quale partono due tubicini che si dirigono verticalmente e terminano con un piccolissimo foro.*

Questo impianto tubolare può essere utilizzato per l'esperimento delle fiamme cantanti. Il fenomeno che vogliamo descrivere si produce quando una fiamma viene accesa all'interno di un tubo verticale, generalmente di vetro, in vicinanza di una estremità, e consiste in un suono di non piccola intensità, la cui altezza dipende dalla lunghezza del tubo e dalla grandezza e posizione della fiamma. Per far entrare il tubo in risonanza se ne fa variare la lunghezza, facendolo scorrere dentro un tubo di cartone, a cui aderisce, posto alla sua estremità superiore. quando c'è risonanza le fiamme compiono delle oscillazioni verticali, allungandosi e accorciandosi alternativamente, e questo effetto può essere osservato con gli specchi rotanti. L'origine di questo suono è fatto risalire da Faraday a una serie di piccole esplosioni periodiche dovute alla formazione di una miscela esplosiva di aria e gas. Il tubo seleziona da questo rumore il suono che corrisponde alla sua lunghezza, formando un'onda stazionaria che agisce sulla fiamma, regolarizzandone le vibrazioni. Quando la fiamma è troppo corta *canta* spontaneamente; se si aumenta il gas, girando il rubinetto, la fiamma rimane muta e si mette a cantare solo se l'aria del tubo è costretta a compiere delle oscillazioni; se si ingrandisce ancora la fiamma, smette di cantare ma oscilla accompagnando esattamente le vibrazioni dell'aria, come può essere visto allo specchio rotante. Se si produce un suono, anche a parecchi metri di distanza, si può vederne l'effetto sulla fiamma negli specchi rotanti, ma è necessario che vi sia perfetto accordo tra il suono e la nota che può rendere il tubo, e questo si ottiene variando la lunghezza del tubo. Quando si ha un suono complesso, fino a che la sorgente esterna non produce la nota a cui il tubo risponde, la fiamma rimane tranquilla, ma non appena si aggiunge questa nota, la fiamma risponde entrando in oscillazione e se è ben regolata si mette anche a *cantare*.

## Cenno Storico

Il primo apparecchio di questo tipo è apparso all'Esposizione di Londra del 1862. In seguito Koenig costruì tutta una serie di apparecchi basati su questa idea. Nell'inventario del 1880 questo apparecchio viene chiamato «apparecchio di Schaffgotsk per le fiamme cantanti». Sembra che il fenomeno delle fiamme cantanti sia stato scoperto da Higgins nel 1777.

## Bibliografia

KOENIG (1864) *Poggendorff's Annalen*, t. CXXII, pp. 242 e 660; (1872) t. CXLVI, p. 161-199. GANOT (1874) pp. 168-170. DAGUIN (1878) t. I, pp. 581-582. JAMIN (1887) t. III, pp. 50-53. VIOLLE (1888) t. II, pp. 99-101. WINKELMANN (1891) t. I pp. 839-851. CHWOLSON (1907) t. I, III fasc., pp. 911-913. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 76-77.

## Scheda

*Firma:* [inciso sul legno della base] RUDOLPH KOENIG / A PARIS.

*Identificazione:* [inciso] 349. [Stampigliato] 112. [Etichetta metallica] 112.

*Provenienza:* R. Koenig. Parigi.

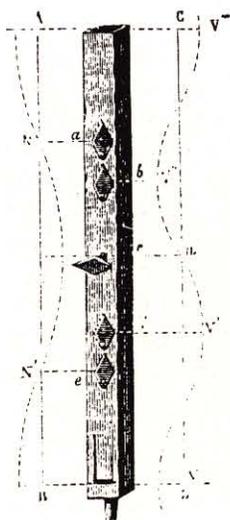
*Materiale:* legno, ottone, ferro, vetro.

*Prezzo:* Lire 140.

*Dimensioni:* [base] 460 x 310. [Altra base] 370 x 170. [Altezza del supporto] 200.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## TUBO SONORO CON CINQUE OTTURATORI



### Finalità

Serve a verificare l'esistenza e la distribuzione di nodi e ventri in un tubo sonoro.

### Descrizione

È un tubo sonoro di legno a sezione quadrata, il cui lato interno misura 20 mm, munito di fori opportunamente disposti che possono essere chiusi o aperti mediante valvole esterne mobili intorno a un asse (otturatori). La disposizione dei fori è la seguente. Tre fori dividono il tubo in quattro parti uguali: questo gruppo di fori è costituito dal foro centrale e dai due fori più esterni. I due fori intermedi dividono il tubo in tre parti uguali. Si deve tener conto della «correzione dell'estremo aperto» e della «correzione alla bocca» per stabilire l'effettiva lunghezza della colonna d'aria. Tuttavia osserviamo che i tre fori del primo gruppo sono disposti a distanze di 157 mm l'uno dall'altro e ciò corrisponderebbe a una divisione in quattro parti di una colonna lunga 628 mm. I fori intermedi distano 209 mm e quindi

sono concordi con una colonna di 628 mm divisa in tre parti. Una fattore di perplessità è fornito dal fatto che il foro centrale dista 326 mm dall'estremità opposta al piede dello strumento, che è lungo fino alla luce 594 mm e fino al piede 628 mm.

L'esperienza consiste nel far suonare l'armonico superiore alla nota fondamentale dello strumento, in maniera da avere un ventre al centro e due nodi nei punti corrispondenti ai fori estremi. Dato che nei ventri la pressione e la densità dell'aria rimangono invariate e sono quelle atmosferiche, la nota non cambia aprendo l'otturatore centrale; mentre la nota cambia aprendo gli otturatori più esterni. Nei nodi infatti si ha il massimo di variazione di pressione, ma questa variazione verrebbe soppressa aprendo i fori nei punti in cui si trovano i nodi: lo strato d'aria interna si troverebbe alla pressione atmosferica e prenderebbe una densità costante divenendo un ventre. Se invece si fa suonare il terzo armonico, la nota resterebbe invariata, aprendo gli otturatori intermedi, dove sono localizzati i ventri, mentre si avrebbe una variazione aprendo l'otturatore centrale dove è un nodo. Nell'inventario del 1880 questo strumento è identificato come «tubo in legno a sezione quadrata per l'esperienza dei ventri».

### Bibliografia

GANOT (1874) pp. 185. DAGUIN (1878) t. I, pp. 624. JAMIN (1887) t. III, pp. 52-53. VIOLLE (1888) t. II, pp. 126-127. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. II, pp. 136.

### Scheda

*Firma:* MARLOYE ET C.<sup>IA</sup> / À PARIS.

*Identificazione:* [inciso] 341. [Etichetta metallica] 416.

*Provenienza:* Marloye, Paris.

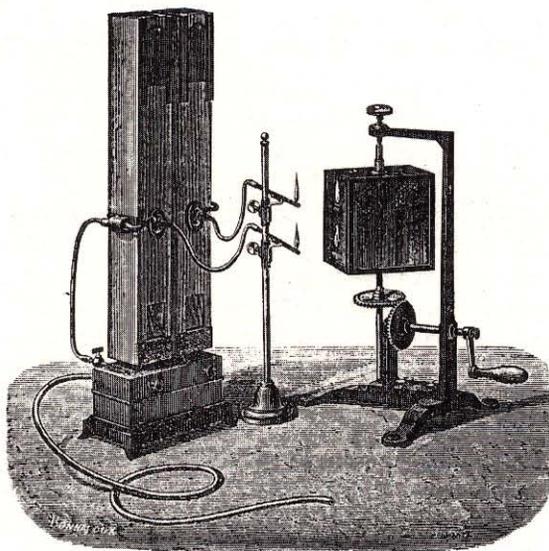
*Materiale:* legno.

*Prezzo:* Lire 4.

*Dimensioni:* 33 x 33 x 628.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## TUBO SONORO A UNA FIAMMA MANOMETRICA DI KOENIG



### Finalità

Con la fiamma di una capsula manometrica di Koenig si può verificare l'esistenza di un nodo al centro del tubo sonoro, quando viene prodotto il suono fondamentale. Quando invece al tubo si fanno rendere gli armonici superiori della nota fondamentale, si verifica che al centro si alternano ventri e nodi. Possono essere studiate proprietà analoghe per i ventri e per i nodi nel caso in cui si chiuda l'estremità del tubo.

### Descrizione e uso

Il tubo sonoro consiste in un tubo prismatico di legno, molto lungo rispetto a un lato della sua sezione trasversale.

La parte che riceve l'aria, chiamata piede, è un tubo che viene fissato a

una soffieria o a un mantice. All'interno del tubo, a qualche centimetro dal piede, una divisione trasversale chiude il tubo quasi completamente, formando la scatola d'aria. Questa occlusione all'interno è smussata obliquamente, in maniera da dirigere l'aria soffiata verso una stretta fessura, detta luce. Attraverso questo spiraglio l'aria penetra nella restante parte del tubo. Sulla parete del tubo di contro alla luce, a pochi millimetri di distanza, c'è una apertura, la bocca, con un margine, il labbro superiore, che è tagliato obliquamente verso l'interno. Si è ipotizzato che la corrente d'aria, urtando contro il labbro superiore, produca una moltitudine di suoni tra i quali il tubo rinforza quelli che esso stesso è capace di produrre. Secondo un'altra ipotesi si può supporre che l'aria contenuta nel tubo reagisca sulla corrente d'aria che fuoriesce dalla fenditura, imprimendole un movimento periodico sincrono con il proprio, cosicché alla fine sia l'aria del tubo sia l'aria che fuoriesce dalla fenditura assumono un movimento di vibrazione concordante. Studi più recenti sui «suoni di taglio» hanno messo in evidenza l'esistenza di una serie di vortici che si producono in successioni regolari nelle vicinanze del labbro e che provocano l'emissione di una nota musicale. Se il suono emesso dal labbro è tale da risuonare con una delle vibrazioni libere della colonna d'aria del tubo, questa riceverà una certa energia e prontamente darà un suono; se i periodi di vibrazione differiscono molto tra loro, l'energia si accumulerà lentamente e il tubo farà udire il suono dopo qualche tempo. I suoni di taglio e le vibrazioni della colonna d'aria costituiscono un sistema di oscillatori accoppiati, nel quale ciascuno dei due elementi componenti non può effettuare le proprie vibrazioni libere senza che l'altro intervenga, ma in questo caso uno dei componenti ha massa molto maggiore dell'altro e impone le proprie vibrazioni a quello di massa minore. L'energia che anima le vibrazioni della colonna d'aria è assai maggiore di quella coinvolta nel suono di taglio, e determina sostanzialmente la frequenza, anche se i suoni di taglio hanno qualche influenza sulla nota finale; infatti se si soffia con maggiore intensità, la nota diventa più acuta.

La frequenza non varia solo con la velocità della corrente d'aria, ma dipende dalla distanza del labbro dalla luce: se la distanza è minore la frequenza è maggiore. Perché il suono sia puro vi è un certo rapporto tra le dimensioni delle labbra, l'apertura della bocca e la grandezza della luce. Per quanto riguarda le vibrazioni i tubi aperti verificano le seguenti leggi, stabilite per la prima volta da Daniel Bernoulli:

1) Un tubo aperto può rendere una serie di suoni i cui numeri di vibrazione stanno tra loro come la serie naturale dei numeri interi.

2) Il numero  $N$  delle vibrazioni è direttamente proporzionale alla velocità di propagazione  $V$  del suono nel gas contenuto nel tubo.

3) Il numero delle vibrazioni è inversamente proporzionale alla lunghezza  $L$  del tubo.

4) Il suono più grave che un tubo può produrre, il suono fondamentale, ha una lunghezza d'onda che è il doppio della lunghezza del tubo, e quindi la sua frequenza è  $N = V/2L$ .

Quando l'estremità aperta del tubo viene chiusa, si deve formare in quel punto sempre un nodo, per cui la lunghezza del tubo è sempre uguale a un numero dispari di quarti di lunghezza d'onda, e la prima legge cambia nella seguente:

1') Un tubo chiuso può rendere soltanto quelle serie di suoni i cui numeri di vibrazioni stanno tra loro come la serie dei numeri dispari.

È opportuno ricordare che essendo le pareti dei tubi sufficientemente rigide, è solo la colonna d'aria rinchiusa in esse che costituisce il corpo sonoro. Infatti il materiale che costituisce le pareti non ha nessuna influenza sul suono: cambiando materiale si cambia solo il timbro del suono, non la frequenza. La colonna d'aria contenuta in un tubo, in cui si è eccitata una successione di condensazioni e rarefazioni, può essere suddivisa in sezioni di particelle vibranti all'unisono: a certe distanze fisse si notano sezioni dove non vi sono vibrazioni: i nodi. Tra due nodi consecutivi vi è sempre una sezione in cui l'aria raggiunge il massimo di vibrazione: il ventre. Nei nodi l'aria non vibra ma subisce variazioni continue di pressione e di densità. Nei ventri l'aria vibra, senza cambiamento di densità o di pressione. Quindi nel ventre la fiamma manometrica brucia con calma e nel nodo la fiamma si spegne.

Si deve tener presente che alla bocca dei tubi non possono esistere differenze di pressione e che quindi vi sarà sempre un ventre. Affermazioni di questo tipo sono però approssimative perché l'estremo aperto di un tubo non è un ventre vero e proprio: esiste una «correzione dell'estremo aperto» che dipende dalla sezione del tubo. Una correzione ancora più consistente deve essere fatta per la bocca che non è esattamente un ventre: la «correzione alla bocca» è circa due volte la sezione interna per un tubo a sezione quadrangolare.

Non ci soffermiamo sulle fiamme prodotte dalle capsule manometriche, e sull'uso degli specchi ruotanti, perché ne abbiamo già parlato nella descrizione dell'apparecchio di Schaffgotsk, tuttavia vogliamo anche far notare la disposizione della figura. Quando due tubi sonori che emettono la stessa nota sono a una distanza minore della metà di una lunghezza d'onda, producono meno effetto di un sol tubo, neutralizzandosi parzialmente per il fenomeno della interferenza distruttiva. Se si guarda agli specchi ruotanti si vedono le due serie di fiamme, ma in posizione sfasata. Pur essendo i tubi alimentati dalla stessa corrente d'aria, le vibrazioni sono sfasate, e questo spiega perché si neutralizzano in parte. Si può vedere più facilmente questo effetto nascondendo la base di una delle due fiamme con uno specchio sul quale si fa riflettere la base dell'altra fiamma in maniera che una parte sembri la continuazione dell'altra. Quando si guarda agli specchi ruotanti, mentre i tubi risuonano, si vedono le basi e le punte alternarsi.

Il tubo riprodotto è uno di due tubi uguali tra loro, tranne che nel dispositivo di legno per l'imboccatura del gas, che in uno è disposto a destra e nell'altro a sinistra. I tubi certamente venivano usati insieme per dimostrare l'interferenza. La nota fondamentale di ogni tubo è il  $DO_3$  (256 Hz), frequenza che può essere leggermente alterata, spostando un tassello posto all'estremità del tubo, che, scorrendo tra due guide, copre una apertura nella parete (larga 20 mm e lunga 60 mm) da cui può fuoriuscire aria, alterando in pratica la lunghezza del tubo.

### Bibliografia

GANOT (1874) pp. 180-188. DAGUIN (1878) t. I, pp. 614-627. JAMIN (1887) t. III, pp. 48-51. VIOLE (1888) t. II, pp. 119-131. CHWOLSON (1907) t. I, III fasc., pp. 1001-1111. BATTELLI, CARDANI, (s.d.) vol. II, pp. 133-139. JEANS (1941) pp. 150-168.

**Scheda**

*Firma:* RUDOLPH KOENIG / A PARIS.

*Identificazione:* n.c.

*Provenienza:* R. Koenig, Paris.

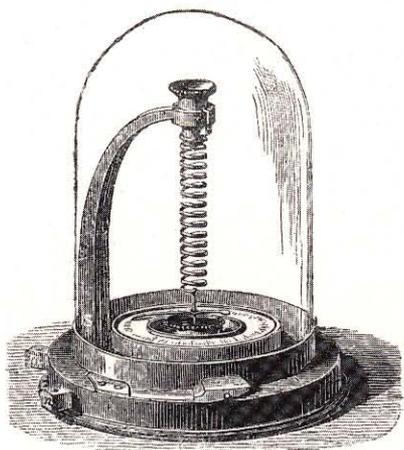
*Materiale:* legno.

*Prezzo:* n.c.

*Dimensioni:* 608 x 67 x 77.

*Datazione:* n.c. [ seconda metà del XIX secolo ?].

## TERMOMETRO METALLICO DI BREGUET



### Finalità

È un termometro estremamente sensibile, perché permette di misurare frazioni molto piccole del grado, e nello stesso tempo è assai pronto, in quanto entra rapidamente in equilibrio, permettendo l'osservazione di temperature in rapida variazione. Mediante una piccola modifica può essere usato come galvanometro.

### Descrizione

L'elemento termometrico è una sottile lamina, avvolta a spirale cilindrica, ottenuta unendo insieme a pressione fogli di argento, oro e platino, ad alta temperatura. Il principio su cui si basa è la differente dilatabilità dei tre metalli che infatti si dilatano, nel-

l'intervallo tra 0 °C e 100 °C, rispettivamente secondo i coefficienti  $1/524$ ,  $1/661$  e  $1/1167$ . L'oro viene posto tra gli altri due con la funzione di saldatore. Dopo aver così saldato queste componenti, la lamina ottenuta viene passata al laminatoio, ridotta allo spessore di 0,02 mm e poi tagliata in striscie di 1~2 mm di larghezza. Queste striscie vengono avvolte in spirali, con l'argento all'interno delle spire, e la forma finale viene fissata con una moderata ricottura. Dalla piccola massa del corpo termoscopico e dalla sua grande superficie si può valutare la rapidità con cui si porta alla temperatura dell'ambiente che lo circonda. Quando la temperatura aumenta, l'argento si dilata di più e tende ad aprire la spira.

Il movimento di ogni spira, moltiplicato per il numero di esse, diventa notevole all'estremità libera della spirale dove è attaccato l'indice o ago orizzontale, leggerissimo. Un lieve cambiamento di temperatura provoca una discreta rotazione dell'ago, la cui punta percorre la circonferenza di un anello, incollato alla base circolare di legno, su cui è segnata la scala, che ha divisioni equidistanti da 0 a 360, numerate ogni dieci.

Un'asta prismatica di ottone è avvitata alla periferia della base di legno; la sua sezione si riduce progressivamente incurvandosi, per poter sostenere la spirale al centro dello strumento. Ad essa e alla base si impernia una sottile asticina che fa da guida alla spirale e che può essere ruotata, regolando così la posizione dell'ago. Forata a un terzo e a due terzi della sua altezza, questa asticina è traversata da due spilli disposti perpendicolarmente tra di loro, che inserendosi tra le spire mantengono ferma e allungata la lamina arrotolata. Il termometro viene tarato confrontandolo tra due temperature con un termometro campione a mercurio, in maniera da avere la corrispondenza tra angoli di rotazione e gradi. Fino a 100 °C la dilatazione della spira (e quindi la rotazione dell'ago) è proporzionale alla variazione di temperatura. La base ha una scanalatura circolare in cui si fa entrare il bordo di una campana di vetro di protezione, che viene poi fermata ad esso mediante due piccoli perni e una molla.

Esiste un modello modificato in maniera da poter essere usato anche come galvanometro, facendo passare attraverso la spirale la corrente di cui si vuole misurare l'intensità. Infatti la spirale si riscalda e l'ago si sposta. Il circuito esterno è inserito mediante due morsetti, fissati alla base di legno, uno dei quali comunica con l'asta prismatica che regge una estremità della spirale, mentre l'altro è in contatto con un piccolo recipiente, contenente mercurio, in cui è immersa l'altra estremità della molla.

Questo strumento ha il difetto di non ritornare esattamente nella posizione primitiva ogni qualvolta si ristabilisce la stessa temperatura, perché la spirale subisce delle lente modificazioni con il variare della temperatura: occorre quindi controllarne spesso la taratura.

## Cenno storico

Abraham-Louis Breguet, famoso costruttore di orologi (Neuchâtel 10-1-1747, Paris 17-9-1823), oltre al termometro che porta il suo nome, inventò svariati meccanismi: orologi che si ricaricano con il movimento di chi li porta, vari meccanismi per il telegrafo, il pendolo simpatico, ecc., costruì orologi marini, scappamenti, cronometri: tutto ciò che faceva era superiore a quanto esisteva al momento. Si deve a lui l'introduzione dei rubini nel meccanismo degli orologi. Fu nominato successivamente orologiaio della Marina, membro del *Bureau des Longitudes*, e infine membro dell'Académie des Sciences. Fourier scrisse un «Eloge d'Abraham-Louis Breguet» nelle *Memoires de l'Academie de Sciences*, (t. VII, p. 92).

## Bibliografia

BREGUET, *Annales de Chimie et de Physique*, t. V, p. 312. BIOT (1824) t. I, pp. 238-239. GERBI (1823) t. III, p. 44. PIANCIANI (1833) vol. II, p. 78. MAJOCCHI (1850) t. II, pp. 413-415. GANOT (1874) pp. 209-210. JAMIN (1886) t. II, pp. 140-141. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. III, p. 32. RAGOZZINO, SCHETTINO (1985) pp. 54-57.

## Scheda

*Firma*: [sul quadrante] BREGUET.

*Identificazione*: [inciso sul legno] 120. [Etichetta di carta] 120. [Etichetta metallica] 38/2. [etichetta di carta] 38. [Stampigliato sul vetro] 38.

*Provenienza*: Golaz - Paris.

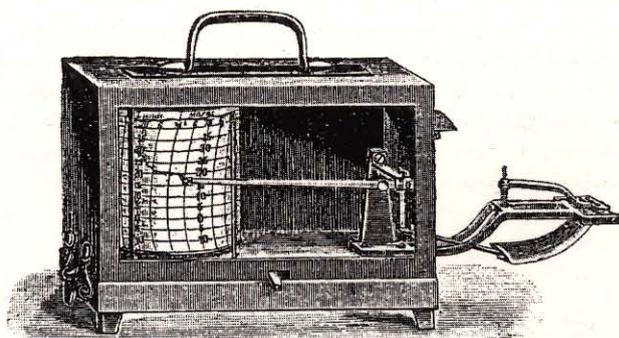
*Materiale*: ottone, legno, vetro.

*Prezzo*: Lire 60.

*Dimensioni*: Ø 145, altezza 190.

*Datazione*: è presente nell'inventario del 1880.

## TERMOMETRO REGISTRATORE RICHARD



### Finalità

Registrare la temperatura dell'atmosfera con continuità nel periodo di una settimana.

### Descrizione

L'apparecchio sfrutta il differente modo di dilatarsi dei corpi solidi. Saldando insieme due lamine di differenti metalli, la forma della lamina risultante cambia col variare della temperatura, perché i

metalli si dilatano o si contraggono in maniera differente. Scaldando la lamina bimetallica, essa si curva dalla parte della lamina che si dilata meno; mentre si incurva dal lato opposto quando si raffredda.

La lamina incurvata che si vede sulla destra della figura è la lamina bimetallica, di cui una estremità è fissata a un supporto sporgente dalla scatola, mentre l'altra estremità è connessa ad un indice, attraverso un sistema di leve che amplifica la distorsione. All'estremità dell'indice è posta una penna, munita di una vaschetta piramidale, che si riempie d'inchiostro (generalmente anilina mista a glicerina, in maniera da poter durare a lungo senza seccare). La penna poggia leggermente su un cilindro di ottone, girevole intorno ad un asse verticale. Il moto uniforme è assicurato da un congegno di orogeria che muove un piccolo rocchetto, collocato eccentricamente al movimento, i cui denti si incastrano con quelli di una ruota dentata fissa e centrata nell'asse del cilindro. Le dimensioni delle ruote e del cilindro sono calcolate in maniera che la carta avanzi di 4 centimetri al giorno, ed il cilindro fa un intero giro in una settimana. Sul cilindro è avvolto un foglio di carta, sul quale è già disegnato un sistema di coordinate, che permettono di fissare il tempo e la temperatura. La penna dell'indice segna sulla carta una linea con continuità, da cui si può dedurre la temperatura corrispondente ad ogni istante. Il movimento di orogeria si carica, introducendo nel buco aperto sul fondo superiore del cilindro l'imboccatura quadrata più grossa di una chiave a doppia entrata, e girando a sinistra. L'altro buco posto sullo stesso fondo, che deve rimanere chiuso, serve a regolare l'avanzo o il ritardo dello scappamento, come negli orologi ordinari. La custodia in cui è rinchiuso l'apparecchio è di lamiera di zinco, perchè il termometro possa essere esposto all'aria aperta.

### Bibliografia

DENZA (1882), pp. 255-263. BATTELLI, CARDANI (s.d.) vol. III, p. 33-34.

### Scheda

*Firma:* [sulla base di ottone] Richard Frères / constructeurs, Brevetés / à Paris /. [punzonato sulla base, in due punti] Breveté R.G.D.G. R.F. n° 2650. [Targhetta all'esterno dell'involucro di lamiera] Thermomètre enregistreur / breveté S.G.D.G. / Richard Frères / constructeurs / 8, Impasse Fessart / Paris.  
*Identificazione:* [etichetta metallica] 146. [Stampigliato] 481.

*Provenienza:* Pierucci.

*Materiali:* ottone, zinco, vetro.

*Prezzo:* Lire 133,8.

*Dimensioni:* 350 x 130 x 170.

*Datazione:* buono di ingresso n° 46 del 20. 5. 1887.

## BUSSOLA

### Descrizione

Ha una base circolare piatta in ottone su telaio rettangolare di piattina di ottone. Sulla base è fissato un anello dello stesso diametro, a sezione quadrata, argentato, su cui è incisa una graduazione molto fine, numerata, con «0» gradi a destra e a sinistra e «90» gradi in alto e in basso. Le divisioni sono segnate con tracce di differente lunghezza, le più corte indicano il quarto di grado, poi, sempre crescendo in lunghezza, sono segnati i mezzi gradi, i gradi e i cinque gradi. Al centro del disco di ottone è fissata una piccola base, anch'essa in ottone, che sorregge una corta punta di acciaio, su cui poggia una piatta sbarretta magnetizzata, che porta inserito al centro una specie di piccolo cappuccio di ottone, con il quale poggia sulla punta di acciaio, rimanendo libera di ruotare e inclinarsi. Un anello di ottone, su cui è montato un vetro, si inserisce con dolce attrito nell'anello argentato.

La bussola è contenuta in una elegante cassetta in legno.

### Cenno storico

Jonathan Sisson (1690-1747), e suo figlio Jeremiah, morto nel 1780, sono costruttori inglesi di ottimi strumenti astronomici. Tra gli strumenti sopravvissuti della specola, vi sono un quadro mobile in ottone con cannocchiale, firmato «J. Sisson – London», databile intorno al 1750, e un quadrante murale con cannocchiale firmato «Jonathan e Jeremiah Sisson – London», dello stesso periodo. Nell'inventario del 1880 è descritta così: «bussola di declinazione, ossia quadrante orizz. con ago sostenuto da un perno. Istrumento rozzo».

### Scheda

*Firma:* [inciso] J. Sisson London.

*Identificazione:* [stampigliato] 198. [Etichetta] 198. [Etichette di carta] 198, 208 e 247. [Etichetta di ottone con bollo dell'università] 247.

*Provenienza:* n.c.

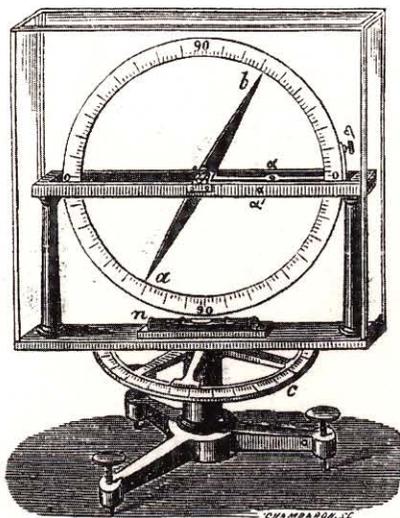
*Materiali:* ottone, vetro, ferro.

*Prezzo:* Lire 30.

*Dimensioni:* [scatola] 320 x 205 x 50.

*Datazione:* era presente nell'inventario del 1880.

## BUSSOLA DI INCLINAZIONE



### Finalità

Se un ago magnetico viene sospeso per il suo centro di gravità, libero di orientarsi secondo il campo magnetico terrestre, l'asse del magnete si disporrà lungo il meridiano magnetico, formando con il piano orizzontale che passa per il centro di gravità un angolo, che viene chiamato angolo di inclinazione. L'apparecchio che misura questo angolo è la bussola di declinazione.

### Descrizione

Consiste esternamente in un telaio di legno con il lato di base in ottone, chiuso posteriormente da una parete di vetro fissa; anteriormente vi è uno sportello di vetro che permette di accedere all'interno. Sulla base di ottone è fissata una livella, che contiene una lunga bolla d'aria, con divisioni incise sul vetro alle estremità per controllarne la posizione.

Il tutto poggia su un supporto a viti calanti. Tra la cassa e il treppiede è inserito un goniometro orizzontale a nonio. All'interno della cassa due colonne sorreggono un telaio rettangolare di ottone che la attraversa trasversalmente in modo da poter fornire un appoggio all'asse dell'ago magnetico. Infatti al centro dei lati più lunghi di questo telaio sono poste due lamine di agata, tagliate a unghia, in maniera da rendere minimo l'attrito con l'asse dell'ago magnetico. L'agata è inserita in una montatura in ottone, che permette di regolarne l'altezza mediante una piccola vite. All'interno di questo telaio ve ne è un altro, incernierato alla colonna di sinistra, che può essere alzato un poco al di sopra del primo telaio, agendo con una manopola posta sul lato destro, all'esterno della cassa. Questo telaio mobile porta in corrispondenza di ognuna delle due agate, una piccola forchetta, per mantenere sollevati gli assi di acciaio che assicurano la mobilità all'ago magnetico, onde evitare l'usura delle agate e la possibilità di danneggiarle. All'interno dei due telai, fissato alla base e alle colonne, è inserito verticalmente un cerchio argentato, su cui è segnata la graduazione. Il cerchio che è suddiviso in quattro quarti, con scale da zero a novanta gradi, ognuna divisa in gradi, a loro volta divisi in dodici parti, permette di misurare l'angolo di declinazione con la precisione di 5'.

Osservando la posizione delle due estremità dell'ago magnetico, gli angoli dovrebbero coincidere, tuttavia per le imperfezioni dell'ago magnetico e per le difficoltà di centrare la sospensione, si trovano piccole differenze. In tal caso si farà la media delle due letture. All'esterno della scatola due alidade di ottone ruotano verticalmente e sono incernierate in maniera da potersi muovere anche orizzontalmente. In ognuna di esse è inserita, all'altezza del circolo graduato, una lente che permette di leggere la scala con grande chiarezza.

Nell'inventario del 1880 si trova: «258. Bussola d'inclinazione, cerchio 0<sup>m</sup>.24, 0<sup>m</sup>.19 e sbarra di ricambio. Tutta in rame con custodia a cristalli. Froment, Paris. Lire 700». I due aghi sono conservati in una scatola, su cui sono stampigliati il n. 74 e il n. 190. Quest'ultimo corrisponde all'inventario del 1909.

### Bibliografia

DAGUIN (1867) t. III, pp. 68-71. MOUTIER (1883) t. I, pp. 553-557. JAMIN (1889) t. IV, seconda parte, pp. 31-35.

### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [inciso nel legno] 258. [Etichette di carta] 258, 190. [Etichetta metallica] 74. [Stampigliato] 74.

*Provenienza:* Froment, Paris.

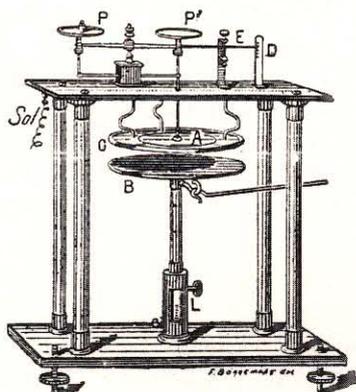
*Materiali:* ottone, vetro, acqua, agata, acciaio.

*Prezzo:* Lire 700.

*Dimensioni:* 325 x 295 x 68.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## ELETTROMETRO ASSOLUTO DI BRANLY



### Finalità

Permette di misurare i potenziali in unità assolute elettrostatiche. La misura della differenza di potenziale viene ricavata dalla misura della forza di attrazione mutua tra due conduttori piani paralleli che si trovano a potenziali differenti.

### Descrizione

Lo strumento è stato ideato da William Thomson (Lord Kelvin). È contenuto in un cilindro di vetro alto circa 220 mm, sostenuto da lunghe gambe che permettono di far scorrere l'asse centrale che sostiene il piatto inferiore. Un robusto anello di acciaio chiude superiormente il cilindro. Ad es-

so è rigidamente fermato con viti il disco di guardia, che è un disco di ottone di diametro 200 mm, con foro centrale di 40 mm. All'interno del foro può scorrere un piatto (diametro 36 mm), sostenuto da una piccola bilancia mediante tre sottili asticcioline filettate con dado anulare godronato. Questo sistema permette di disporre il piccolo piatto parallelo al grande anello circolare, in maniera da formare una delle due armature del condensatore, di cui si vuole misurare la differenza di potenziale. La bilancia che sostiene il piattino ha un giogo lungo complessivamente 90 mm. Una levetta può bloccare il movimento della bilancia. Il piatto inferiore del condensatore scorre mediante una vite a cremagliera ed è bloccato da una fascia a stringere. Gli spostamenti si leggono su una scala millimetrata a fianco dell'asse. Il piatto superiore e la bilancia sono collegati elettricamente e quindi sono allo stesso potenziale mentre tutta la parte superiore è isolata dal piatto inferiore per mezzo del cilindro di vetro.

La funzione dell'anello di guardia è quella di assicurare che il campo tra il piccolo disco mobile e il piatto inferiore sia essenzialmente costante, e la sua presenza elimina i cosiddetti effetti di bordo. La condizione di equilibrio della bilancia è instabile, perchè se il giogo si sposta anche leggermente allontanando il piatto, diminuisce l'attrazione elettrostatica e il peso farà allontanare definitivamente il disco; viceversa se il piatto si avvicina le forze elettrostatiche soverchiano il peso. Per questo motivo il movimento del giogo è limitato da due fermi, uno dei quali regolabile, ed è regolato in maniera da porre il piattino coplanare con l'anello di guardia. La misura si compie mettendo un eccesso di peso e poi facendo risalire il piatto inferiore. Non appena questo sarà alla distanza giusta, farà traboccare il giogo della bilancia dalla sua parte.

Dato che la bilancia non è molto sensibile, lo strumento ha l'aspetto di un apparecchio soltanto dimostrativo.

### Bibliografia

GORDON (1881) pp. 87-92. HOSPITALIER (1890) t. I, pp. 210-213. JAMIN (1890) t. IV, 1<sup>re</sup> partie, pp. 258-264. CHWOLSON (1910) t. IV, 1<sup>re</sup> fasc. pp. 350-352. BATTELLI, CARDANI (1925) vol. IV, parte I, pp. 239-243 e 360-364. BRUHAT (1944) p. 106. CORTINI, SCIUTI (1956) pp. 52-55.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 282.

*Provenienza:* Bourbouze, Paris.

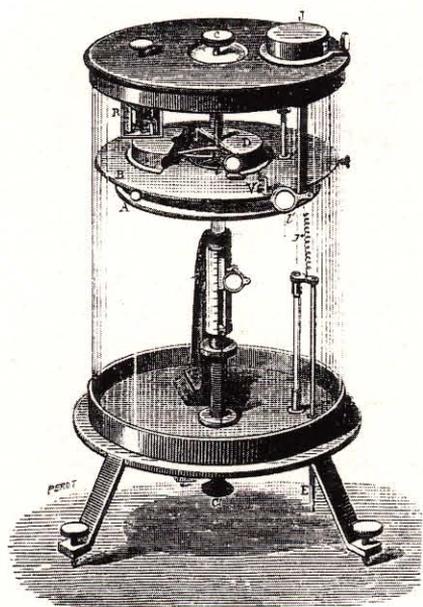
*Materiali:* ottone, vetro, ferro.

*Prezzo:* Lire 300.

*Dimensioni:* alt. 535.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## ELETTROMETRO ASSOLUTO DI W. THOMSON (Lord Kelvin)



### Finalità

Permette di misurare i potenziali in unità assolute elettrostatiche. La misura della differenza di potenziale viene ricavata dalla misura della forza di attrazione mutua tra due conduttori piani paralleli che si trovano a potenziali differenti.

### Descrizione

Questo strumento è stato immaginato da William Thomson (Lord Kelvin), ed è simile al precedente, ma assai più raffinato nella costruzione. L'unica differenza sostanziale è nel sistema di valutazione della forza con cui il piattino, all'interno dell'anello di guardia, viene attratto dal piatto inferiore. Infatti questo piattino è sospeso con tre molle sottilissime in acciaio ad una asticina, comandata da una vite nei suoi spostamenti verticali. Si tarano gli spostamenti in questa maniera: si distribuiscono simmetricamente pesi conosciuti sul disco mobile, che scende, perché le molle si distendono; quindi lo si risolve fino all'altezza iniziale.

Si stabilisce con questo procedimento la corrispondenza tra pesi e allungamenti della molla. Si controlla se il piattino è nella posizione giusta guardando con una lente, tra due punte poste verticalmente come traguardo. Lo spostamento verticale è controllato da una scala con nonio, che dà il decimo di millimetro; inoltre la vite micrometrica termina all'esterno con un goniometro, diviso in 200 parti che permette in teoria di leggere spostamenti di 5 micron perché ogni giro il piattino scende di un millimetro. Il disco mobile è protetto da effetti di induzioni esterne mediante una scatola cilindrica. Il disco inferiore è comandato dal basso. Una elegante colonna in ottone regge un blocco entro cui si muove l'asta che tiene in posizione il disco inferiore. Sopra il blocco c'è un goniometro con cui si distinguono i duecentesimi di millimetro; lungo il blocco è segnata una scala graduata con nonio, che è letto attraverso una lente. Un filo a piombo sospeso vicino al nonio, fa anche da origine e permette così di leggere gli spostamenti del goniometro.

La base è sorretta da viti calanti, che terminano in zoccoli di gomma.

### Bibliografia

GORDON (1881) pp. 87-92. HOSPITALIER (1890) t.1, pp. 210-213. JAMIN (1890) t. IV, 1<sup>er</sup> partie, pp. 258-264. CHWOLSON (1910) t. IV, 1<sup>er</sup> fasc., pp. 350-352. BATTELLI, CARDANI (1925) vol. IV, parte I, pp. 239-243 e 360-364. BRUHAT (1944) p. 106. CORTINI, SCIUTI (1956) pp. 52-55.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 159. [Stampigliato] 159.

*Provenienza:* Consorzio universitario.

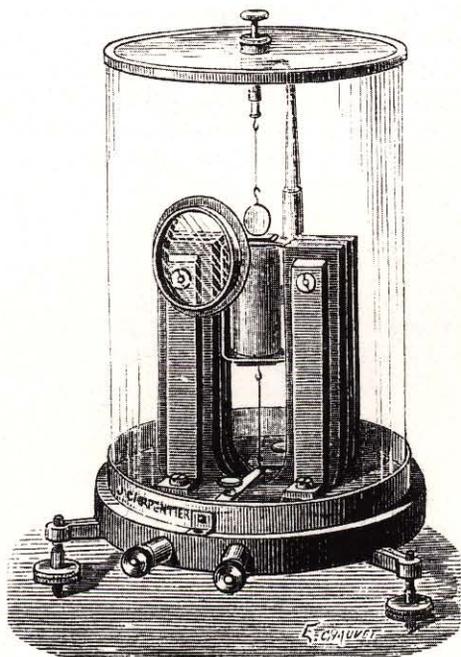
*Materiali:* ottone, vetro.

*Prezzo:* Lire 1050.

*Dimensioni:* alt. 660, diametro 360.

*Datazione:* buono d'ingresso n. 245 del 29.3.1901.

## GALVANOMETRO APERIODICO DI DEPREZ E D'ARSONVAL



### Descrizione

In questo apparecchio il campo magnetico è fornito da un magnete a ferro di cavallo, in cui i poli sono rivolti verso l'alto e la base è incastrata nello zoccolo di ebanite dell'apparecchio. Nella base, che è sorretta da tre viti calanti, sono incastrate due piccole bacinelle chiuse da vetri, che presumibilmente avevano una goccia di mercurio per porre la base in un piano orizzontale.

Un sottile filo isolato è avvolto intorno ad un quadro mobile leggerissimo, che è sospeso tra due fili metallici che servono sia a portare la corrente all'avvolgimento sia a fornire la coppia elastica che risulterà dalla loro torsione, dovuta al moto generato dalle azioni reciproche del magnete e del quadro mobile, quando quest'ultimo è percorso da una corrente elettrica. In alto il filo è sospeso a un robusto gambo di ottone, dalla caratteristica forma a «lampione», con un sistema che ha due movimenti, uno di rotazione della bobina per disporla nella posizione giusta, e un altro verticale per regolarne l'altezza. Il secondo filo arriva all'estremità di una lamina che

è fissata alla periferia dello zoccolo. La lamina ha una vite al centro che permette di regolare la tensione del filo e quindi l'intensità del momento di richiamo, quando circola corrente nel galvanometro. I capi dei due fili arrivano ai morsetti fissati ai bordi dello zoccolo. Un piccolissimo specchio incollato al filo permette di leggere l'angolo di torsione con grande precisione. Infatti può riflettere su una scala in celluloido trasparente l'immagine di un crocifilo fortemente illuminato posto sotto la scala stessa, che in genere si colloca a circa un metro dal galvanometro. Con questo dispositivo il galvanometro ha un indice «senza peso» lungo due metri. Questo accorgimento può essere usato con tutti i galvanometri in cui uno specchio è fissato al filo di torsione.

Al supporto a «lampione» è fissato anche un tubo di ferro dolce, un poco più piccolo della bobina mobile, che rimane all'interno della bobina. Per comprenderne la funzione basta osservare che il quadro mobile oscilla con ampiezza decrescente sia per la resistenza dell'aria sia per la resistenza dovuta alle correnti di induzione. Si sfrutta questo effetto per fermare lo strumento: dopo una misura basta unire in corto circuito i morsetti del galvanometro perché le oscillazioni cessino, a causa delle correnti d'induzione determinate dalla bobina mobile nel suo movimento nel campo del magnete. Il tubo di cui parliamo rinforza l'intensità del campo magnetico e quindi anche lo smorzamento del galvanometro che è completamente aperiodico. La sensibilità di uno strumento del genere può essere valutata sapendo che con un circuito di 200 ohm di resistenza, con la durata di oscillazione del sistema mobile di 10", la deviazione di un millimetro della scala distante due metri corrisponde alla corrente di  $2,67 \cdot 10^{-9}$  ampère.

Il galvanometro è protetto da un cilindro di vetro, in cui è stata praticata una apertura circolare, chiusa da un disco piatto di vetro, su cui è incollata una lente per far convergere la luce sullo specchio.

### Bibliografia

HOSPITALIER (1890) t. I, pp. 174-176. DUMONT (s.d.) pp. 334-335. BATTELLI, CARDANI (1925) vol. IV, parte I, pp. 531-533.

**Scheda**

*Firma:* [sullo zoccolo] I. Carpentier / Ing.<sup>r</sup> Constr<sup>r</sup> Paris. 3716-7.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 341. [Stampigliato sul vetro] 341.

*Provenienza:* acquistato.

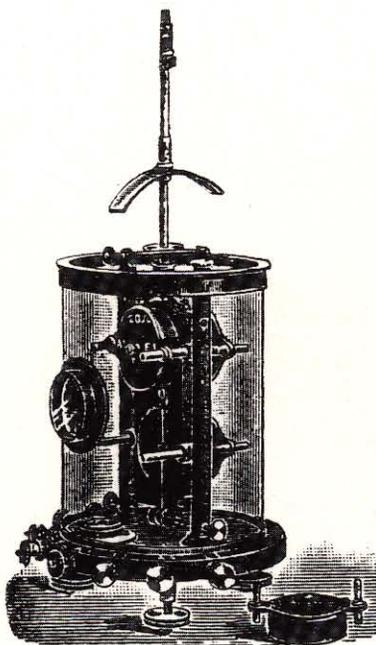
*Materiali:* ottone, acciaio, vetro, bachelite [?].

*Prezzo:* Lire 210.

*Dimensioni:* [diametro della base] 170. [altezza] 245.

*Datazione:* Buono d'ingresso n. 239 del 5.12.1901.

## GALVANOMETRO ASTATICO DI DU BOIS E RUBENS



### Finalità

L'intensità della corrente elettrica che fluisce in un conduttore può essere misurata in varie maniere, tra cui le più usuali sono due: a) facendo passare la corrente nelle spire di un quadro mobile, e utilizzando l'accoppiamento del campo magnetico prodotto con quello di un magnete, nei cui poli la bobina è collocata; questo sistema è quello per esempio del galvanometro di Deprez e d'Arsonval. b) Un'altra maniera è quella di usare un «equipaggio galvanico» costituito da un gruppo di piccoli magneti, messi al centro di una bobina. Mentre nel primo caso il campo magnetico terrestre non ha influenza tra i poli del magnete a ferro di cavallo in cui è alloggiata la bobina mobile, nel secondo caso bisogna tener conto del campo magnetico terrestre o annullarne gli effetti. Questo galvanometro è ad aghi mobili, ed è astatico, cioè l'effetto del campo magnetico terrestre viene praticamente annullato. Il sistema nelle linee essenziali è stato immaginato dal Nobili. Ha subito miglioramenti dal Thomson.

### Descrizione

Una serie di aghetti viene incollata su un sottilissimo foglio di mica. Si preferisce unire in un fascio tanti piccolissimi aghi con le polarità concordanti, piuttosto che prenderne uno solo più grande, per avere l'intensità del campo desiderata con poca massa, onde facilitare lo smorzamento delle oscillazioni. Due di questi fasci sono uniti rigidamente ad una sbarretta con le polarità di un gruppo opposte a quelle dell'altro. Ogni fascio è all'interno di una bobina in cui la corrente circola in direzioni opposte. L'effetto del campo magnetico terrestre viene annullato perchè agisce su un fascio in un verso e sull'altro nel verso opposto. Dato che è impossibile avere fasci esattamente uguali, la compensazione non è perfetta, per questo al di sopra del galvanometro c'è un'asta che sostiene due sbarre piatte magnetizzate, i cosiddetti «magneti compensatori», che vengono orientate in maniera da diminuire ancora gli effetti del campo magnetico terrestre. Questi galvanometri sentono le più lievi perturbazioni del campo magnetico esterno ed è necessario blindarli con una corazzatura. L'asta che porta i magneti compensatori è lunga 240 mm, e viene ruotata per mezzo di una vite senza fine che si ingrana a una ruota il cui bordo è a cremagliera. Il filo è teso per mezzo di una vite nella parte superiore del telaio, mentre nella parte inferiore si avvolge in una piccola ruota scanalata. La base è di ebanite. I magneti sono sorretti da quattro sbarre di ottone, avvitate alla base. L'apparecchio è contenuto in una scatola cilindrica in cristallo, che ha una finestra rotonda chiusa da un vetro piano, su cui è incollata una lente per concentrare la luce di uno specchio piccolissimo, fissato a un fascio di aghetti.

### Bibliografia

DUMONT (1889) pp. 332-333. PERUCCA (1937) pp. 521-522.

**Scheda**

*Firma:* KAISER & SCHMIDT, Berlin.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 353. [Stampigliato] 353.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiali:* ottone, ferro, vetro, ebonite.

*Prezzo:* Lire 1200.

*Dimensioni:* diam. del cilindro ,di vetro 190. Alt. 240.

*Datazione:* Bolla d'ingresso n. 171 del 1897.

## BUSSOLA DELLE TANGENTI



### Finalità

È l'esempio più semplice di galvanometro, cioè di un apparecchio che misura l'intensità della corrente per mezzo del campo magnetico da essa creato.

### Descrizione

Il corpo dell'apparecchio, sorretto da tre viti calanti, è costituito da uno spesso anello in ottone, il cui diametro esterno è di 200 mm, su cui è incisa una scala circolare, suddivisa in quattro quadranti di novanta gradi ciascuno, che, oltre ai gradi, numerati ogni dieci, segna anche il mezzo grado.

All'interno dell'anello può ruotare un disco, parimenti in ottone e dello stesso spessore, che sostiene

nei punti in cui viene attraversato, un telaio circolare verticale, dello stesso metallo. La rotazione del disco all'interno dell'anello è facilitata da due piccoli manici fissati verticalmente ad esso; la sua posizione è letta sulla scala esterna, in corrispondenza di due incisioni diametralmente opposte, segnate tra due coppie di morsetti, posti ai lati del telaio verticale.

Alla periferia del telaio vengono avvolti in una scanalatura due sistemi di spire; ciascuno dei due rocchetti così ottenuti fa capo a due morsetti, uno per ognuna delle coppie di cui abbiamo già parlato. Dato che i due circuiti hanno resistenze molto differenti, riunendoli in serie o in parallelo si può usare la bussola per misurare correnti di intensità molto diverse.

Dal disco, nella zona immediatamente all'interno delle spire, sporge un anello che regge all'interno un limbo anulare in alluminio, che porta una scala con divisioni che segnano i gradi; l'anello è chiuso da un coperchio con piatto in vetro attraverso il quale si osserva l'interno della bussola.

Sotto il vetro una leggera asticella termina al centro del disco con un cilindretto forato per cui passa il perno che sostiene la calamita; una parte trasversale a forma di balestra avvitata nelle vicinanze del limbo fissa elasticamente alla base l'asticella che poi continua all'esterno. Una vite, avvitandosi nel disco, può abbassare l'estremità esterna dell'asticella facendo così alzare il cilindretto centrale, che regge la calamita; con questo meccanismo la calamita può essere o sospesa o lasciata libera di orientarsi secondo la componente orizzontale  $H_0$  del campo magnetico terrestre.

Usualmente prima di effettuare una misura si orienta l'apparecchio in maniera che le spire e l'ago si trovino nel piano del meridiano magnetico. Quando passa corrente, il campo magnetico prodotto è perpendicolare ad  $H_0$  e la calamita devierà secondo la risultante dei due campi.

La calamita è piuttosto tozza: di spessore costante (2 mm), stretta (8,5 mm) e aguzza ma abbastanza corta (17,7 mm) di fronte al diametro delle spire (120 mm), in maniera che il campo magnetico, generato dalla corrente che percorre le spire abbia approssimativamente la stessa intensità al centro e agli estremi della calamita. La corrente che si vuole misurare è proporzionale alla componente orizzontale del campo magnetico terrestre e alla tangente dell'angolo di deviazione provocato dalla corrente, mentre è inversamente proporzionale ad un fattore che dipende dal numero delle spire, dal raggio medio di esse e dalla distanza tra il punto medio della calamita e il centro delle spire. È anche importante il rapporto tra la lunghezza della calamita e il raggio delle spire, che deve essere il più piccolo possibile. Sulla calamita è fissato un lungo indice di alluminio per facilitare la lettura. L'attrito sul perno diminuisce la sensibilità dello strumento, ma questa sospensione permette di evitare l'azione direttrice del filo di una sospensione unifilare o bifilare.

Nelle misure la bussola deve essere posta su un solido basamento al riparo dalle oscillazioni provocate dall'esterno e lontana da materiale magnetico: per questo essa è costruita interamente in ottone. Si livella. Si libera la calamita e si ruota il telaio in maniera che l'indice di alluminio sia sullo zero della scala interna. A questo punto anche le spire sono disposte lungo il meridiano magnetico.

Per sicurezza si effettuerà due volte la misura, inviando con un doppio tasto la corrente attraverso le spire anche nel senso contrario: la deviazione della calamita deve avere direzione opposta ma essere dello stesso angolo, e la divisione in quattro quadranti della graduazione trova la sua giustificazione nella facilità con cui, partendo dallo zero, si possono confrontare le opposte deviazioni. Quando non si ha una perfetta coincidenza del piano delle spire con il meridiano magnetico, le deviazioni non sono uguali; in tal caso si prende come valore di deviazione la media aritmetica delle due letture.

Il circuito esterno va disposto in maniera che produca una azione trascurabile sulla calamita, confrontato con il campo magnetico terrestre e con il campo creato nelle spire. I fili che vanno ai morsetti devono perciò essere attorcigliati tra loro.

Per misure di grande precisione si dovrebbe tener conto dell'eventuale inclinazione del piano delle spire rispetto al piano verticale che passa per il loro centro, della lunghezza e della eccentricità della calamita, della dilatazione del telaio a causa della temperatura ecc. In generale la legge delle tangenti è verificata solo se è molto piccolo il rapporto tra lunghezza della calamita e il raggio della spira.

La bussola dà una misura assoluta della corrente in quanto la costante di proporzionalità tra la tangente dell'angolo di deviazione e la corrente che si vuol misurare può essere calcolata a priori quando sono note le dimensioni geometriche delle spire e il loro numero. Tuttavia per misure precise è meglio determinare questa costante con taratura empirica: mediante elettrolisi si può tarare in modo esatto lo strumento.

Il principale inconveniente delle bussole delle tangenti è la piccola sensibilità dovuta alle necessità di dare grandi dimensioni alle spire e mantenere piccola la lunghezza della calamita che quindi dà luogo a un piccolo magnetico. La sensibilità del galvanometro può essere regolata, sovrapponendo al campo magnetico terrestre un campo ausiliario.

## Cenno storico

Johann-Salomon-Christoph Schweigger (1779-1857) fu il primo ad avere l'idea di moltiplicare l'azione della corrente sull'ago magnetico, costruendo nel 1821 uno strumento con più spire che chiamò galvanometro moltiplicatore; questo apparecchio poi fu reso assai più sensibile dal Nobili con il sistema astatico degli aghi compensati. Benchè la paternità della bussola delle tangenti venga universalmente attribuita a Claude-Servais-Mathias Pouillet (1791-1868), nel suo trattato del 1854 August de La Rive afferma di averla descritta fin dal 1824 e che il Pouillet la ha solo realizzata in forma un pò differente in seguito; il che è riconosciuto dallo stesso Pouillet. Il Majocchi invece fa riferimento ad uno strumento costruito in precedenza da Nervander.

## Bibliografia

SCHWEIGGER, *Bibliothèque Universelle de Genève*, (1821) t. XVI p. 197. DE LA RIVE, *Memoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*, (1824) t. III, 1<sup>ère</sup> partie, p. 117 e *Bibliothèque Universelle de Genève*, t. XXI, pp. 27. POUILLET, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXI, p. 77. DE LA RIVE (1854) t. I, pp. 336-341. NERVANDER, *Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet*, t. VI, parte 3<sup>a</sup>, p. 2498. MAJOCCHI (1855) t. II, pp. 976-977. POUILLET (1853) t. I, pp. 552-553. ROITI (1903) vol. II, pp. 238-243. MURANI (1906) vol. II, pp. 498-500. VEROI (1909) vol. II, pp. 84-98. FERRARIS (1911) pp. 196-197. WIEDEMANN-EBERTS (1924) pp. 392-394. BATTELLI, CARDANI (1925) vol. IV, parte I, pp. 509-519. RAGOZZINO, SCHETTINO (1985) pp. 89-91. BRENNI, *Giornale di Fisica* (1984) vol. XXV, pp. 335-346.

**Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 71.

*Provenienza:* ?

*Materiali:* ottone, vetro, ferro, alluminio.

*Prezzo:* ?

*Dimensioni:* diametro 200, altezza 175.

*Datazione:* fine sec. XIX.

## PILA A COLONNA

### Descrizione

Sopra una base di legno è avvitata una colonnina pure di legno, da cui sporge a mezza altezza il sostegno su cui poggia la pila di dischi bimetallici (dischi di rame saldati con dischi di zinco) alternati a dischi di panno, che nel momento del funzionamento devono essere imbevuti con acqua acidulata con acido solforico. Il nome di pila viene da questa particolare disposizione adottata dal Volta.

Invece dei più usuali tre bastoni di vetro, che servono di guida, impedendo ai dischi di sparpagliarsi in caso di scossoni o di urti, la colonnina termina in alto con una sbarretta di ottone che sporge fino al centro della pila e che, opportunamente forata e filettata, reca una vite, a testa godronata, che può comprimere la colonna dei dischetti. La pila poggia al centro del sostegno inferiore su un disco di ottone, che vi è incastrato; il disco si prolunga in un lungo cilindretto che sporge al di sotto del supporto di legno e termina con una vite: un foro trasversale per il filo conduttore, a foglia di morsetto, permette il collegamento con un lato del circuito.

L'altro morsetto è realizzato con un foro trasversale nel perno di ottone in cui termina la colonnina di legno e che sorregge la sbarretta superiore di ottone, di cui abbiamo già parlato. I fori trasversali potevano pure essere utilizzati senza vite, semplicemente facendoli attraversare dai fili di rame del circuito esterno, che poi venivano attorcigliati fino a stringersi al metallo. Il dispositivo non è dei più felici perchè accentua un difetto della disposizione a pila. Infatti lo stesso Volta aveva notato che, per il solo peso, i dischi soprastanti premono sui dischi di panno, facendo gocciolare lungo la colonna il liquido di cui questi erano imbevuti, permettendo in questo modo agli elementi della pila dello stesso materiale di entrare in contatto, con riduzione del rendimento. Volta corresse questo inconveniente con un successivo dispositivo detto «a corona di tazze».

È ovvio che, dovendo comprimere la pila con la vite, per sorreggere gli elementi e per avere un buon contatto, si produce un incremento dello sgocciolamento.

Attualmente sono presenti 14 dischi bimetallici il cui diametro è di 44 mm e lo spessore è di 2,7 mm. Manca uno dei dischi di panno. Nell'inventario del 1831, redatto per la consegna del Gabinetto di Fisica al nuovo direttore Luigi Pacinotti, si legge: «546 – N° 40 lamine circolari metalliche risultanti di una lastra di rame e zinco saldate insieme per la pila di Volta. Lire 267». Forse i dischi di questo dispositivo hanno questa origine; l'ipotesi è sostenibile perchè nella divisione degli strumenti fatta tra Pacinotti e Matteucci nel 1841 i 40 dischi per la pila di Volta toccarono al Matteucci e quindi rimasero nel Gabinetto di Fisica Sperimentale.

Nell'inventario del 1880, dove questa pila aveva il n. 230, si legge l'annotazione: «rozza»; la stessa annotazione è scritta nell'inventario del 1890 ed è seguita inoltre dalla osservazione: «è in via di riparazione».

### Bibliografia

BATTELLI, CARDANI (1925), vol. IV, pp. 306-307.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 69.

*Provenienza:* [?]

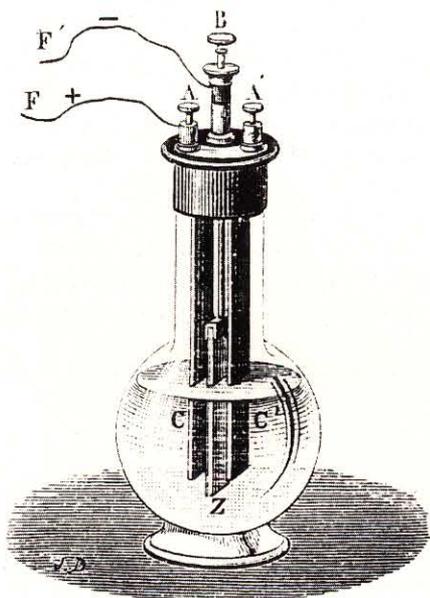
*Materiali:* legno ottone, zinco, rame, panno.

*Prezzo:* Lire 4.

*Dimensioni:* 180 x 120. Altezza 220.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## PILA GRENET



### Descrizione

Il recipiente, una bottiglia di vetro a collo largo, è chiuso da un coperchio di ebanite a cui sono fissate due lastre di carbone. Queste lastre sono ottenute fondendo zolfo e grafite finemente polverizzata e poi versando la massa ancora liquida in una forma. Il filo di rame per i contatti viene aggiunto prima del raffreddamento. Il carbone, pur non essendo un metallo, è un eccellente conduttore. Una lamina di zinco amalgamato (con il mercurio) è sostenuta da una asticina di ottone che scorre in un tubetto metallico posto al centro del coperchio. Una vite nel tubetto può bloccare l'asticina nella posizione opportuna: in questa maniera, poiché il liquido arriva solo a metà altezza, immergendo o sospendendo fuori del liquido la lastra di zinco, che è lunga meno della metà delle lastre di carbone, si fa agire o si interrompe l'azione della pila. Sopra il coperchio sono fissati due morsetti (con foro passante e vite per inserire il circuito esterno), collegati, mediante sbarrette, rispettivamente allo zinco e alle placche

di carbone. La lastra di zinco ha, infissi nella parte superiore, quattro pezzetti di sostanza isolante, che ne impediscono il contatto con le lamine di carbone.

Per impedire il depositarsi dell'idrogeno sulla lastra positiva della pila si può adoperare un liquido contenente una sostanza depolarizzante, capace perciò di combinarsi con l'idrogeno nascente. In generale si adoperano sostanze ossidanti, quali il bicromato di potassio che si trasforma in solfato di cromo. Il Grenet suggeriva per la composizione del liquido la seguente formula: una parte di bicromato di potassio, tre parti di acido solforico e dieci parti di acqua. Tuttavia si è visto che l'eccesso di acido solforico è dannoso; è meglio usare le seguenti proporzioni: una parte di bisolfato potassico, una parte di acido solforico e diciotto parti di acqua. Si scioglie il bicromato nell'acqua bollente, poi si aggiunge l'acido dopo il raffreddamento. Altro acido solforico può essere aggiunto man mano che la pila si indebolisce.

Dato che un sottile strato di liquido separa lo zinco dalle lamine di carbone (2 o 3 mm) mentre la superficie delle due coppie è grande, la resistenza è assai piccola e possono essere realizzate correnti molto intense, se il circuito esterno ha una piccola resistenza. Inizialmente si ottiene una forza elettromotrice di due volt, ma presto il valore decresce col tempo e coll'intensità della corrente, mentre la resistenza interna cresce con l'alterarsi del liquido e perché si deposita sullo zinco uno strato di ossido di cromo, che diminuisce la forza elettromotrice e aumenta la resistenza. Perciò la pila non serviva per misure precise, bensì per correnti intense e di breve durata.

### Cenno Storico

L'uso dell'acido cromico fu proposto da Poggendorff allo scopo, non raggiunto, di sopprimere o rendere costante la polarizzazione. Il Grenet adottò la soluzione di bicromato di potassio e acido solforico, dalla cui mescolanza si produce appunto l'acido cromico, nella coppia zinco e carbone, dandone la forma comoda e pratica che abbiamo descritto.

### **Bibliografia**

POGGENDORFF, *Annalen der Physik und Chemie*, t. LVII, p. 110. DU MONCEL, *Revue des applications de l'électricité*, vol. I, p. 19. NACCARI (1872) pp. 57-59. RAYNAUD (1881) t. I, pp. 432-433. DUMONT (1889) p. 623. HOSPITALIER (1890) t. I, pp. 288-289. BATTELLI, BATTELLI, pp. 166-167. BATTELLI, CARDANI (1925) vol. III 1, p. 313.

### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* nessuna.

*Provenienza:* uno dei 9 elementi Grenet di provenienza Pierucci.

*Materiale:* vetro, ottone, ebanite, carbone, zinco.

*Prezzo:* Lire 5.

*Dimensioni:* diametro 150. Altezza 300.

*Datazione:* 1881.

## PILA TERMOELETTTRICA PER L'ANALISI DELLO SPETTRO

### Finalità

Serve per analizzare lo spettro dell'energia radiante.

### Descrizione

Questa pila è costituita da una successione di 15 coppie di fili di due tipi diversi di materiale, che non abbiamo potuto determinare. La serie delle saldature è disposta a zig-zag, in maniera che i due materiali si succedano sempre nello stesso ordine. Gli estremi della successione di saldature sono collegati a due morsetti, avvitati in un disco di bachelite. Quando vengono riscaldate convenientemente le saldature dello stesso tipo, poste tutte da un lato solo, si può constatare l'esistenza di una corrente con un galvanometro.

La scatola cilindrica di ottone, che contiene la pila, ha all'esterno un'altra scatola di bachelite, come involucro isolante, ed è chiusa posteriormente dal disco di bachelite, menzionato prima. La parte anteriore della scatola è chiusa da un disco di ottone, che è libero di ruotare e che contiene una finestra in cui scorrono due piccole imposte di ottone, che permettono di lasciare aperta una fessura di larghezza variabile.

Questa pila appare nel catalogo del 1880 con il n. 151 e da esso abbiamo ricavato l'indicazione della provenienza: Ruhmkorff.

### Scheda

*Firma:* KIPP / DELF-HOLLAND / BREVET 518637.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 189. [Stampigliato] 2532.

*Provenienza:* Ruhmkorff.

*Materiali:* ottone, bachelite [?].

*Prezzo:* Lire 50.

*Dimensioni:* [diametro base] 95. [Altezza] 290.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880.

## COMMUTATORE DI MATTEUCCI

### Finalità

Interrompe alternativamente due circuiti e può quindi funzionare da commutatore.

### Descrizione

L'apparecchio ha un corpo centrale ruotante, costituito da due dischi di ottone (diametro 115 mm e spessore 6 mm), isolati elettricamente mediante un disco di ebanite di diametro minore (81 mm) a cui sono incastrati e avvitati e che li mantiene separati a una distanza di 21 mm. Questo corpo centrale è sorretto da due sostegni in ottone, fissati alla base di legno dell'apparecchio. L'ottone è il materiale di cui è costituito quasi tutto l'apparecchio, tranne alcuni pezzi che preciseremo in seguito. Ad una estremità dell'asse centrale, che attraversa solo l'ebanite ed è quindi isolato, è fissato un disco, alla cui periferia è avvitato un piccolo manico di legno. Con questa sorta di manovella si fa ruotare manualmente il corpo centrale. Al bordo di ognuno dei due dischi, dalla parte esterna, è scavata una gola che si avvicina e si allontana sinuosamente dalla periferia: il perno sporgente di una asticella è costretto a seguire il percorso e per ogni giro del disco, a causa delle molteplici sinuosità, l'asticella oscilla sedici volte. L'altra estremità dell'asticella è incernierata ad una sbarretta a cui trasmette il suo movimento, facendola a sua volta oscillare intorno ad una posizione orizzontale. La sbarretta infatti è sostenuta al centro da un supporto, che la lascia libera di ruotare. Questo supporto reca un morsetto nel punto in cui è fissato alla base del legno. Alla sbarretta è fissata una molla d'acciaio, che termina in un martelletto, che nella parte superiore ha una piccola punta d'avorio. I due dischi di ottone della parte rotante sono fissati in maniera opportuna, cosicché le sinuosità sono sfasate e imprimono un movimento alterno ai martelletti: uno di essi scende quando l'altro sale. Lo sfasamento può essere regolato perchè uno dei dischi ha i fori ovalizzati: allentando le tre viti si può far ruotare un poco il disco; una apposita scala, con venti graduazioni è tracciata su di esso, di contro ad un segno di riferimento nel disco di ebanite. Il martelletto batte su un morsetto, sostenuto da una colonnina in ebanite, chiudendo per un tempo brevissimo il circuito con il morsetto fissato alla base del supporto centrale.

Forse si tratta dell'apparecchio che viene citato nella «Lista di macchine costruite dal Laboratorio Pierucci, per conto dell'I. e R. Stabilimento di Fisica, dal 1° Gennaio 1856 a tutto il 16 Dicembre med°. [...] Costruito un commutatore di nuovo modello per servire a raddrizzare le correnti, tutto in ottone e montato sopra una base in acaju. [lire] 100». Nell'inventario del 1880 vi è scritto: «Interruttore d'invenzione del Matteucci, di metallo intieramente, su piano a vite. Lire 15.

### Scheda

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* Pierucci [?].

*Provenienza:* Pierucci [?].

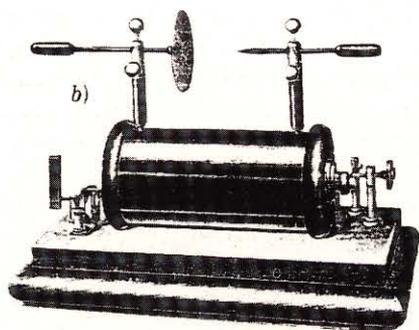
*Materiale:* ottone, legno, ebanite, acciaio, avorio.

*Prezzo:* Lire 15.

*Dimensioni:* 283 x 198 x 165.

*Datazione:* è presente nell'inventario del 1880, probabilmente è del 1856.

## ROCCHETTO DI RUHKORFF



### Finalità

Utilizza il fenomeno dell'induzione elettromagnetica per trasformare differenze di potenziale relativamente deboli in differenze di potenziale enormi, capaci di far scoccare lunghe scintille e riprodurre tutti gli effetti delle macchine elettrostatiche più poderose. Servì, tra le altre utilizzazioni, a studiare la scarica nei tubi di Geissler, i raggi catodici e i raggi Roentgen.

### Descrizione

È composto di due bobine sovrapposte. Quella interna, detta induttore, è formata di filo grosso, lungo alcune decine di metri, e fa parte di un circuito in cui in genere sono compresi una sorgente elettrica, un reostato regolatore e un interruttore. L'altro avvolgimento, l'indotto, è realizzato con un filo molto più sottile, che può essere lungo alcune migliaia di metri, arrotolato all'esterno dell'induttore, da cui è separato da un forte strato di materiale isolante. All'interno del rocchetto vi è un nucleo cilindrico di ferro, realizzato con un fascio di fili di ferro verniciati: con questo accorgimento il nucleo si magnetizza più rapidamente e nello stesso tempo si evitano le correnti di Foucault. Lo scopo principale del nucleo è quello di aumentare il coefficiente di mutua induzione dei due circuiti. Per evitare la possibilità di scintille occorre isolare accuratamente le spire e disporle a distanza geometrica tanto più grande quanto maggiore è la differenza di potenziale tra di loro. Per non avere mai differenze di potenziale molto grandi tra spire vicine spesso si suddivide la bobina in sezioni, interponendo dischi di ebanite, vetro o mica: in ogni sezione il filo viene arrotolato nel modo solito, ma in un numero dispari di strati, in maniera che il filo comincia da una estremità e finisce all'altra; se in una sezione si inizia da destra, nella successiva si inizia da sinistra, avvolgendo in senso opposto, in maniera da avere i capi esterni vicini, per il collegamento delle sezioni. Nel rocchetto in esame non è stato possibile accertare il procedimento usato nell'avvolgere la bobina, che è lunga 250 mm e ha un diametro di 120 mm.

Il rocchetto, chiuso ai lati da due dischi di legno dipinti di nero e da due cilindri di legno a forma di tazza che reggono il nucleo di ferro, poggia liberamente su due spallierine di legno sagomate, fissate ad una cassetta, pure di legno, al cui interno è alloggiato un condensatore. Sui dischi laterali sono fissate due colonnine di vetro che sostengono la punta e il piatto di ottone del cosiddetto «spinterometro», permettendo di variarne la distanza in maniera che scocchi una scintilla più o meno forte. Sulla cassetta sono fissati quattro morsetti serratili che servono per gli opportuni collegamenti elettrici. Quando si apre o si chiude il circuito si inducono nel secondario forze elettromotrici proporzionali alla velocità con cui varia la corrente. Queste interruzioni del circuito primario, oltre che dall'interruttore già menzionato, sono ottenute automaticamente mediante un dispositivo, che ricorda quello del campanello elettrico, e che è situato davanti ad una estremità del nucleo di ferro del rocchetto.

Il primario infatti può essere interrotto anche da una sbarretta mobile, che può ruotare secondo un asse orizzontale. Normalmente il circuito non è interrotto, perchè la sbarretta è costretta nella posizione di chiusura da una linguetta elastica di acciaio, di cui si può regolare la spinta con una vite che attraversando la sbarretta senza toccarla, preme sulla molla mediante una punta d'avorio che garantisce l'isolamento.

Quando l'interruttore viene chiuso si ha il sorgere di una corrente nel primario, che induce un campo magnetico nell'avvolgimento del secondario: il nucleo, che diventa una elettrocalamita, attira la sbarretta, che spostandosi interrompe il circuito, con conseguente smagnetizza-

zione del nucleo. La molla spinge di nuovo la sbarretta nella posizione di chiusura e il processo si ripete. Occorre dosare sia la spinta della molla, sia la rotazione della sbarretta, e quest'ultima regolazione è fatta da una vite contro cui batte la sbarretta ogni qual volta cessa la magnetizzazione: la vite porta alla sua estremità una punta platinata, in maniera da non essere distrutta dalle scintille che avvengono ad ogni movimento della sbarretta. Ogni volta che si apre il circuito, accanto all'induzione sul rocchetto secondario si ha un'induzione sul primario, che prolunga la corrente principale, ritardando la smagnetizzazione e quindi rallentando i movimenti dell'interruttore. Questa extracorrente dà luogo a un arco tra vite regolatrice e sbarretta che prolunga ulteriormente il passaggio della corrente.

Per evitare gli effetti dell'extracorrente Fizeau ha pensato di introdurre un condensatore in parallelo che si carica alla chiusura del circuito: all'apertura, il condensatore si scarica attraverso il primario con una corrente di senso opposto, che quindi smagnetizza più rapidamente il nucleo; allo stesso tempo diminuisce anche l'arco all'estremità della vite regolatrice. Se queste giustificazioni possono essere non conclusive, sta di fatto che l'introduzione del condensatore suggerita da Fizeau ha migliorato l'efficienza del rocchetto di Ruhmkorff. Il condensatore è costituito da fogli di stagnola o di alluminio separati da carta cerata, ripiegati molte volte: probabilmente sono molti metri quadrati di superficie. Il tutto è contenuto in una scatola di legno, da cui fuoriescono solo i fili per il collegamento con il primario. All'interno della base c'è la firma: Barbani Emilio – A. Manzetti. Fabbricato PISA 16/10/1907.

### Cenno storico

Masson e Breguet fin dal 1842 avevano costruito un apparecchio di induzione che produceva scintille e luce elettrica nel vuoto tra due elettrodi. Ruhmkorff tuttavia nel 1851 costruì un apparecchio assai più efficiente, soprattutto isolando bene i fili e aumentando il numero di spire. Successivamente nel 1853 Fizeau introdusse il condensatore. Poggendorff ha poi avuto l'idea della separazione della bobina dell'indotto in sezioni isolate.

### Bibliografia

MASSON, BREGUET (1842) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXXVI, pp. 418-. POGGENDORFF, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup>. serie, t. XLIV, pp. 375-. DAGUIN (1867) pp. 722-724. BOUTAN, D'ALMEIDA (1874) pp. 159-167. GORDON (1881) pp. 96-113. DUMONT (1889) pp. 394-396. HOSPITALIER (1890) pp. 505-513. ROITI (1903) pp. 390-397. VEROI (1905) pp. 306-315. MURANI (1906) pp. 603-607.

### Scheda

*Firma:* Barbani Emilio, Manzetti A.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 739.

*Provenienza:* acquistato.

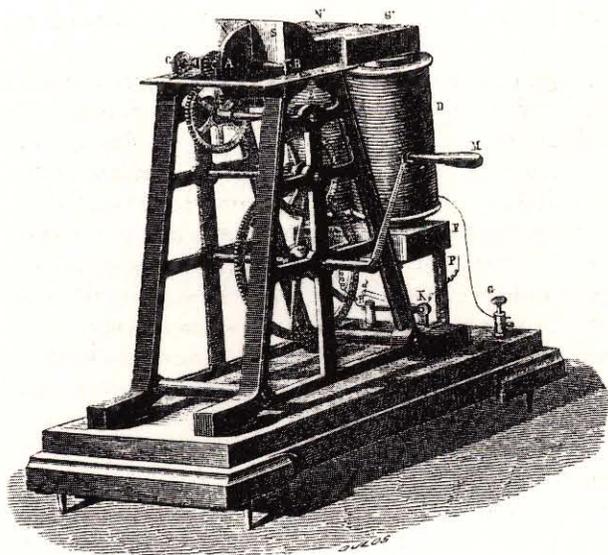
*Materiali:* ferro, legno, ottone, vetro, carta cerata, stagnola, avorio.

*Prezzo:* Lire 2.950.

*Dimensioni:* 460 x 280 x 400.

*Datazione:* costruito nel 1907.

## APPARECCHIO DI FOUCAULT PER IL CALORE SVILUPPATO DALLE CORRENTI D'INDUZIONE



### Finalità

Per mezzo di un sistema di ingranaggi si fa ruotare un disco di rame tra i poli di un elettromagnete. Quando l'elettromagnete non è eccitato il disco raggiunge una notevole velocità di rotazione senza necessità di molto lavoro, dovendosi vincere solamente gli attriti degli assi e la resistenza dell'aria. Quando si eccita il magnete, il disco è fermato dalla reazione delle correnti indotte; se invece si continua a far ruotare il disco, con lavoro meccanico assai aumentato, le correnti continueranno a circolare nel disco riscaldandolo, come si potrà verificare sia con un termometro sia spalmando il disco di una sostanza facilmente fusibile.

La forza frenante è dovuta all'azione reciproca tra il campo magnetico prodotto dalla corrente indotta e quello eccitato nelle espansioni polari dell'elettromagnete. A queste correnti che dissipano energia sotto forma di calore viene dato il nome di correnti parassite o correnti di Foucault.

### Descrizione

Due bobine, una delle quali è identificata con **D**, poggiano sulla tavola di legno **F** e contengono le armature di ferro dolce che terminano nelle espansioni polari **S** e **N**. Sostenuto da un solido telaio in fusione un sistema di ingranaggi, messo in movimento dalla manovella **M**, permette di far girare con grande rapidità un disco di rame **A**. L'avvolgimento delle bobine, realizzato con un grosso filo di rame del diametro di 2 mm, termina in due serrafili, **G** e **H**; il circuito può essere interrotto da una chiave in rame **K**. È essenziale che il disco sia solo parzialmente contenuto nelle espansioni dell'elettrocalamita: infatti se il disco rotasse in un campo magnetico uniforme non si avrebbero correnti; si avrebbe invece solamente una differenza di potenziale tra il centro del disco e la sua periferia. Il disco è disposto nell'apparecchio in maniera tale che nella rotazione una parte di esso si avvicina all'asse delle espansioni polari, ed è quindi attraversata da un flusso di campo magnetico che va aumentando, e un'altra parte del disco si allontana dalla regione centrale, ove è massimo di flusso di campo magnetico. Per la legge di Lenz nelle due parti si inducono correnti che impediscono la variazione di flusso, e quindi hanno senso contrario. Queste correnti percorrono nella massa metallica del disco dei circuiti chiusi.

### Cenno storico

Il 7 marzo 1825 Arago fece conoscere la sua scoperta dell'influenza della calamita sul disco metallico. Arago aveva verificato anche l'esistenza di un'azione reciproca: se si fa girare un disco di rame vicino a una calamita sospesa liberamente al suo centro di gravità, la calamita è trascinata nel senso di rotazione del disco (un vetro interposto eliminava l'effetto di eventuali correnti d'aria).

Nel novembre del 1831 vi fu da parte di Faraday la comunicazione alla *Royal Society* della scoperta del fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Egli fece, tra le altre, la seguente esperienza: pose il bordo di un disco di rame tra i poli di una forte calamita; il disco era mobile attorno al suo asse e parzialmente immerso in un bagno di mercurio. Con questa disposizione, unì un galvanometro al bagno di mercurio e all'asse del disco e osservò la produzione di corrente nella direzione dei raggi.

Il Nobili, che era arrivato a Firenze l'otto gennaio del 1832, avendo avuto da Giambattista Amici il primo annuncio delle scoperte di Faraday, cioè l'estratto della lettera di Faraday ad Hachette, comunicato da quest'ultimo il 17 dicembre del 1831 alla *Académie des Sciences* di Parigi e pubblicato il 28 successivo sul giornale *Temps*, si affrettò a ripeterne e variarne i fatti annunciati, insieme con Vincenzo Antinori. Il 31 gennaio 1832 i due autori licenziarono per la pubblicazione un ampio lavoro, che conteneva molte osservazioni, descrizioni di nuovi esperimenti ed idee originali. L'articolo venne pubblicato in un numero della *Antologia* uscito in ritardo con la data di novembre dell'anno precedente, circostanza che fece sorgere una famosa controversia sulla priorità che, portata avanti dal Faraday con insolita asprezza, finì per oscurare gli innegabili meriti del grande fisico italiano e del suo collaboratore. Tra le altre cose, in questo lavoro Nobili e Antinori dubitavano della direzione radiale delle correnti osservate da Faraday. Nel lavoro successivo, datato 24 marzo 1832, essi riferiscono di aver studiato le correnti per mezzo di scandagli galvanometrici e di aver osservato «che sulle parti entranti si sviluppa un sistema di correnti contrario a quello che si eccita dall'altro lato».

Il Matteucci nel 1853 studiò gli stessi fenomeni con più precisione, facendo ruotare un disco metallico al di sopra di una potente elettrocalamita, che faceva spostare lungo una scanalatura in maniera da presentare i poli in differenti posizioni; al di sopra due lastre di rame terminate in punte smussate e amalgamate toccavano il disco e comunicavano con un galvanometro. Con questo dispositivo Matteucci poté studiare le correnti sviluppate per induzione, dandone svariate rappresentazioni grafiche.

Léon Foucault, infine, descrisse il suo dispositivo nel 1855 in un articolo intitolato: «De la chaleur produite par l'influence de l'aimant sur les corps en mouvement». Foucault concluse questo articolo con la seguente affermazione: «se l'esperienza sembra degna di interesse sarà facile disporre di un apparecchio per riprodurre, ampliandolo, il fenomeno che segnalò... e a mettere sotto gli occhi del pubblico riunito negli anfiteatri un curioso esempio della conversione del lavoro in calore».

## Bibliografia

ARAGO, *Annales de Chimie et de Physique* (1825), t. XXVIII, pp. 325-326. *Le Temps. Journal de Progrès* (1831), n. 801. FARADAY, *Annales de Chimie et de Physique* (1832) t. XLIX, p. 335; t. L, p. 5-69 e 113-162. NOBILI, ANTINORI, *Antologia* (1831) vol. XLIV, pp. 149-161; (1832) vol. XLV, pp. 107-122; vol. XLVI, pp. 58-77 e pp. 138-157; vol. XLVIII, pp. 33-61, *Annales de Chimie et de Physique* (1832) t. L, pp. 280-304 e pp. 412-430. ANTINORI (1836) «Elogio storico del cav. professore Leopoldo Nobili...». MATTEUCCI, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (1853) t. XXXVI, p. 740 e p. 1135; t. XXXVII, p. 303; *Annales de Chimie et de Physique*, (1853) t. XXXIX, p. 129-139; t. XLIX, p. 129-147. *Annali delle Università Toscane*, t. III, 2ª parte, pp. 137-141, t. IV, 2ª parte, pp. 25-38. FOUCAULT, *Annales de Chimie et de Physique* (1855) t. XLV, pp. 316-318. GANOT (1874) pp. 706-709. SALLERON (1864) p. 202. JAMIN (1889) pp. 234-237. ROITI (1904) pp. 362-364. VEROI (1905) pp. 273-275. SBRIGHI, *Giornale di Fisica* (1984) vol. XXV, pp. 209-229.

## Scheda

*Firma*: [etichetta di ottone sulla tavola F] Ruhmkorff / à Paris.

*Identificazione*: [etichetta metallica] 222.

*Provenienza*: Ruhmkorff.

*Materiali*: ferro, legno, rame, ottone.

*Prezzo*: Lire 250.

*Dimensioni*: 380 x 250 x 420.

*Datazione*: è presente nell'inventario del 1880.

## MODELLO DI ALTERNATORE E MODELLO DI MOTORE BIFASE

### Finalità

Questi modelli servono a mostrare che dinamo e motore sono invertibili. Se l'induttore di una dinamo (cioè l'organo mobile al suo interno) viene sostituito da una ruota intorno a cui è avvolto un rocchetto chiuso su se stesso, l'apparecchio diventa un motore perché, quando si manda negli avvolgimenti dell'indotto esterno una corrente alternata, si stabilisce al loro interno, nel nucleo di ferro, un campo magnetico rotante e la ruota, a causa delle correnti indotte nel suo avvolgimento, si metterà a ruotare.

### Cenno storico

È interessante concludere con questi apparecchi, benchè siano stati costruiti in una data abbastanza recente, perchè con essi si ha il primo esempio di generatore e di motore a corrente alternata costruiti nell'Istituto di Fisica. Può sembrare infatti abbastanza strano che tra gli strumenti appartenenti al Gabinetto dell'Istituto di Fisica non figurino un modellino della dinamo di Antonio Pacinotti, come pure è strano che della polemica sulla priorità della scoperta e contro la «usurpazione» operata da Zenobio Gramme non vi sia traccia (o almeno non ne è rimasto il ricordo) a Pisa di qualche appoggio a Pacinotti, tranne che nella rivista *Il Nuovo Cimento*. Neppure il padre Luigi, che pure fin dal 9.12.1862 gli rilasciò un attestato in cui si fa menzione della macchina elettro-magnetica, che poi venne inclusa nell'inventario del Gabinetto di Fisica Tecnologica nel 1874, sembra voler intervenire.

La biblioteca del Dipartimento di Fisica conserva un gruppo di pubblicazioni, quasi tutte riferite alla macchina elettrodinamica, cucite insieme (con una copertina ricavata da un pezzo di busta inviata ad Antonio Pacinotti con timbri del 7 maggio 1911), e con dedica di mano dello scienziato pisano: «Al Chiaris.<sup>mo</sup> Prof. A. Battelli in segno di affetto e stima invia A. Pacinotti».

### Modello di alternatore bifase

#### Descrizione

Questo modello di alternatore bifase, a indotto fisso, produce una forza elettromotrice alternata bifase per mezzo di un elettromagnete induttore bipolare a poli esterni (ruotante all'interno di un anello di ferro dolce opportunamente segmentato onde evitare le correnti indotte «di Foucault»), a cui si fa giungere la corrente continua di una batteria per mezzo di due contatti a molla, striscianti in modo continuo su due anelli di bronzo, isolati dall'asse a cui sono fissati, ai quali sono a loro volta collegati gli estremi dell'avvolgimento.

L'avvolgimento dell'elettromagnete induttore è realizzato con un filo abbastanza grosso, che permette il passaggio di una corrente di grande intensità; le espansioni radiali (scarpe) del nucleo di ferro hanno una opportuna forma avvolgente in modo da rasentare gli avvolgimenti dell'indotto fisso anche lateralmente.

Intorno all'anello di ferro dolce dell'indotto fisso esterno sono avvolte simmetricamente quattro spirali uguali: quelle diametralmente opposte hanno gli estremi collegati tra loro di tal maniera che, nella rotazione, le espansioni di polarità opposta dell'induttore generano in esse per induzione una forza elettromotrice concorde. Quando l'induttore compie un ottavo di giro, se il flusso in una coppia di bobine era inizialmente al massimo valore, il flusso andrà diminuendo e si avrà in esse una forza elettromotrice (= f.e.m.) che parimenti diminuisce, mentre nell'altra coppia si avrà una f.e.m. che cresce. Successivamente, quando le espansioni percorrono un altro ottavo di giro, si ha ancora una diminuzione della f.e.m. nella prima coppia di bobine, fino all'annullamento, e un aumento della f.e.m. nelle altre due bobine,

fino al suo massimo. Nel successivo ottavo di giro, la f.e.m. nella prima coppia di bobine inizia ad essere negativa e la f.e.m. della seconda coppia inizia a diminuire. A metà giro la f.e.m. nella prima coppia sarà al massimo del suo valore negativo, mentre per la seconda coppia sarà nullo. Continuando con l'analisi lungo una rotazione completa si vede che le f.e.m. così prodotte nei circuiti di ogni coppia sono sfasate di un ottavo di periodo e hanno frequenze che coincidono con quella con cui l'induttore ruota.

Particolari costruttivi: al centro di una base di legno (le cui dimensioni sono 300 x 240 x 32) è fissato un telaio (246 x 30 x 240) nel cui interno è alloggiato l'indotto (diametri: esterno 190, interno 130) che è un anello di ferro probabilmente costituito di lamelle, onde evitare le correnti indotte. Intorno all'anello sono avvolte le quattro bobine, il cui filo è isolato con seta. I collegamenti tra le bobine diametralmente opposte sono fatti con un grosso filo che utilizza alcuni serafili disposti agli angoli. I capi dei due circuiti così costituiti terminano in morsetti disposti ai quattro angoli.

La sezione dell'indotto è 30 x 27. Due supporti in fusione reggono l'asse dell'induttore che, terminando a punta, si incunea in un alloggio predisposto nei supporti. Da un dispositivo partono i due contatti di acciaio, che abbiamo già descritto, e che mediante due morsetti collegano l'elettrocalamita al circuito alimentatore. Per far ruotare l'induttore, che prima di questa modifica era messo in moto a mano, in tempi recenti è stata applicata sull'asse una puleggia di plexiglas.

#### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica e di carta] 545. [Stampigliato] 545.

*Provenienza:* officina dell'istituto.

*Materiali:* ferro, legno, rame.

*Prezzo:* Lire 120.

*Dimensioni:* 300 x 240 x 240.

*Datazione:* bolla d'ingresso n. 850 del 1.2.1915.

#### **Modello di motore**

##### **Descrizione**

Come abbiamo già detto, è in tutto simile all'alternatore, con una sola differenza: al posto dell'induttore c'è una ruota di ferro a cui è avvolto un rocchetto di filo sottile costituente un circuito chiuso. Le correnti alternate passando nelle bobine generano un campo magnetico rotante. I collegamenti con l'alternatore si fanno tra morsetti che hanno la stessa posizione.

#### **Scheda**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica e di carta] 546. [Stampigliato] 546.

*Provenienza:* officina dell'istituto.

*Materiali:* ferro, legno, rame.

*Prezzo:* Lire 90.

*Dimensioni:* 300 x 240 x 240.

*Datazione:* bolla d'ingresso n. 852 del 31.3.1915.

## TUBI DI GEISSLER PER SCARICA NEI GAS RAREFATTI

### Finalità

I tubi di Geissler, di forma svariata, sono cannelli di vetro contenenti gas che vi è rinchiuso ermeticamente alla rarefazione voluta, in genere non molto spinta (pochi millimetri di mercurio o meno). I tubi terminano alle estremità con bolle cilindriche o sferiche dove fili di platino o tungsteno sono saldati attraverso le pareti; ad essi sono uniti gli elettrodi: quello che si porta al potenziale più alto è l'elettrodo positivo o anodo, l'altro è l'elettrodo negativo o catodo. Gli elettrodi di solito sono filiformi o hanno forma di disco, talvolta hanno la forma di un piccolo cerchio. Trasmettendo le scariche di una macchina d'induzione, per esempio quella di Wimshurst, o le scariche di un rocchetto di Ruhmkorff, il tubo si illumina di luce il cui colore dipende dal gas contenuto. I raggi catodici emessi esercitano una cospicua azione fluorescente sui corpi che ne sono colpiti. Per evidenziare questo fenomeno alcuni tubi contengono sostanze disposte nel fondo o sostenute tra catodo e anodo da apposite protuberanze del vetro. Il vetro di uranio di cui spesso sono fatti gli involucri produce una bella fluorescenza giallo-verdastra. Abbiamo localizzato due bolle concernenti tubi Geissler: la bolla n. 259 del 18 marzo 1903 riporta: «tre apparecchi al disegno (tubetti Geissler) L. 9,00»; nella bolla n. 123 del 27 febbraio 1894 si legge: «due tubi Geissler grandi L. 7.80». Pensiamo di assegnare quindi i tubi ad una di queste date.

### Cenno storico

Johann Heinrich Geissler (Igelshieb 1814 – Bonn 1876) apprese l'arte di soffiare il vetro assai giovane. Riuscì a perfezionare la sua istruzione in molte università tedesche e in Olanda. Nel 1854 si portò a Bonn per lavorare sotto la direzione di J. Plücker, che per primo si occupò della conduzione nei gas, e qui fondò una fabbrica di apparecchi di fisica e di chimica, che acquistò gran rinomanza. La sua opera più notevole fu la scoperta dei tubi che portano il suo nome e che egli cominciò a costruire fin dal 1857. La difficoltà di ottenere un buon vuoto con le pompe a pistone allora in uso lo spinse fin dal 1855 a costruire una pompa a mercurio. L'università di Bonn gli diede nel 1868 il titolo di dottore onorario. Più tardi si associò a Franz Müller, che gli succedette nella proprietà della fabbrica. La tecnologia dei tubi di Geissler diede origine a un nuovo filone di ricerca, che portò alla scoperta dei raggi catodici. A. A. de la Rue, W. Crookes, F. Braun e J. W. Hittorf e il nostro A. Righi, tra gli altri, studiarono le scariche variando i gas e la loro rarefazione, notando gli effetti luminosi, le strisce, gli spazi scuri, gli effetti di fosforescenza, le traiettorie rettilinee delle particelle emesse e gli effetti meccanici sui corpi che ne venivano colpiti, la carica negativa evidenziata dall'azione di una calamita, gli effetti termici sui bersagli e sulle pareti, ecc. ecc. Gli apparecchi presentati in questa scheda sono stati fabbricati da Franz Müller.

### Bibliografia

GORDON (1881) t. II, pp. 139-141, 160-170 e 236-301. DUMONT (1889) pp. 348 e 513-515. ROITI (1904) vol. II, pp. 148-155. AMADUZZI (1907) pp. 1-50. GRAETZ, ROSSI (1925), pp. 49-76. VON ENGEL (1955), cap. 7-8.

### Descrizione del tubo a sinistra nella fotografia

Tubo con etichetta originale di carta, con indicazione a stampa della casa costruttrice: «Dr. H. Geissler's nachf. / Franz Müller Bonn a Rh.»; nell'interno dell'etichetta si legge: «koral-len», scritto a penna. Un pezzo di corallo calcinato è infatti trattenuto tra protuberanze di vetro, poco al di sopra del catodo di alluminio, che ha la forma di un cerchietto di approssima-

tivamente 25 mm di diametro. Il tubo di vetro ha un diametro di 45 mm, la distanza tra elettrodi è di circa 180 mm. Il tubo, che è sorretto da una base in legno, ha un'altezza di 320 mm.

Per attivare la scarica sia in questo tubo sia negli altri che verranno descritti in seguito è stato utilizzato un rocchetto, che fornisce differenze di potenziale periodiche che possono arrivare ad almeno 30.000 volt di picco; la scarica, che avviene attraverso un condensatore, è fortemente smorzata e perciò può essere considerata praticamente unidirezionale. Si è potuto notare la produzione di fluorescenza sul corallo, di colore violaceo-azzurrognolo o carnicino, a seconda delle parti colpite. Le parti del catodo coperte di polvere di corallo erano anch'esse fosforescenti. Applicando una differenza di potenziale di 30.000 Volt in continua abbiamo potuto osservare una luce violetto-rosa sul corallo. Nell'inventario interno destinato a materiale non ufficialmente in carico, al numero 0307 si legge: «tubo per raggi anodici».

#### **Scheda**

*Firma:* [etichetta di carta] Dr. H. Geissler's nachf. / Franz Müller Bonn a Rh.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 0307.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiali:* vetro, legno, corallo calcinato, alluminio.

*Prezzo:* ?

*Dimensioni:* altezza 320, diametro base 92.

*Datazione:* tra il 1894 e il 1903.

#### **Descrizione del tubo al centro della fotografia**

Tubo con etichetta originale di carta, con indicazione a stampa della casa costruttrice: «Dr. H. Geissler's nachf. / Franz Müller Bonn a Rh.»; nell'interno dell'etichetta si legge: «Marmor», scritto a penna.

L'involucro di vetro ha la forma di un palloncino alquanto schiacciato. Ciascuno dei due elettrodi è ottenuto formando un cerchio con la parte centrale di un filo di alluminio e poi, intrecciato il resto del filo, collegandone l'estremità al filo, generalmente di tungsteno o di platino, che attraversa il vetro nella solita maniera nella parte superiore, ove sono le protuberanze poste a questo scopo. Il palloncino termina in basso con un piede di vetro fissato ad una base di legno dal diametro di circa 180 mm. Dopo aver applicato l'alta tensione agli elettrodi, si osserva una scarica tra di loro, del tipo di quella che si può ottenere in aria, ma non viene osservata fluorescenza all'interno o sull'abbondante deposito di sottile polvere bianca, che l'etichetta identifica come marmo. Ne deduciamo che non vi è più vuoto sufficiente: gli elettroni emessi dal catodo non acquistano la necessaria energia cinetica, tra una collisione e l'altra, perchè manca la rarefazione necessaria ad allungarne il libero cammino medio. Nell'inventario interno destinato a materiale non ufficialmente in carico, al numero 0308 si legge: «tubo per raggi catodici».

#### **Scheda**

*Firma:* [etichetta di carta] Dr. H. Geissler's nachf. / Franz Müller Bonn a Rh.

*Identificazione:* [etichetta metallica ed etichetta di carta] 0308.

[Altra etichetta di carta] 2126.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiali:* vetro, legno, marmo, alluminio.

*Prezzo:* ?

*Dimensioni:* 180 x 65 x 180.

*Datazione:* tra il 1894 e il 1903.

### Descrizione del tubo a destra nella fotografia

Tubo simile ai precedenti, ma senza etichetta del fabbricante, la cui parte in vetro consiste in un cannello del diametro di 39 mm e lungo circa 370 mm, infisso ad una base di legno per mezzo di un piede, che gli è saldato lateralmente nei pressi di una estremità. Il tubo è diviso a metà da un elettrodo, consistente in un diaframma, forse di alluminio, con alcune serie concentriche di fori. Due piatti circolari dello stesso metallo, di circa 30 mm di diametro sono fissate alle estremità del tubo e lo attraversano nella maniera solita; i piatti distano uno dall'altro 270 mm. Tra il diaframma e la placca inferiore a una distanza di 75 mm dal diaframma vi è un elettrodo filiforme, tutto contenuto in una lunga protuberanza cilindrica.

Questo apparecchio è destinato ad evidenziare l'esistenza di una radiazione diretta al catodo (afflusso catodico): i cosiddetti raggi canale, scoperti dal Goldstein nel 1886, prodotti dalla ionizzazione delle molecole di gas e quindi di carica positiva.

Si ha una scarica in un gas, cioè il passaggio di una quantità notevole di elettricità tra gli elettrodi, quando esistono in esso particelle cariche: elettroni e ioni positivi, cioè atomi o molecole che hanno perduto uno o più elettroni, prodotti inizialmente dalla radiazione cosmica, da sostanze radioattive contenute nelle pareti di vetro o dalla luce. Gli ioni negativi, prodotti ogni qual volta un elettrone si lega a un atomo neutro, sono più rari. Le particelle cariche presenti nel tubo sono sufficienti ad innescare la scarica in presenza di un campo elettrico: gli elettroni primari accelerati dal campo hanno molteplici collisioni anelastiche con le molecole del gas, producendo nuovi ioni ed elettroni che sono indirizzati agli elettrodi di polarità opposta. La corrente elettronica cresce esponenzialmente con la distanza tra gli elettrodi perchè così cresce il numero di collisioni ionizzanti. Gli ioni positivi per la loro grande massa e bassa velocità non possono ionizzare altre molecole, tuttavia colpendo il catodo (insieme ai fotoni e alle particelle neutre che eventualmente vi arrivano) costituiscono uno dei meccanismi di emissione di elettroni.

Il numero di ionizzazioni prodotte da un elettrone dipende dal campo elettrico, che in assenza di carica spaziale vale  $V/d$  ove  $V$  è la differenza di potenziale e  $d$  è la distanza tra gli elettrodi. Questo campo è alterato dall'esistenza di una carica spaziale (positiva vicino al catodo e negativa vicino all'anodo), che genera anche una componente radiale del campo elettrico. Un altro processo di ionizzazione è quello provocato dai fotoni prodotti nella collisione di elettroni con molecole. In genere si usano elettrodi piatti sufficientemente larghi; se invece gli elettrodi hanno forme differenti, per esempio se uno dei due è filiforme, allora vi sono notevoli differenze nella scarica, dipendendo dalla polarità applicata, se l'elettrodo filiforme è catodo o anodo.

Utilizzando come generatore di alte tensioni una bobina del tipo Ruhmkorff sono state fatte alcune prove: collegando alla fonte l'elettrodo inferiore a forma di disco come anodo, e l'elettrodo filiforme come catodo, si osserva una diffusa luminescenza verdastra, accentuata nelle vicinanze del catodo, che può essere interpretata come l'effetto della collisione degli elettroni con le pareti del tubo. Non si osserva la luminosità dovuta alla ionizzazione del gas.

Gli ioni sono attirati verso il catodo: alcuni di essi eventualmente proseguono in direzione della grata, la sorpassano e si dirigono verso il disco superiore. È perciò possibile osservare con un galvanometro una corrente, tra grata e elettrodo superiore. Abbiamo anche applicato una differenza di potenziale di 400 Volt tra grata e elettrodo superiore, osservando che questa corrente non viene alterata, purchè la placca a cui arrivano gli ioni sia a potenziale minore rispetto alla grata. Se invece si invertono i collegamenti, gli ioni vengono respinti e si ha una caduta di corrente notevole, risultato che è in linea con il segno positivo attribuito alla carica degli ioni. Si può usare la grata invece del disco come anodo, senza notevoli differenze nella luminescenza. Quando invece si usa la placca come catodo e l'elettrodo filiforme come anodo, si nota una luminescenza verdastra solo nelle pareti vicino al filo. Anche in questo caso tuttavia una parte degli ioni arriva alla grata e continua verso la placca superiore, dando luogo a una corrente minore di quella osservata nelle situazioni precedenti.

Successivamente abbiamo utilizzato una fonte continua di alta tensione: questa volta abbiamo osservato una bella ionizzazione azzurro-violetta (dovuta ad azoto dell'aria che certamente è entrata nel tubo?).

Quando il filo è il catodo e la placca inferiore l'anodo, la scarica luminosa inizia a 15.000 Volt; se invece si invertono le polarità, la luminosità inizia a 12.000 Volt. Nei due casi si osserva una intensa corrente positiva tra grata e elettrodo superiore, già evidente prima di raggiungere la tensione ionizzante.

Si ha un notevole miglioramento se si utilizza la grata come elettrodo, invece della placca inferiore: se il catodo è il filamento e l'anodo è la grata la luminosità è percepita verso i 3.000 o 4.000 Volt mentre se la grata è il catodo e il filamento è l'anodo la luminosità inizia a 2.000 Volt. La ragione di questo miglioramento può essere dovuta alle dimensioni maggiori della grata rispetto al piatto ma ancor più al fatto che gli elettroni nel secondo esperimento attraversano una distanza maggiore; come abbiamo già detto, la corrente aumenta esponenzialmente con la separazione degli elettrodi, e nel tubo esaminato la separazione tra filamento e placca inferiore è di 60 mm, mentre tra filamento e grata è di 75 mm. Nella seconda esperienza gli elettroni hanno un minore potere ionizzante, tuttavia si ha un numero maggiore di collisioni ed è per questo che si vede la ionizzazione a un potenziale più basso. Tutto ciò induce a pensare che in questo tubo il vuoto è ancora buono, dell'ordine dei millimetri di Hg. Quanto alla spiegazione del differente comportamento degli elettrodi, dipendente dalla loro forma, osserviamo che quando la punta è positiva (anodo), vicino ad essa si ha un'intensa ionizzazione che attrae e rimuove gli elettroni mentre gli ioni positivi si avviano lentamente verso il catodo, quindi la nuvola di ioni positivi è come un prolungamento dell'anodo e il campo è rafforzato. Se invece il filamento è negativo (catodo), allora la carica spaziale di fronte ad esso riduce il campo all'anodo e occorre aumentare la tensione.

La scarica luminosa si ha anche quando la tensione è tra grata e placca superiore, ed inizia verso i 2.000 Volt. In questa configurazione abbiamo osservato iniziare una luminescenza verde attribuibile all'urto degli elettroni contro il vetro, quando la tensione era intorno ai 18.000 Volt.

A differenza di altri strumenti abbiamo dato una dettagliata esposizione sia dei tubi sia di alcune prove eseguite perchè riteniamo che i tubi contenenti gas rarefatti costruiti quasi un secolo fa possono essere oggetto di ricerche sulla diffusione attraverso il vetro dei gas in funzione del tempo.

Nell'inventario interno destinato a materiale non ufficialmente in carico, al numero 0307 si legge: «tubo per raggi canale».

## **Schema**

*Firma:* nessuna.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 0301.

*Provenienza:* acquistato.

*Materiali:* vetro, legno, alluminio.

*Prezzo:* ?.

*Dimensioni:* altezza 460, diametro base 123.

*Datazione:* tra il 1894 e il 1903.

## TUBO DI BRAUN MODIFICATO DA WEHNELT

### Finalità

È un tubo di Braun modificato in maniera da avere raggi catodici lenti.

Un fascio, collimato da un diaframma, passa attraverso il campo elettrico generato da due piatti (tra loro paralleli e collegati a una batteria), ove subisce una deviazione elettrostatica verso il piatto positivo; successivamente passa attraverso il campo di una elettrocalamita di intensità nota, posta all'esterno del tubo. In questa maniera si evidenzia la carica negativa dei raggi catodici, e si misurano la velocità delle cariche e il rapporto  $e/m$  tra carica e massa.

### Descrizione

Una delle differenze più importanti tra i tubi di Braun e il tubo ideato da Wehnelt è data dall'introduzione di un particolare catodo, costituito da una lamina di platino su cui è depositata una traccia di un ossido (per esempio CaO, o BaO, o SrO), che è reso incandescente dal passaggio della corrente per mezzo di una batteria. Si ha così l'emissione termica dei raggi catodici; in questa maniera, evitando l'uso di alte tensioni tra elettrodi, si ottengono raggi catodici molto lenti. Nel nostro esemplare purtroppo la lamina del catodo, lunga circa 20 mm, è interrotta al centro. In questa regione il tubo assume una forma di bolla dal diametro di 63 mm.

L'anodo è costituito da un diaframma attraversato da un piccolissimo foro; è situato a 50 mm di distanza dal catodo; al disotto, una protuberanza del vetro permette la sua comunicazione con l'esterno per mezzo di un filo. Il diametro del tubo in questa regione è di 39 mm.

In genere la differenza di potenziale tra i due elettrodi va dai 200 Volt ai 1000 Volt e la corrente è limitata da un reostato.

Due piatti paralleli sono disposti verticalmente (dimensioni in millimetri 30 x 20, distanza tra i piatti 23 mm), con il centro a 35 mm dal diaframma: con questo dispositivo è possibile curvare verso la placca positiva il sottile fascio di raggi che emerge dal diaframma, quando una opportuna differenza di potenziale (circa 200 Volt) è applicata ai piatti attraverso fili, che fuoriescono dalle solite protuberanze laterali.

I raggi giungono ad uno schermo circolare il cui diametro, 80 mm, ha le dimensioni interne della parte finale del tubo, a cui è fissato con tre ganci di vetro. Lo schermo diventa fluorescente (coperto di tungstato calcico o di silicato di zinco: nel primo caso la fluorescenza è azzurra, nell'alto è verde) e si può vedere lo spostamento della macchia, la cui visibilità non è disturbata dalla debolissima luce del catodo incandescente, che può eventualmente attraversare il diaframma. Si può anche applicare dall'esterno un campo magnetico conosciuto e arrivare a misure sia del rapporto tra carica e massa sia della velocità delle particelle costitutive dei raggi catodici, cioè degli elettroni. La tensione agli elettrodi e la temperatura del catodo regolano la velocità degli elettroni. Il vuoto deve essere molto spinto perchè i raggi catodici rendono conduttore il gas che attraversano e questo effetto tende ad annullare il campo elettrostatico tra i due piatti.

Il tubo all'estremità dello schermo poggia su un supporto sagomato di legno, mentre i due grossi fili (diametro 3 mm) con cui fuoriesce il catodo attraverso una espansione verticale del tubo (diametro 30 mm), sono fissati a morsetti avvitati alla base di legno (334 x 128 x 16).

Nell'inventario del 1909 appare poco dopo l'ultima bolla di ingresso posseduta del periodo documentato 1881-1904, con la seguente identificazione: n. 743. Tubo di Wehnelt con sostegno di legno. Lire 40. Nel suo lavoro del 1905 Wehnelt ringrazia la ditta E. Gundelach, di Gehlberg in Thüringen, per la costruzione del tubo di cui si era servito. Il fatto che il nostro tubo ha inciso una grande G con una bilancia all'interno e al di sopra il numero 73 suggerisce, per una eventuale identificazione del fabbricante, di controllare se esiste e di confrontare il marchio di questa ditta. Nell'inventario interno, con cui veniva tenuto il controllo di materiale non ufficialmente inventariato, al numero 0315 si legge: «tubo di 'Braun'».

### **Cenno storico**

Arthur Rudolph Berthold Wehnelt (Rio de Janeiro 4.4.1871 – Berlin 15.2.1944) ha dato vari contributi fondamentali per lo sviluppo della moderna elettronica, e ha realizzato la sua più importante scoperta verso il 1903-1904 quando osservò la decrescita della caduta catodica per l'aumento (fino a 100 volte) di ioni negativi nelle vicinanze del catodo, quando esso è formato da una placchetta di platino trattata con un deposito di ossidi. Il basso potenziale di uscita al catodo gli permise di disporre di elettroni lenti e di raggi canali lenti, in maniera da poterne misurare la velocità e la carica specifica. Karl Ferdinand Braun (Fulda 6.6.1850 – New York 20.4.1918) aveva costruito fin dal 1897 i suoi tubi, in pratica il primo oscilloscopio, per studiare la radiazione catodica. Vinse il premio Nobel insieme a Marconi nel 1909.

### **Bibliografia**

THOMSON (1897) *Philosophical Magazine*, t. XLIV, p. 293. WEHNELT (1905), *Phisikalische Zeitschrift*, n° 22, pp. 732-733. AMADUZZI (1907), pp. 30-37. MURANI (1906) v. II, pp. 621-622.

### **Scheda**

*Firma:* [inciso nel tubo] una grande G, con una bilancia, e il numero 73.

*Identificazione:* [etichetta metallica] 0315, stampigliato 743.

*Provenienza:* acquistato.

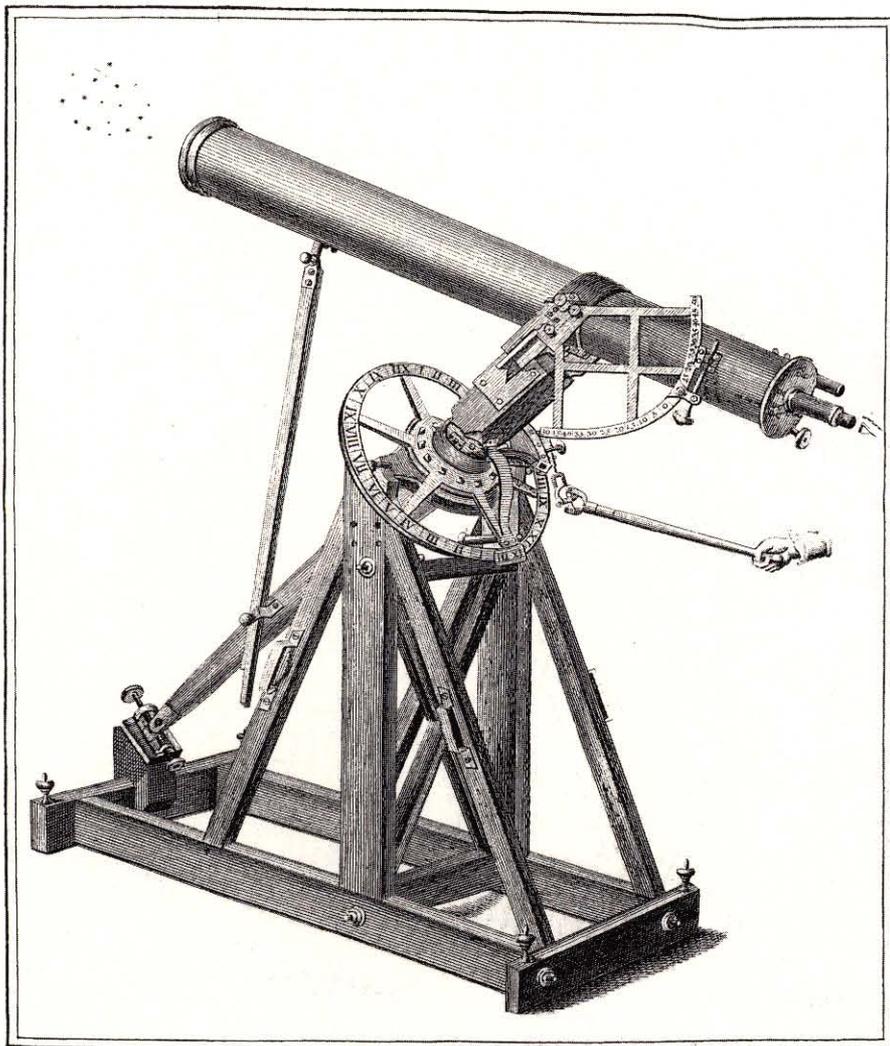
*Materiali:* [materiale dello schermo non identificato] vetro, alluminio, legno, platino.

*Prezzo:* Lire 40.

*Dimensioni:* 334 x 128 x 270.

*Datazione:* intorno al 1907.

ALCUNI STRUMENTI DELL'ISTITUTO DI ASTRONOMIA



## ALCUNI STRUMENTI DELL'ISTITUTO DI ASTRONOMIA

L'antica Specola dello Studio Pisano, fu attiva per poco più di sessanta anni, tra il 1746 e il 1808. Nel primo capitolo abbiamo avuto occasione di parlare più volte delle vicende degli strumenti astronomici, che furono affidati al Gabinetto di Fisica Sperimentale, e che corsero il rischio di essere dispersi e venduti. Non abbiamo però potuto seguirne tutte le vicende. Una parte di questi strumenti, conservati presso l'Istituto di Astronomia dell'Università di Pisa, stanno per confluire nuovamente nella collezione del Dipartimento di Fisica. L'esame e lo studio di questo importantissimo gruppo di strumenti, unico per l'interesse storico-scientifico di tutto il complesso e per il valore intrinseco di alcuni pezzi che ne fanno parte, avrebbe richiesto una disponibilità di tempo, che le scadenze stabilite per questa pubblicazione non potevano concedere. La mancanza di uno studio adeguato non poteva però giustificare una totale assenza degli strumenti astronomici da questa rassegna. Essi sono quindi presenti con alcune fotografie. Molte notizie sui due telescopi e sui tre cannocchiali sono tratte da alcune note di documentazione, raccolte per interessamento del prof. Elio Fabri e del dott. Umberto Penco.

### TELESCOPIO A RIFLESSIONE DI JAMES SHORT

Strumento della metà del XVIII secolo.

È firmato «James Short — London. 39/1070 = 24"».

La formula numerica incisa, usata da questo costruttore anche in altri strumenti, indica che lo Short aveva raggiunto con questo esemplare il numero complessivo di 1070 strumenti fabbricati, e che questo telescopio era il trentanovesimo di quel tipo, con focale di 24" pari a circa 600 mm.

È un riflettore in configurazione Gregory, con specchio primario di circa 121 mm (4" 3/4) e specchietto secondario di circa 30 mm di diametro. Ha una montatura altoazimutale, su treppiede fisso, con chiavette di avorio per movimenti fini, senza scale graduate. È munito di cercatore, che attualmente è privo di ottica. Messa a fuoco con specchietto secondario, che può essere mosso mediante una lunga vite esterna.

Il tubo è lungo 810 mm, mentre l'oculare può fuoriuscire fino a una distanza di 70-80 mm.

Il treppiede ha una altezza di circa 450 mm, i piedi sono pieghevoli; la distanza dei piedi dal centro è di circa 210 mm.

Quando Leopoldo Vaccà Berlinghieri successe a Carlo Alfonso Guadagni fu redatto un «Inventario delle Macchine esistenti nel Gabinetto di Fisica Sperimentale, di proprietà di quest'Alma Università di Pisa, ...». In questo inventario si legge «110. Telescopio di riflessione fatto in Londra con tubo di ottone, e sua cassetta di Short, lungo un braccio». Un braccio di Firenze corrisponde a 584 mm.

Nell'inventario del Gabinetto di Fisica redatto nel 1831, quando Luigi Pacinotti ebbe la cattedra di Fisica Sperimentale appare uno strumento così descritto: «504. Un piccolo Telescopio Gregoriano con suo specchio e lenti sostenuto da un fusto, e tre piedi di ottone. Lire 190». Nella spartizione tra il Pacinotti e il Matteucci, eseguita nel 1841, questo strumento rimase nel Gabinetto di Fisica col Matteucci ed ebbe il numero 303.

James Gregory (1638-1675) descrisse il suo telescopio nella *Optica Premota* (1663).

Gli specchi sono usati perchè non hanno le aberrazioni cromatiche dei vetri delle lenti e le loro irregolarità, dovute a difetti e a mancanze di omogeneità. È difficile però mantenere la posizione di uno specchio invariata rispetto al tubo che li racchiude, soprattutto se è pesante.

Esiste una etichetta di carta con un vecchio numero di inventario: 90.

Il buono di carico n. 32 del 12.12.1920 gli attribuisce il valore di Lire 150.

Numero di inventario: 38.

Materiale: ottone, vetro, avorio, metallo.

James Short (Edimburgh 1710 — Stokenewington 1768) sembra che abbia fabbricato 1370 telescopi, di cui ne rimangono 110.

## PICCOLO TELESCOPIO A RIFLESSIONE

Strumento della prima metà del XVIII secolo.

È firmato «T. Wright fecit». Si conosce, come astronomo, Thomas Wright (1711-1786).

Riflettore in configurazione Gregory, con specchio di circa 60 mm di diametro, montatura azimutale con treppiede fisso, senza scale graduate né regolazioni fini. Mira di puntamento a traguardo. Messa a fuoco con specchietto secondario che può essere mosso mediante una lunga vite esterna.

Il tubo è lungo 356 mm, con oculare di 96 mm. Diametro del tubo 65 mm.

Il treppiede è alto 290 mm, la distanza dei piedi dal centro è di circa 130 mm.

Il buono di carico n. 32 del 12.12.1920 gli attribuisce il valore di Lire 36.

Numero di inventario: 39.

Materiale: ottone, vetro.

## CANNOCCHIALE DI FRAUNHOFER IN OTTONE

Strumento dei primi decenni del secolo XIX.

È firmato «Utzschneider und Fraunhofer in Benedictbeurn». Joseph Fraunhofer visse dal 1787 al 1826.

Rifrattore di circa 1100 mm di focale e di circa 80 mm di apertura.

Cannocchiale in ottone verniciato di nero, con montatura altoazimutale su treppiede mobile. Non ha scale graduate, né meccanismi di regolazione fine. L'ottica è conservata in una cassetta.

Il tubo è lungo 1125 mm oltre all'oculare scorrevole.

Il treppiede è alto circa 600 mm, la distanza dei piedi dal centro è di circa 280 mm.

Il buono di carico n. 32 del 12.12.1920 gli attribuisce il valore di Lire 280.

Ha un vecchio numero di inventario: 83.

Numero di inventario: 36.

Materiale: ottone, vetro.

### *Cassetta con l'ottica:*

Cassetta di legno porta ottica. Contiene un obiettivo (doppio acromatico), quattro oculari di diversa focale, un diaframma e un filtro solare.

Il buono di carico n. 44, non datato, gli attribuisce il valore di Lire 1800. Ha un vecchio numero di inventario: 517.

Numero di inventario: 37.

Materiale: ottone, vetro, legno.

## CANNOCCHIALE RIFRATTORE IN OTTONE

Strumento dei primi decenni del XIX secolo.

Non firmato.

Rifrattore di focale  $f = 800$  mm circa, apertura 60 mm. Lunghezza del tubo in ottone: 800 mm con oculare estraibile di 75 mm.

Montatura altoazimutale, con treppiede fisso; non ha scale graduate né regolazioni fini.

Treppiede alto 410 mm, distanza dei piedi dal centro 170.

Il buono d'ingresso n. 4 del 23.10.1985 gli attribuisce il valore di Lire 200.000.

Numero di inventario: 125.

Materiale: ottone, vetro.

## CANNOCCHIALE RIFRATTORE DALLMEYER

Strumento della seconda metà del XIX secolo.

È firmato «J.H. Dallmeyer – London». Il Dallmeyer era genero di Andrew Ross e aprì la sua fabbrica nel 1860.

Rifratore di focale  $f = 1200$  mm circa, apertura 85 mm, munito di cercatore con focale  $f = 300$  mm e apertura 30 mm circa. Montatura equatoriale, regolabile per latitudini da 0 a 70 gradi con un nonio che dà una risoluzione 5', munita di livelle. Doppia scala graduata sull'asse orario, per l'ascensione retta e per il tempo siderale, con nonio che consente una risoluzione di 5s. Scala di declinazione con nonio, che permette una risoluzione di 1'. Cercatore con crocifilo.

Supporto da campagna, costituito da robusto treppiede in legno.

Il treppiede è alto 1630 mm, appoggio dei piedi a 660 mm dal centro. Lunghezza del tubo: 1240 mm, oltre l'oculare, che ha il solito movimento per focalizzare. Diametro del tubo: 90 mm.

L'ottica non è conservata in cassetta, e consiste in quattro oculari con i seguenti ingrandimenti: 40x, 60x, 100x, 150x. Inoltre vi è un oculare lungo con sistema di raddrizzamento dell'immagine, con ingrandimento: 20x. Vi sono alcuni filtri solari rotti.

Donato dall'ing. Frank Holden nel 1956.

Il buono di entrata n. 4 del 23.10.1986 gli assegna il valore di Lire 1.000.000.

## LAMPADA A OLIO IN OTTONE

Probabilmente è un oggetto della seconda metà del XVIII secolo.

La lampada era necessaria per illuminare di notte il reticolo e le divisioni degli strumenti astronomici.

Dimensioni: 300 x 170.

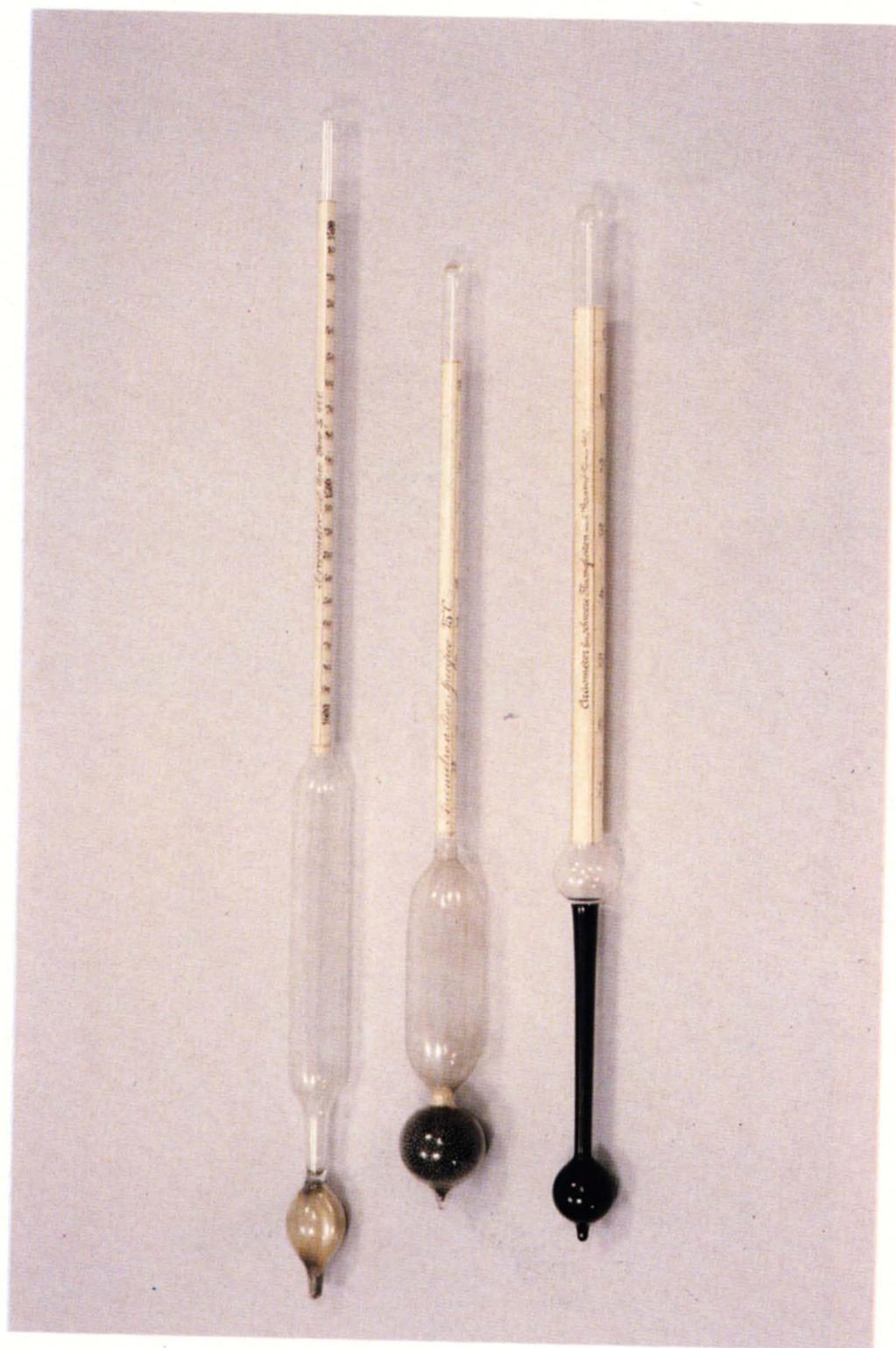
TAVOLE



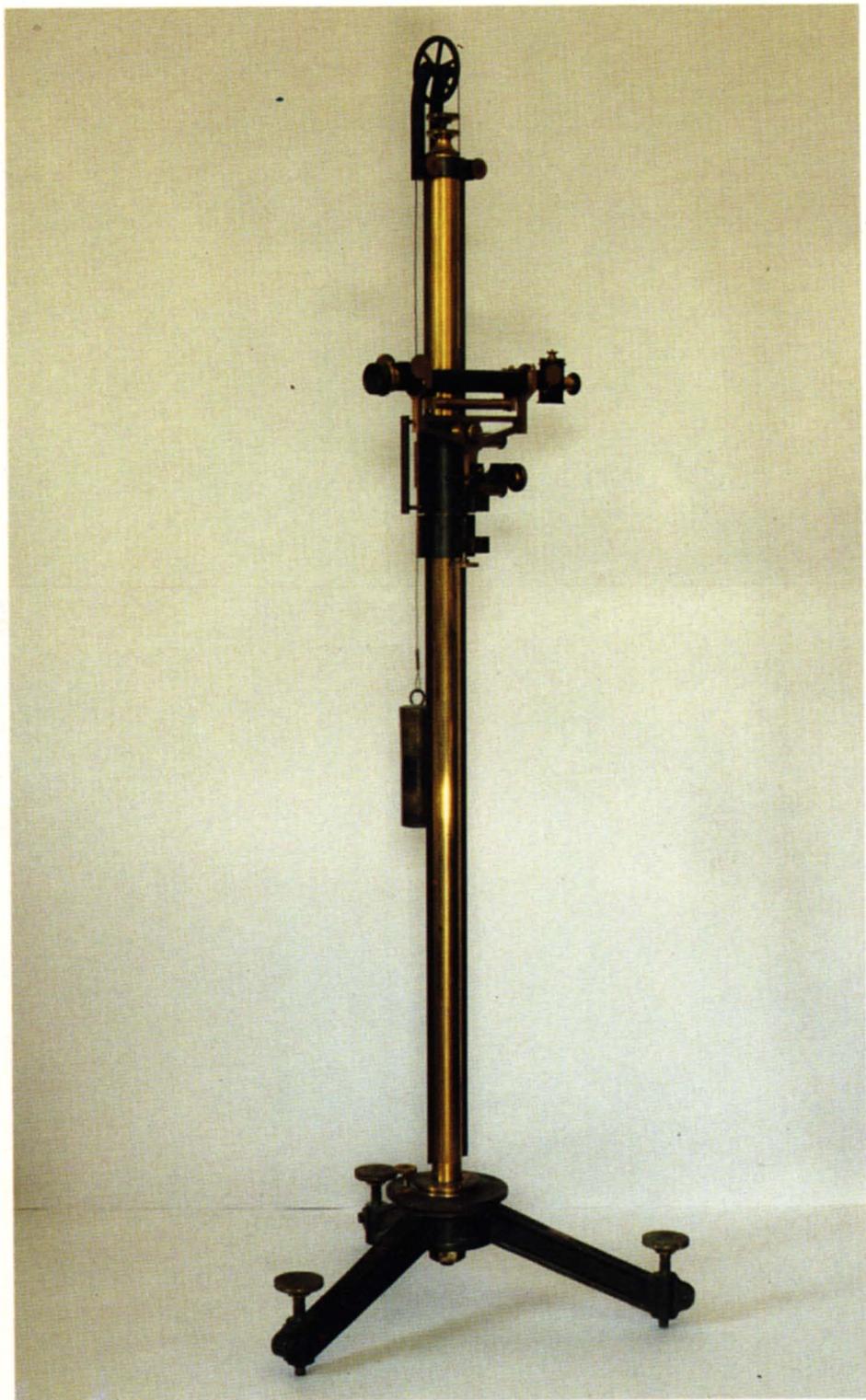
*Metronomo di Maelzel  
XIX sec.  
(vedi p. 105)*



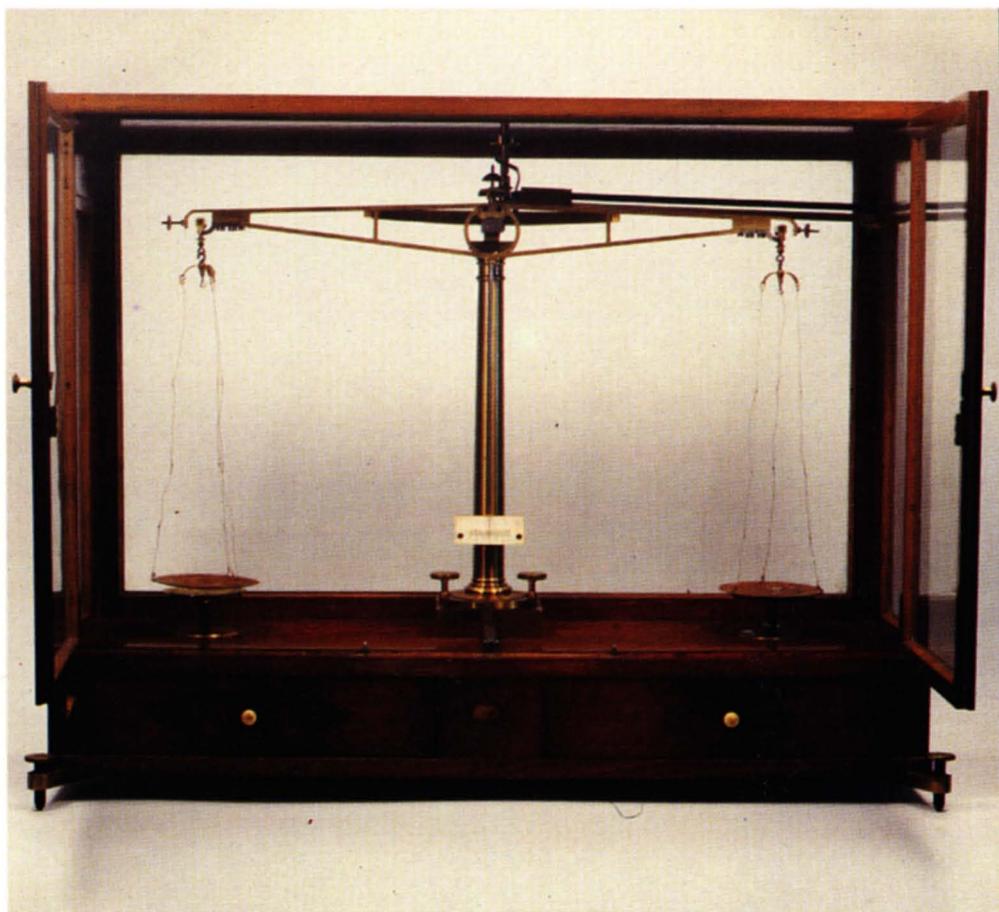
*Cronoscopio di Hipp  
XIX sec.  
(vedi p. 107)*



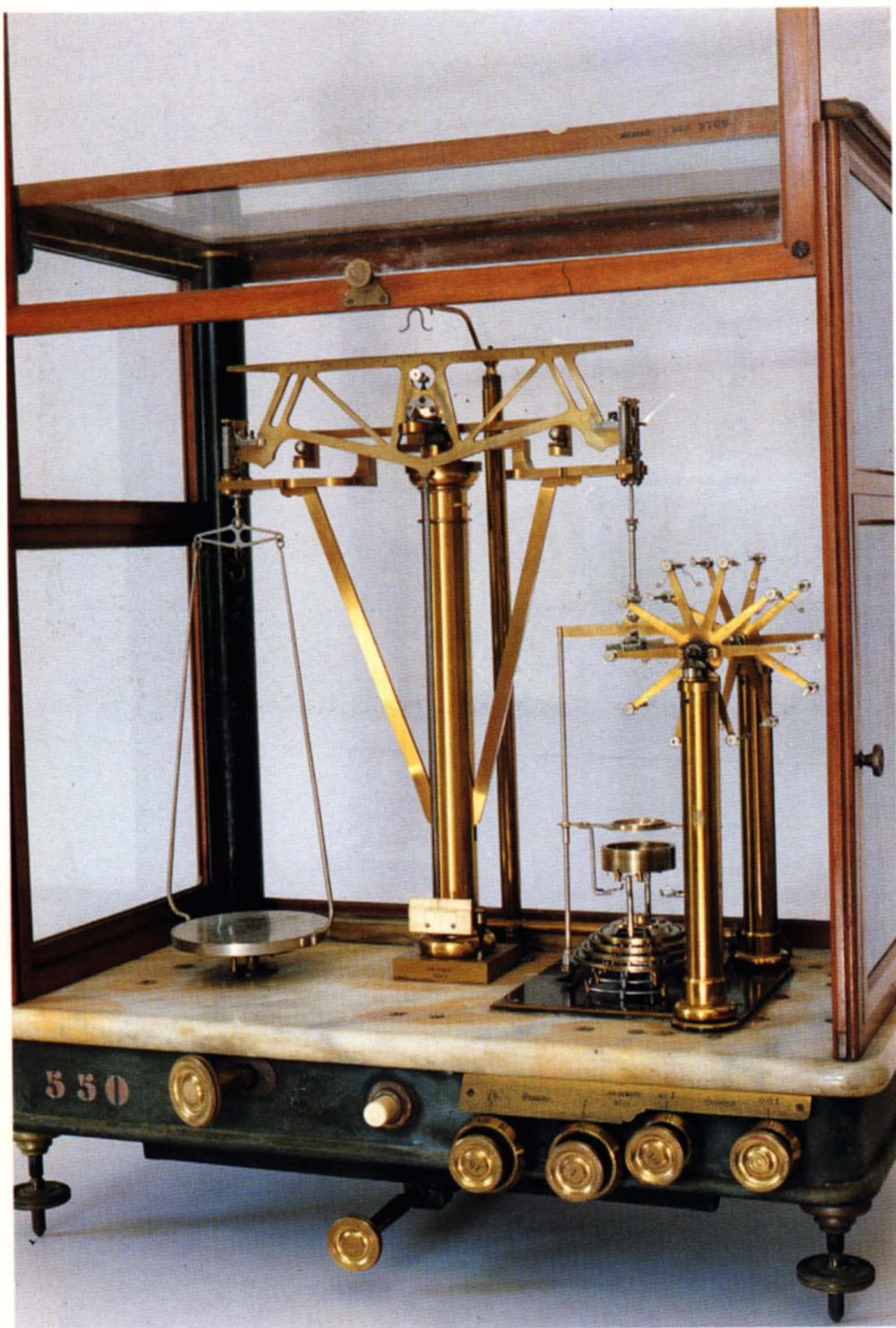
*Areometri  
XIX sec.  
(vedi p. 109)*



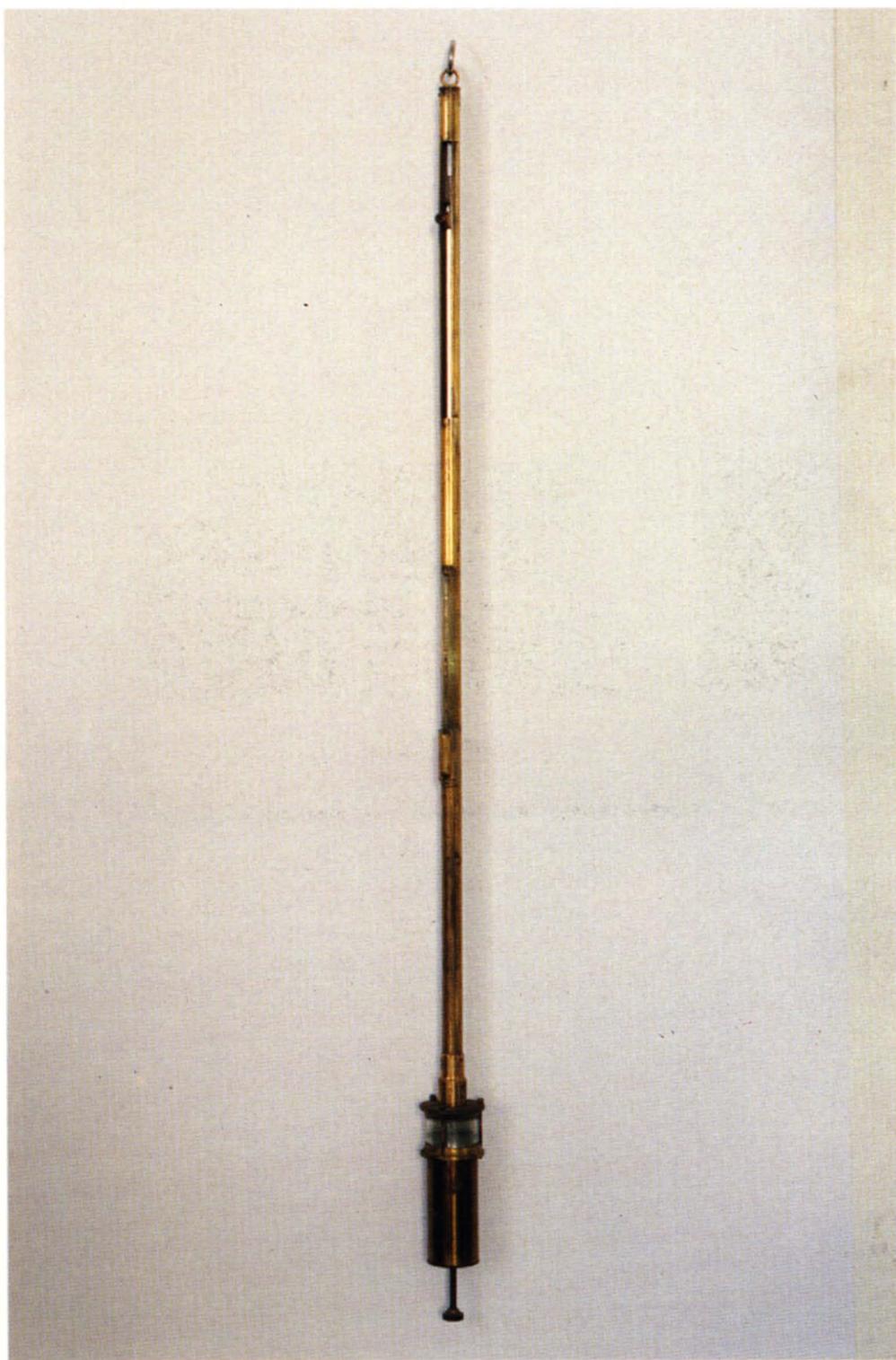
*Catetometro  
XIX sec.  
(vedi p. 111)*



*Bilancia Staudinger  
XIX sec.  
(vedi p. 113)*



*Bilancia di Nemetz  
XIX sec.  
(vedi p. 115)*



*Barometro di Fortin  
XIX sec.  
(vedi p. 117)*



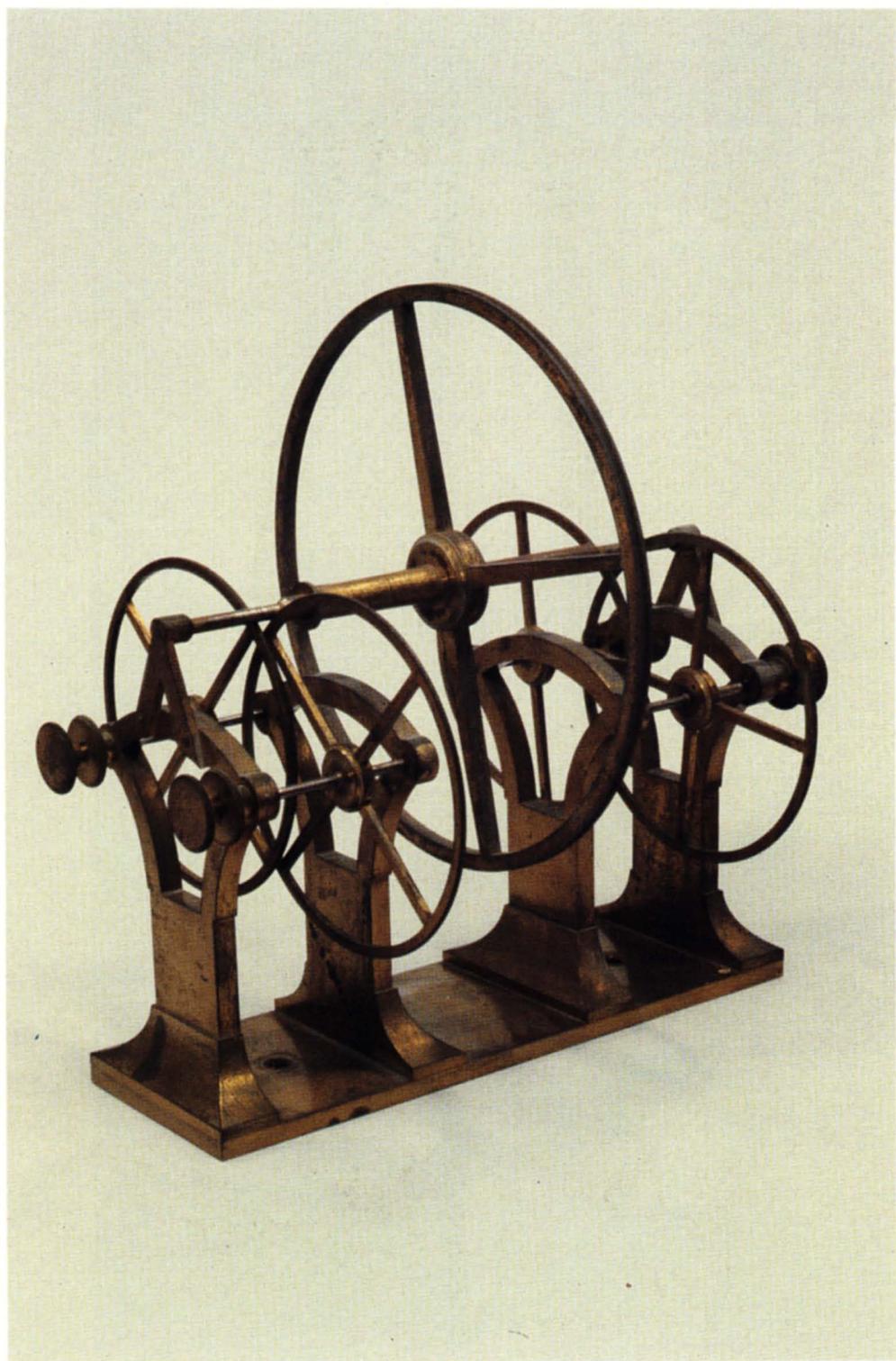
*Barometro registratore Richard  
XIX sec.  
(vedi p. 120)*



*Emisferi di Magdeburgo  
XIX sec.  
(vedi p. 122)*



*Macchina di Atwood  
XIX sec.  
(vedi p. 123)*



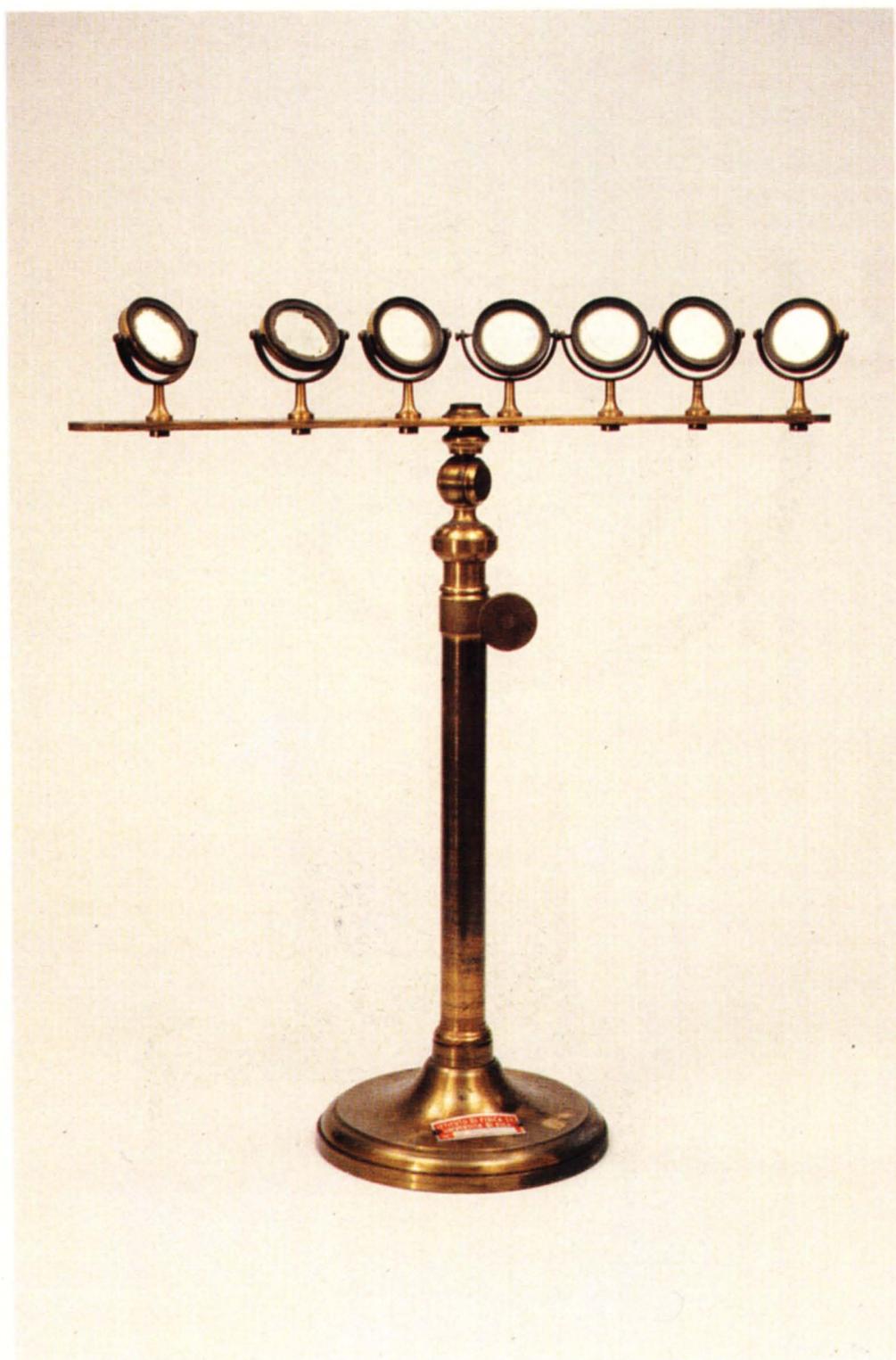
*Ruotismi della macchina di Atwood  
XIX sec.  
(vedi p. 123)*



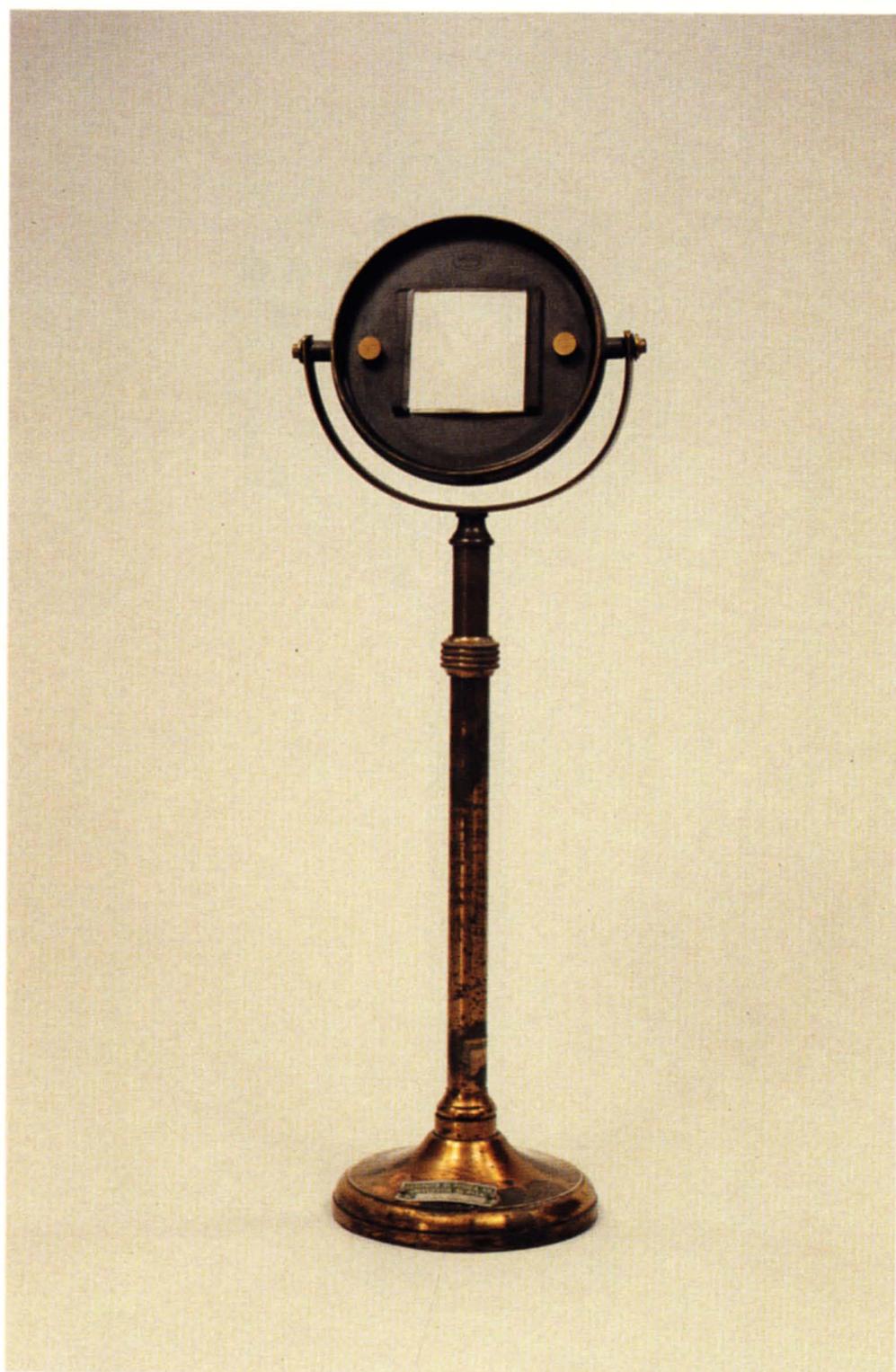
*Macchina di Morin  
XIX sec.  
(vedi p. 126)*



*Eliostato di Silbermann  
XIX sec.  
(vedi p. 128)*



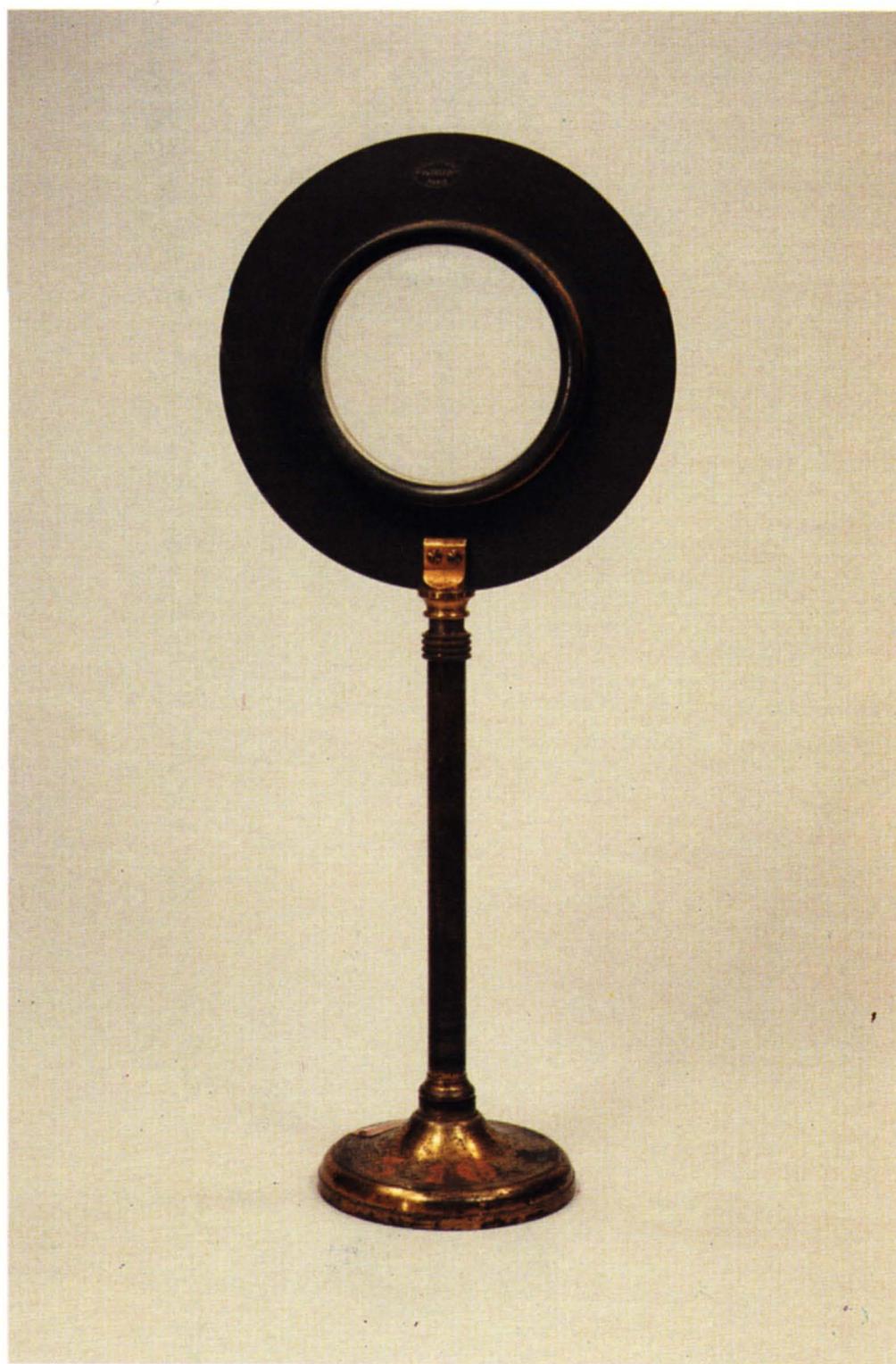
*Specchietti di Newton per la ricomposizione della luce  
XIX sec.  
(vedi p. 131)*



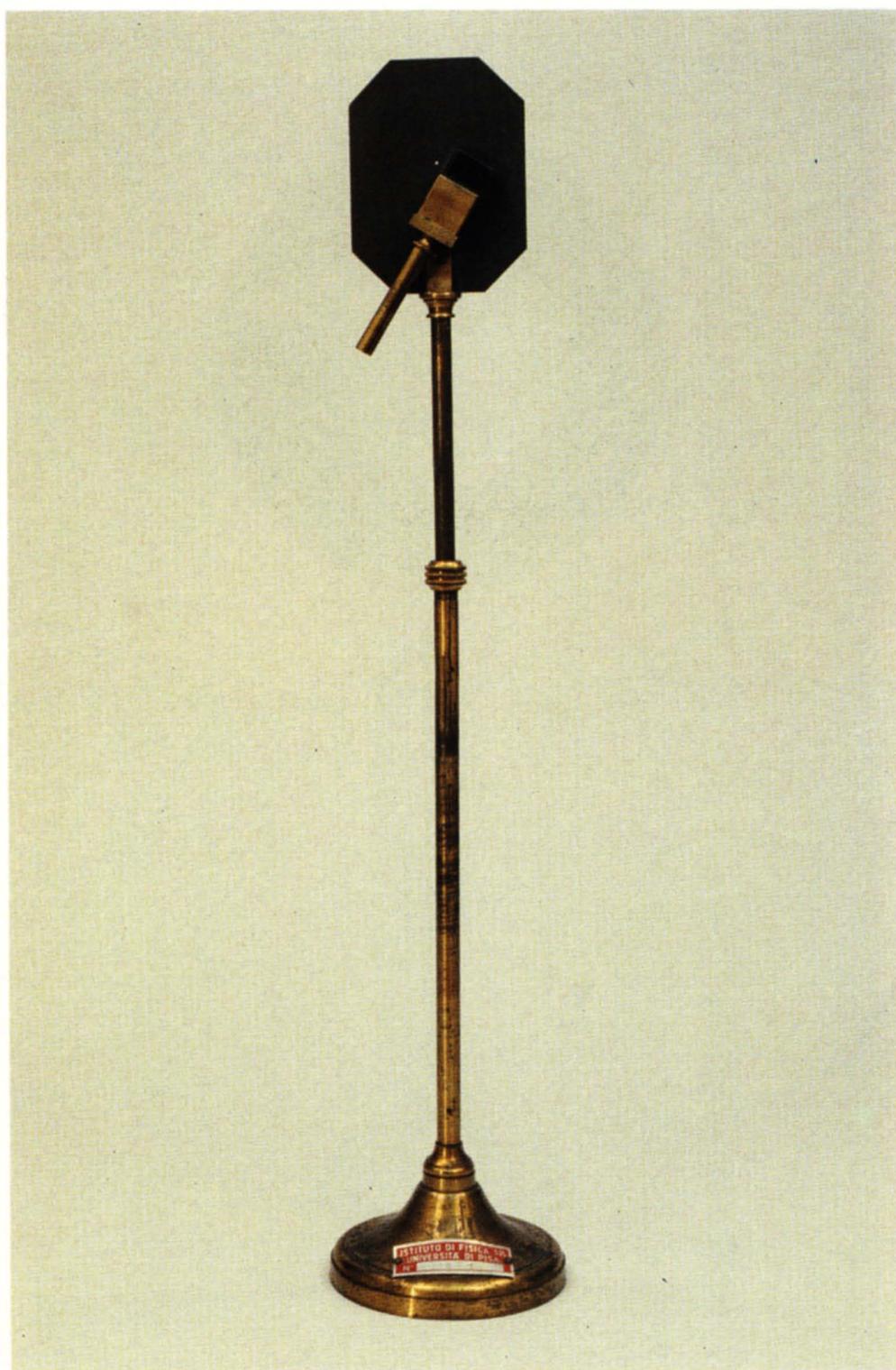
*Lente cilindrica  
XIX sec.  
(vedi p. 132)*



*Prisma conico*  
*XIX sec.*  
*(vedi p. 133)*



*Lente divergente  
XIX sec.  
(vedi p. 134)*



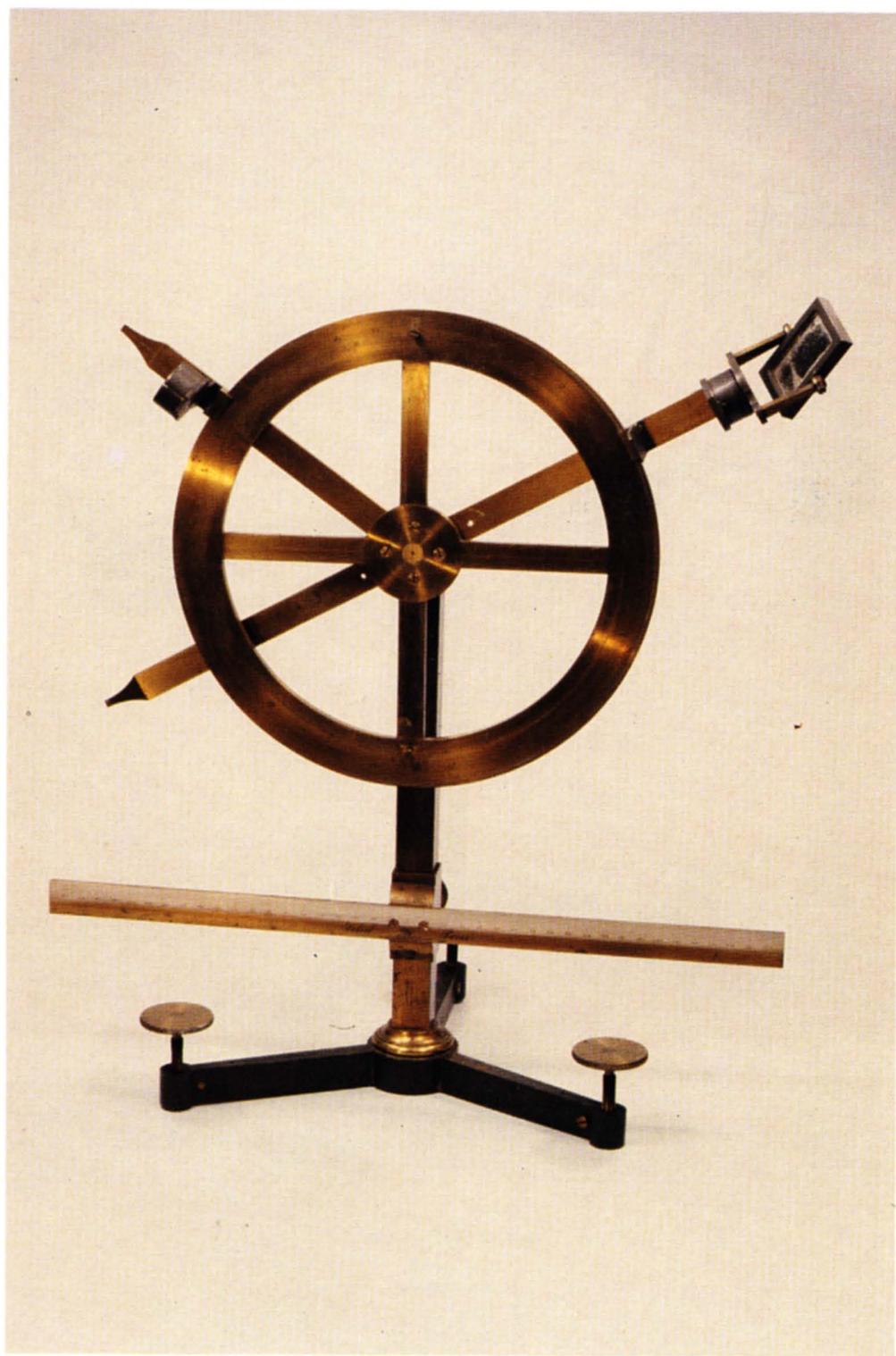
*Tormalina montata su piede di ottone e tagliata per la doppia rifrazione  
XIX sec.  
(vedi p. 135)*



*Apparecchio per gli anelli colorati di Newton  
XIX sec.  
(vedi p. 136)*



*Specchio convesso  
XIX sec.  
(vedi p. 137)*



*Apparecchio di Silbermann per la riflessione e la rifrazione  
XIX sec.  
(vedi p. 138)*



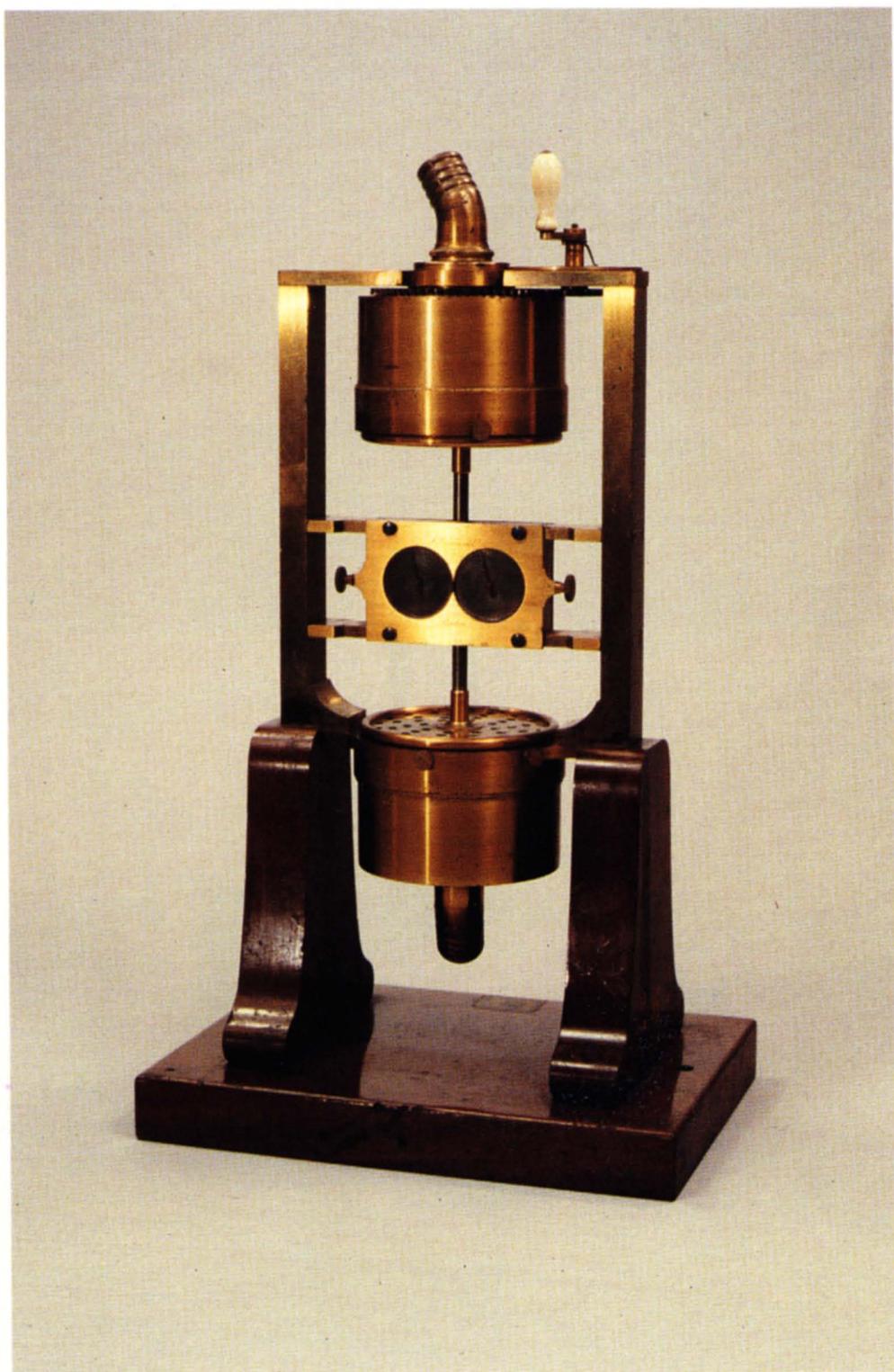
*Apparecchio di Biot per la polarizzazione per riflessione  
XIX sec.  
(vedi p. 140)*



*Cannocchiale terrestre  
XIX sec.  
(vedi p. 142)*



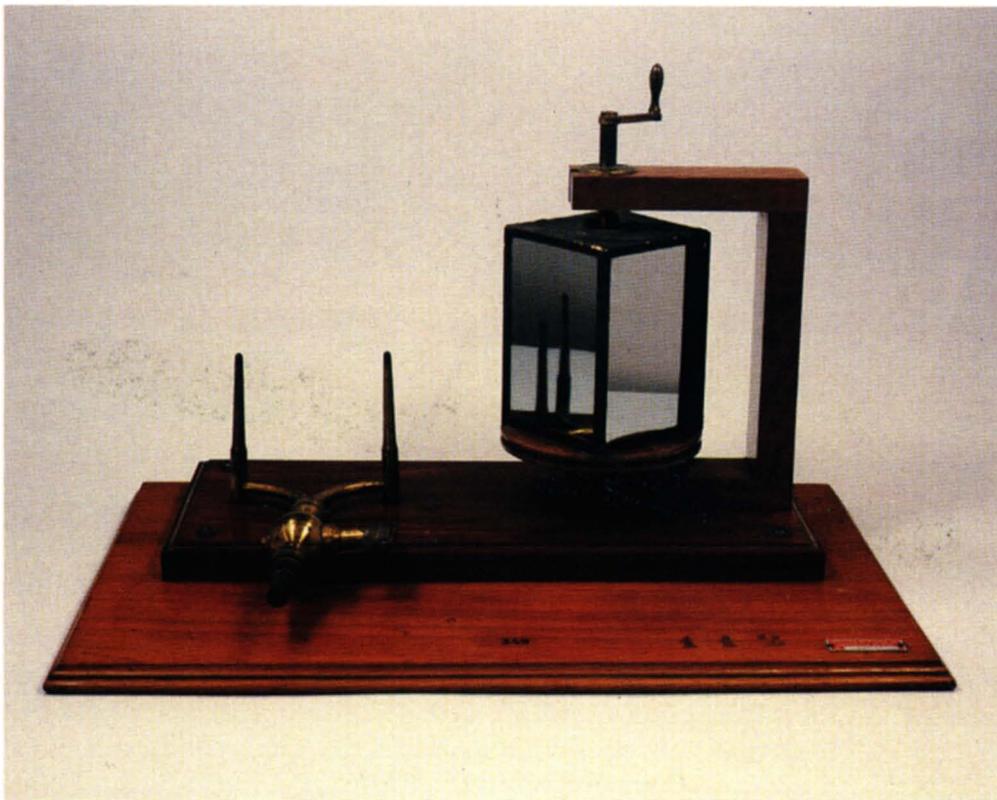
*Campana di Savart*  
*XIX sec.*  
*(vedi p. 143)*



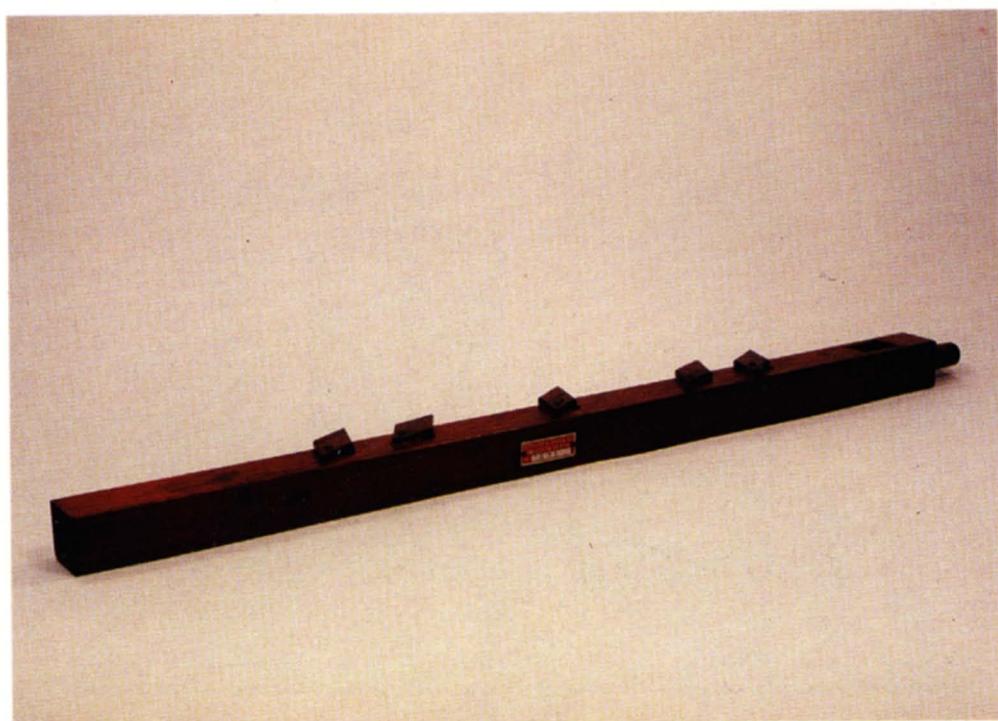
*Sirena doppia di Helmholtz  
XIX sec.  
(vedi p. 145)*



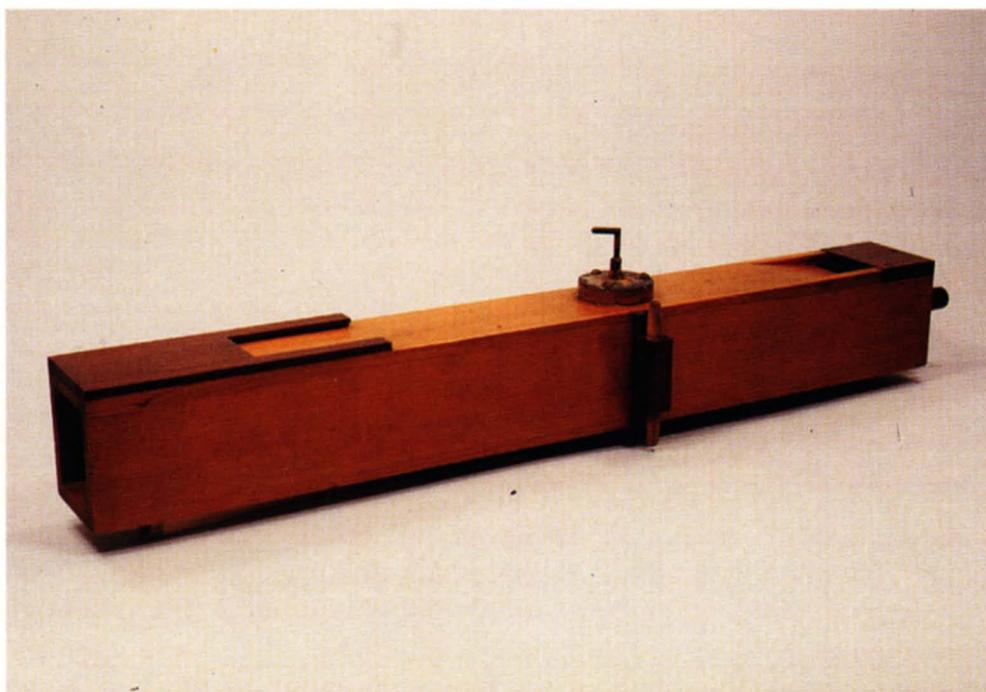
*Diapason con cassetta di risonanza e tazza per il mercurio*  
*(manca la tazza originale, il diapason è avvitato nell'apposito foro centrale presente in ogni cassetta)*  
*XIX sec.*  
*(vedi p. 147)*



*Apparecchio a specchi piani rotanti  
XIX sec.  
(vedi p. 150)*



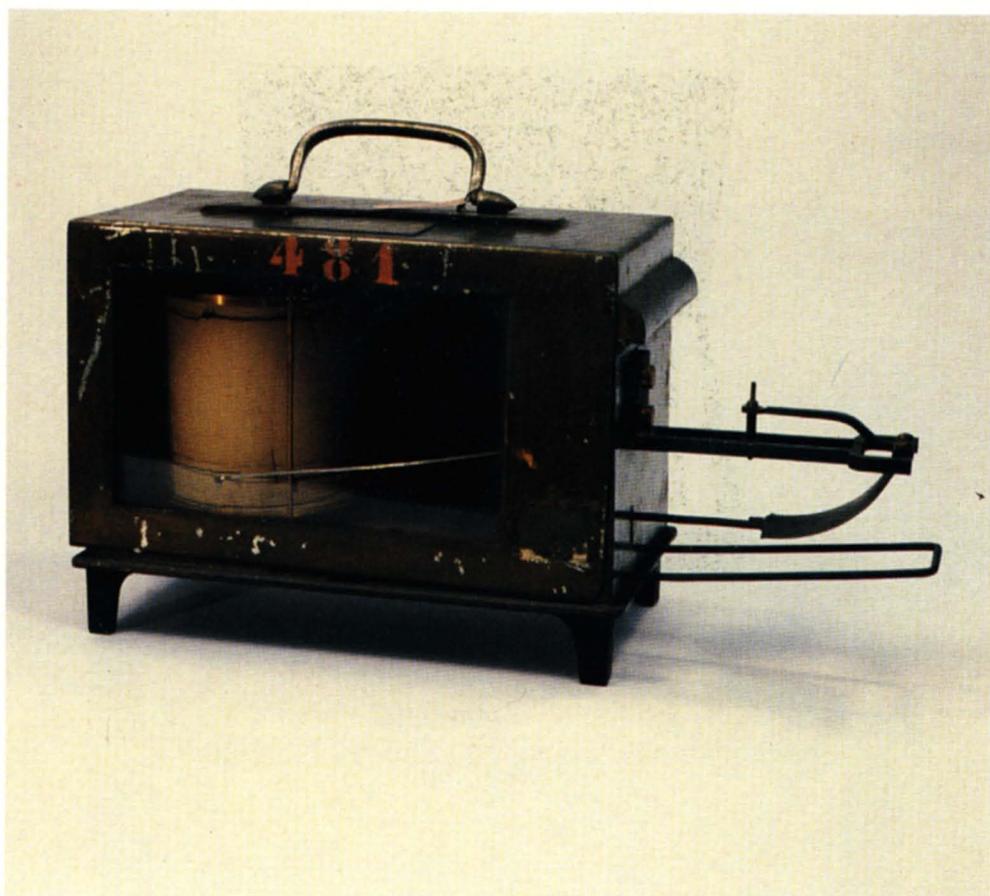
*Tubo sonoro con cinque otturatori  
XIX sec.  
(vedi p. 152)*



*Tubo sonoro a una fiamma manometrica di Koenig  
XIX sec.  
(vedi p. 153)*



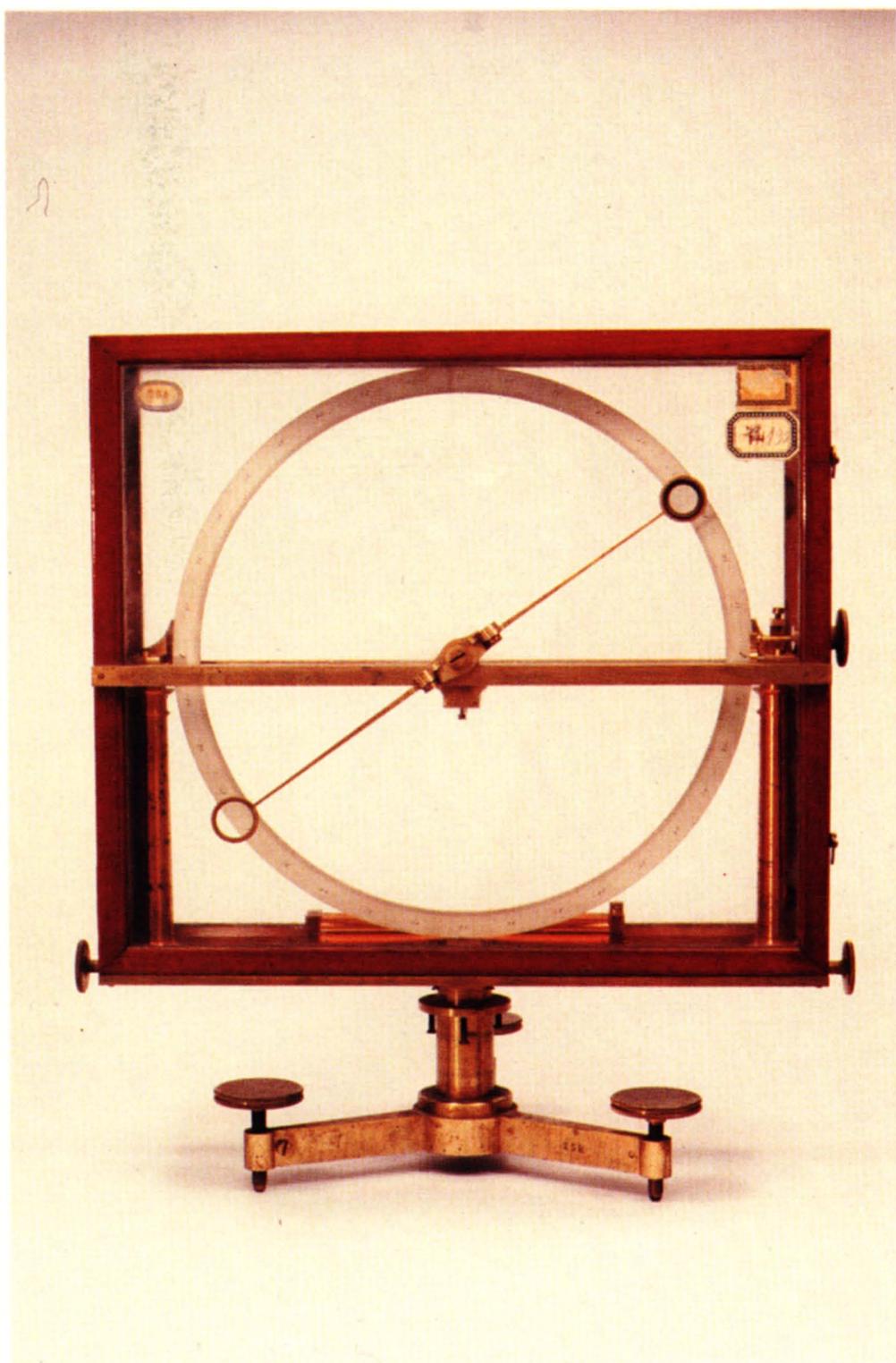
*Termometro metallico di Breguet  
XIX sec.  
(vedi p. 156)*



*Termometro registratore Richard  
XIX sec.  
(vedi p. 158)*



*Bussola  
XVIII sec.  
(vedi p. 159)*

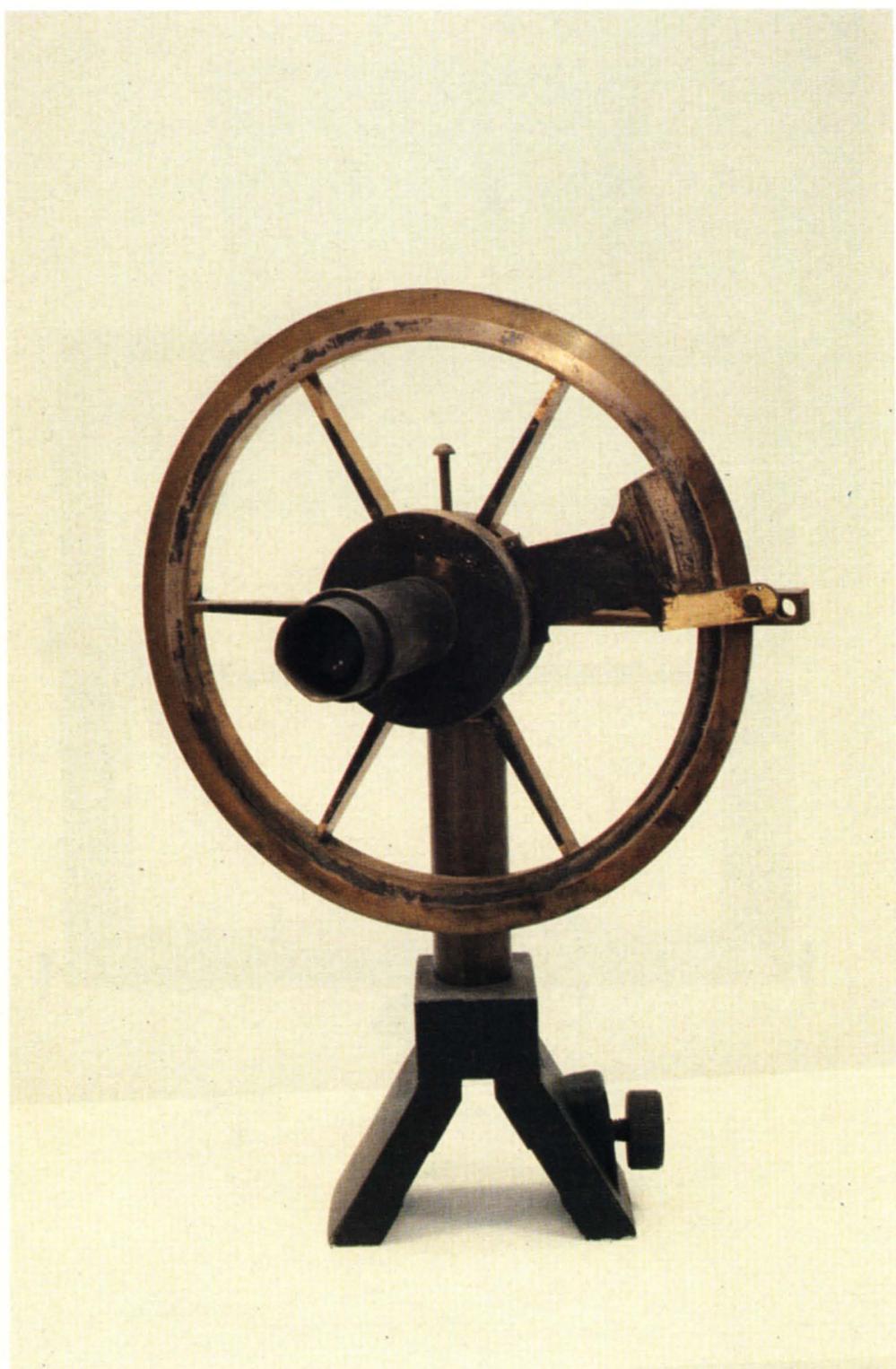


*Bussola di inclinazione*

*(senza goniometro, che è montato in un esperimento in corso)*

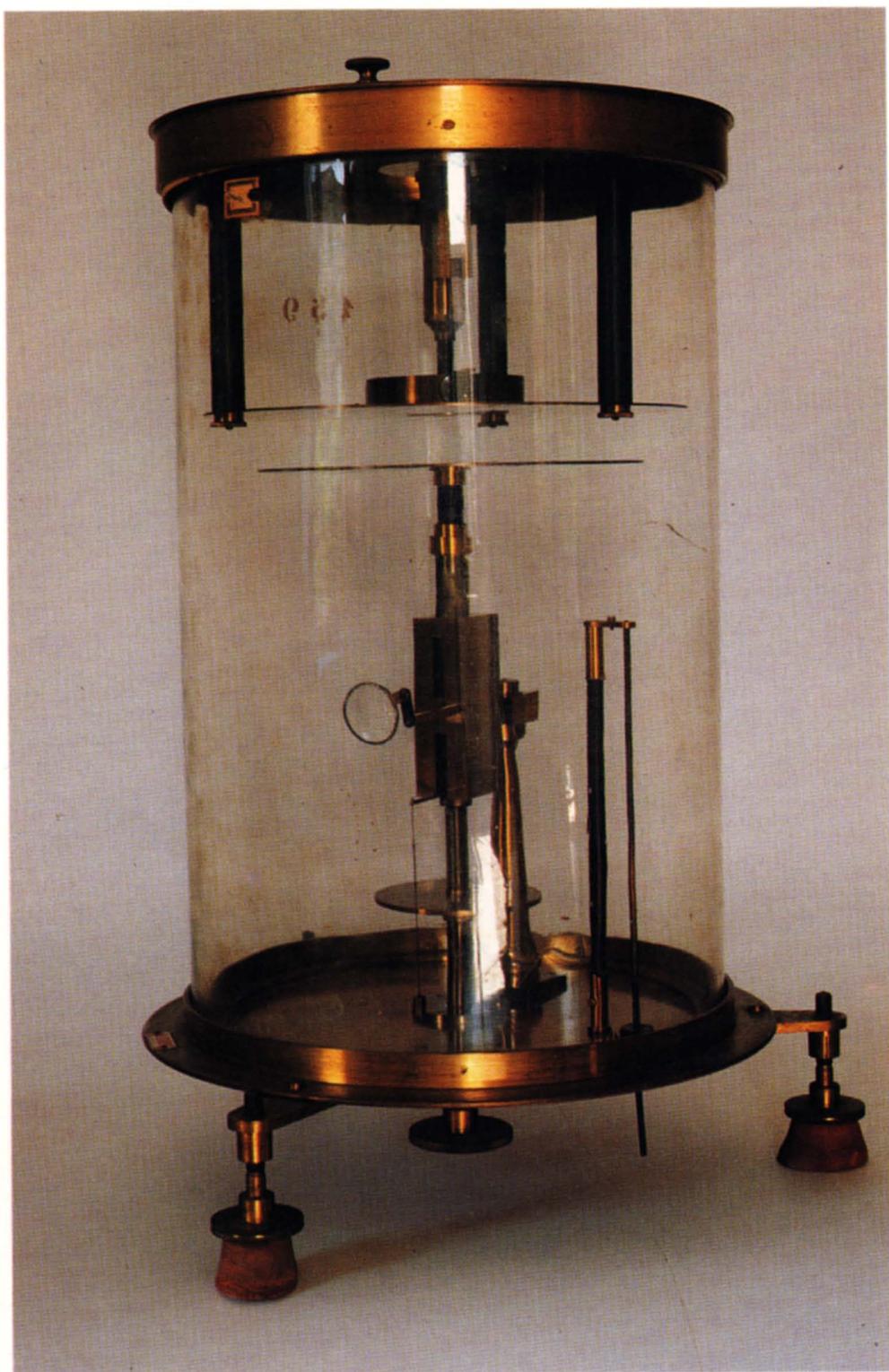
*XIX sec.*

*(vedi p. 160)*

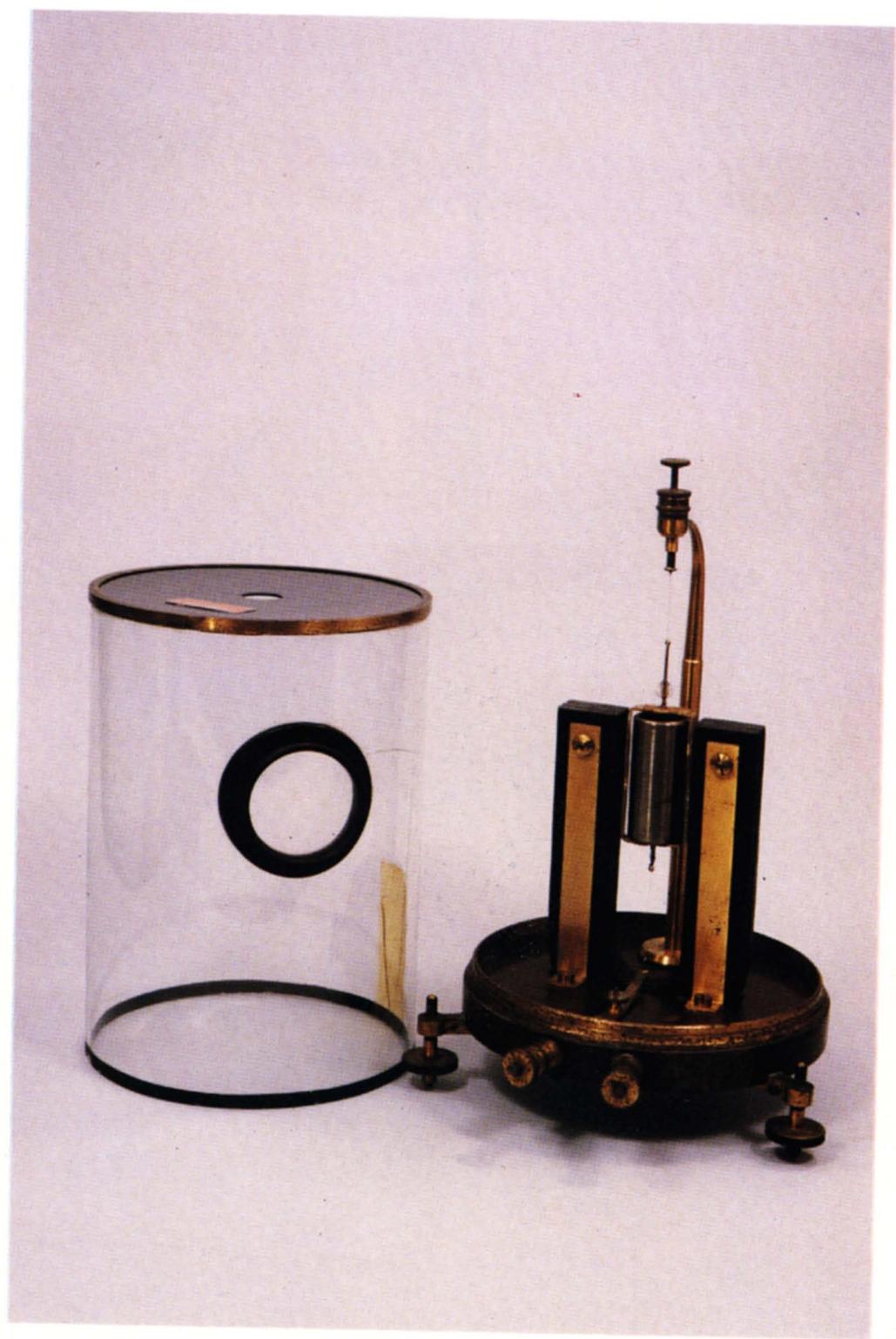


*Goniometro della bussola di inclinazione*  
*(ritirato dal corpo della bussola e montato in questo supporto per un esperimento)*  
*XIX sec.*  
*(vedi p. 160)*

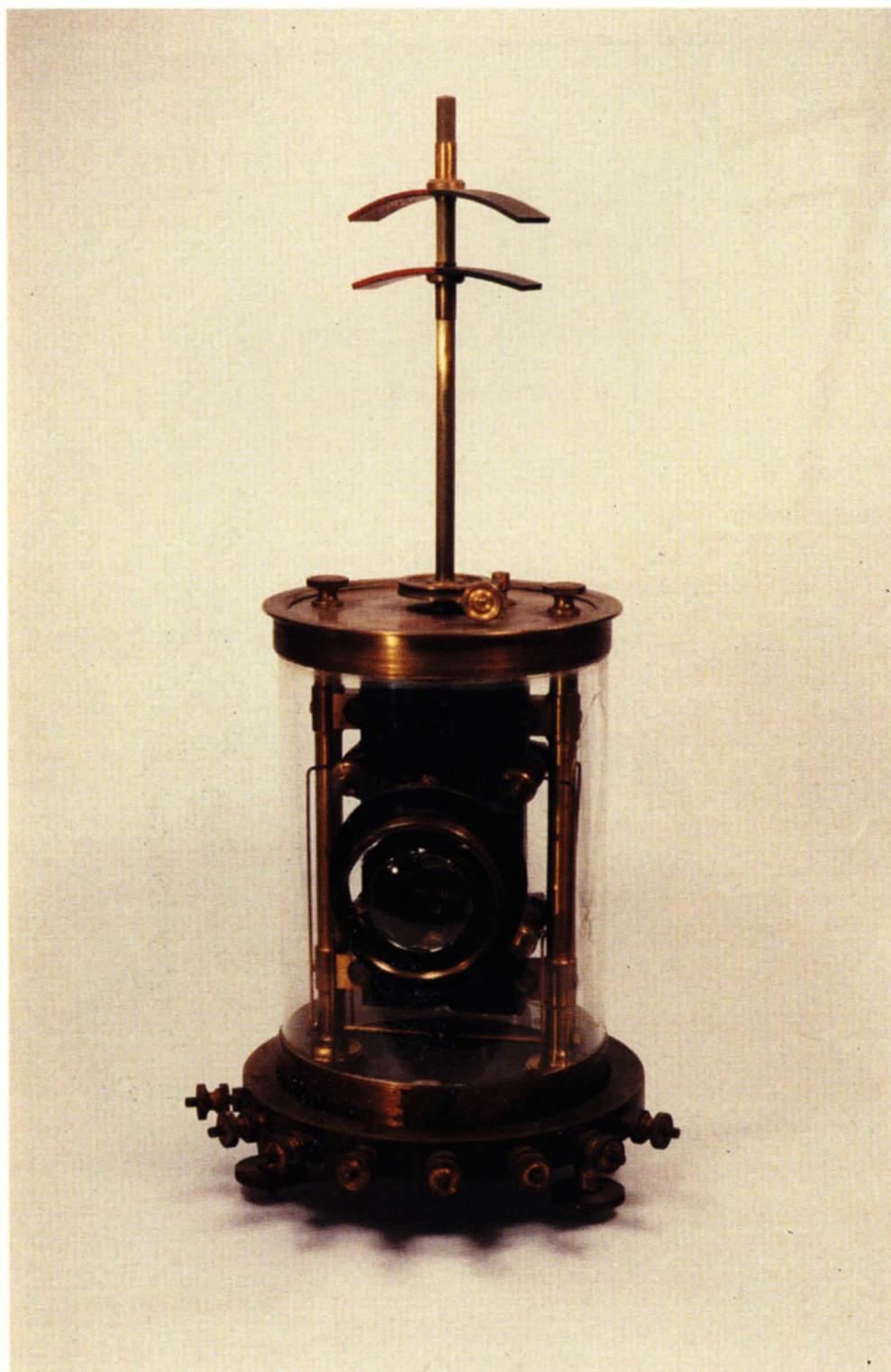




*Elettrometro assoluto di Lord Kelvin  
XX sec.  
(vedi p. 163)*



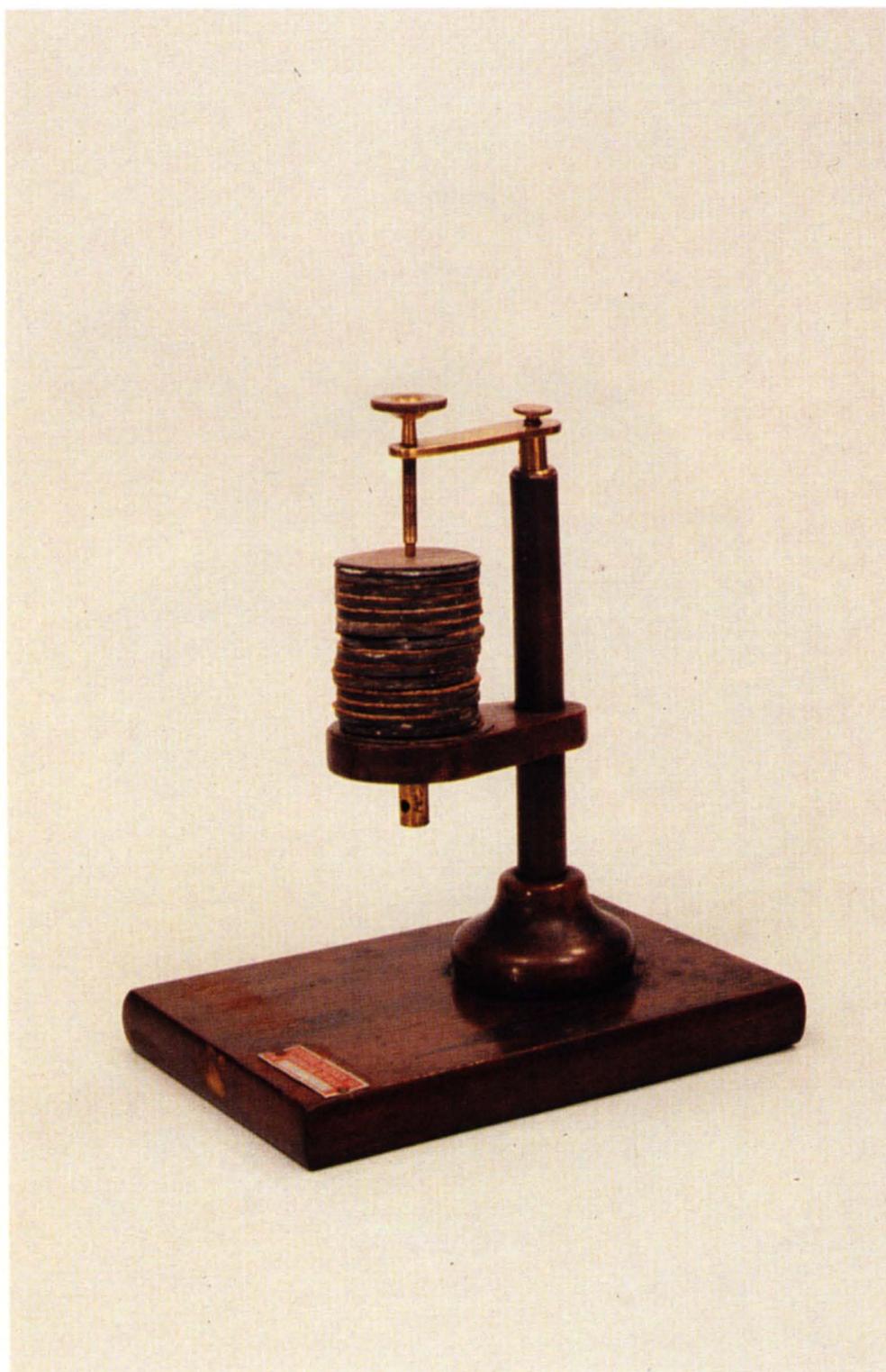
*Galvanometro aperiodico di Depretz e D'Arsonval  
XX sec.  
(vedi p. 164)*



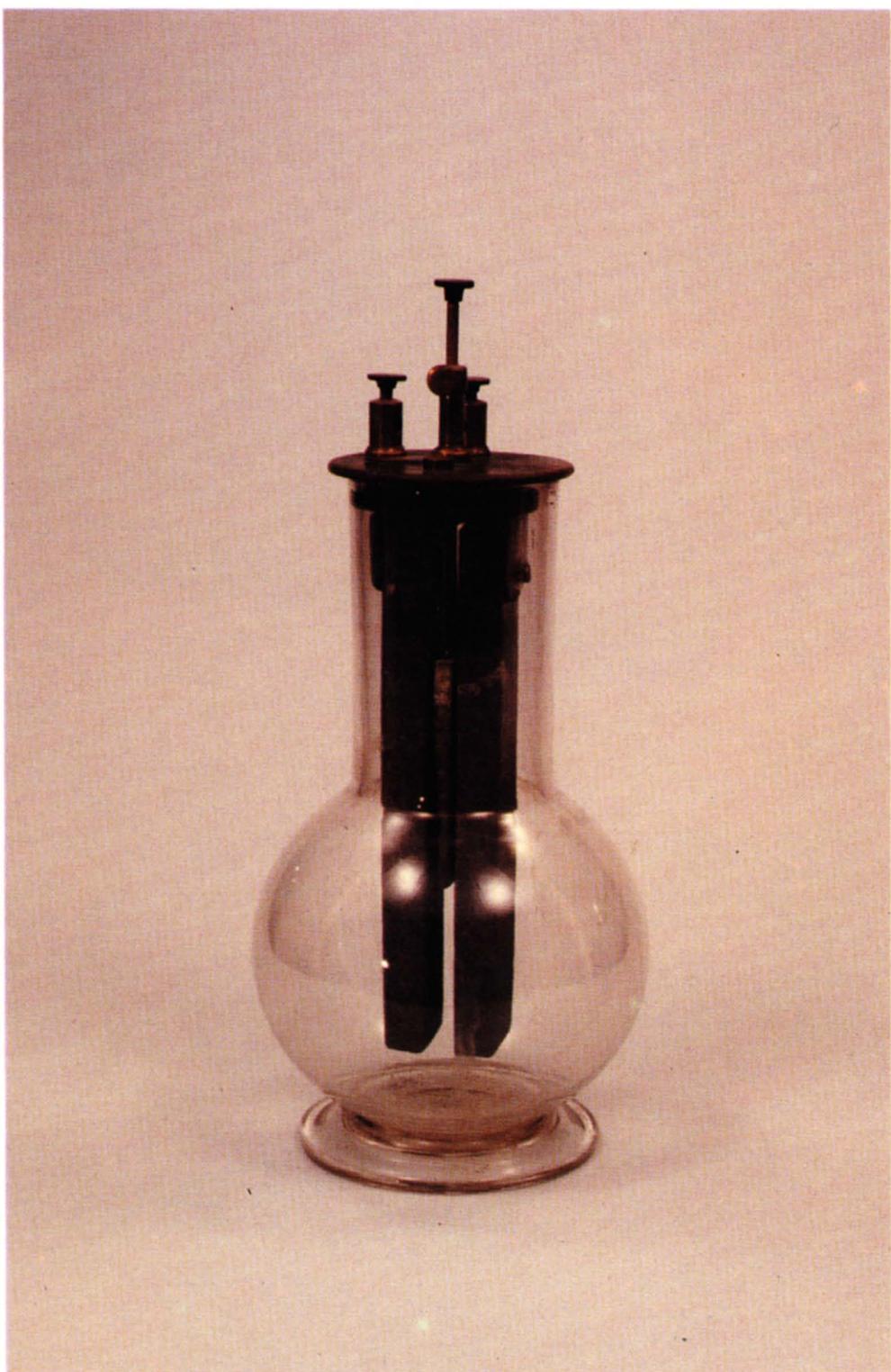
*Galvanometro astatico di Du Bois e Rubens  
XIX sec.  
(vedi p. 166)*



*Bussola delle tangenti  
XX sec.  
(vedi p. 168)*



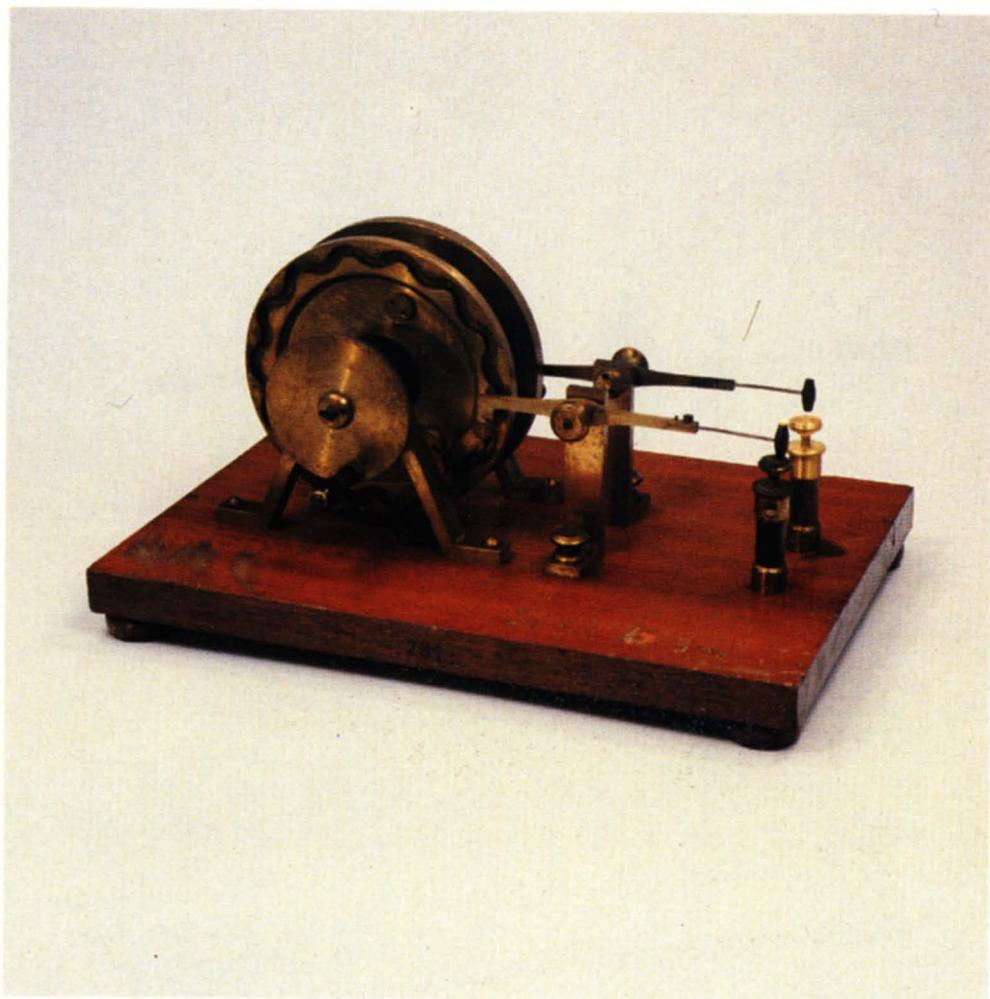
*Pila a colonna*  
*XIX sec.*  
*(vedi p. 171)*



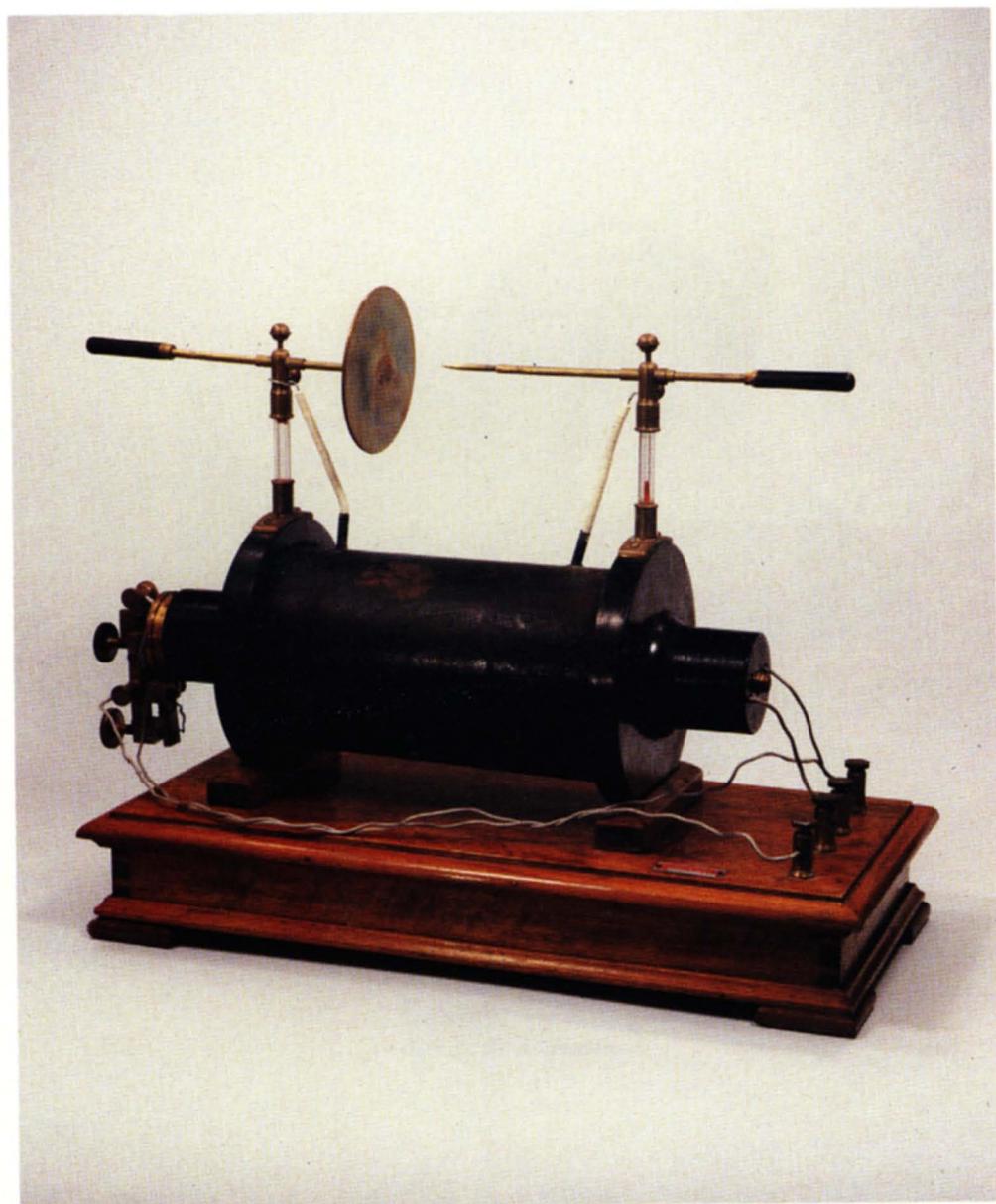
*Pila Grenet  
XIX sec.  
(vedi p. 172)*



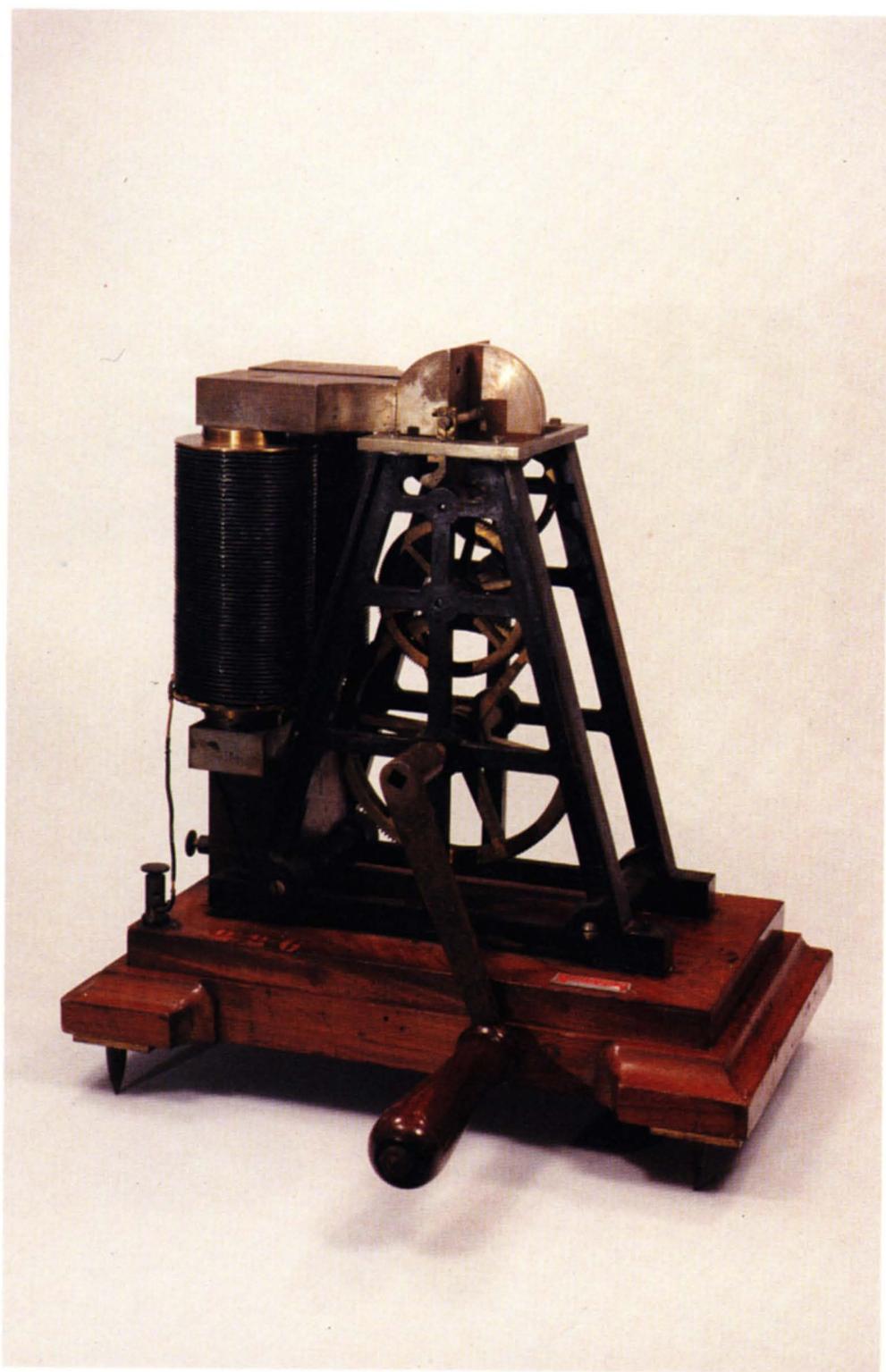
*Pila termoelettrica per l'analisi dello spettro  
XIX sec.  
(vedi p. 174)*



*Commutatore di Matteucci  
XIX sec.  
(vedi p. 175)*



*Rocchetto di Ruhmkorff  
XX sec.  
(vedi p. 176)*



*Apparecchio di Foucault per il calore sviluppato dalle correnti d'induzione  
XIX sec.  
(vedi p. 178)*



*Alternatore e motore bifase  
XX sec.  
(vedi p. 180)*



*Tubi Geissler  
XIX sec.  
(vedi p. 182)*



*Tubo di Wehnelt  
XX sec.  
(vedi p. 186)*



*Telescopio a riflessione di Short  
XVIII sec.  
(vedi p. 191)*



*Piccolo telescopio a riflessione  
XVIII sec.  
(vedi p. 192)*



*Cannocchiale di Fraunhofer  
XIX sec.  
(vedi p. 192)*



*Cannocchiale rifrattore  
XIX sec.  
(vedi p. 192)*





*Lampada a olio*  
*XVIII sec.*  
*(vedi p. 193)*

## BIBLIOGRAFIA

- AMADUZZI L., *La ionizzazione e la convenzione elettrica nei gas*, Bologna (Zanichelli), 1907.
- ATWOOD G., *A description of the experiments, intended to illustrate a course of lectures on the principles of natural philosophy, reed in the observatory at Trinity College*, Cambridge, London, 1776.
- BATTELLI A., *Fisica sperimentale secondo le lezioni del prof. A. Battelli, 1895-1896*. (Generalità, Calore). [75 dispense litografate, scritte a mano, con disegni].
- BATTELLI A., *Fisica sperimentale*, 1900 [Elettricità II parte, Calore] [100 dispense litografate, scritte a mano, con disegni].
- BATTELLI A., *Lezioni di acustica e ottica.*, s.d. [123 dispense litografate, scritte a mano, con disegni].
- BATTELLI A., BATTELLI F., *Trattato pratico per le ricerche di Elettricità in Medicina*, Roma (Dante Alighieri), 1898.
- BATTELLI A., CARDANI P., *Trattato di fisica sperimentale ad uso delle università*, Milano (F. Vallardi), vol. I e II, s.d. [ma prima del 1917]; vol. III, s.d.; [CARDANI] vol. IV, parte I, 1925. [B. FOCACCIA], vol. IV, parte II, 1942.
- BIOT J.-B., *Précis élémentaire de physique expérimental*, Paris (Deterville), 1824<sup>3</sup>.
- BOUTAN A., D'ALMEIDA J. CH., *Cours élémentaire de physique suivi de problèmes*, Paris (Dunod), t. II, 1874<sup>4</sup>.
- BRENNI P., *Gli strumenti del gabinetto di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano*, Firenze, 1986.
- BRISSON M. J., *Trattato elementare, ovvero principi di fisica*, Firenze (Grazioli), 1791.
- BRUHAT G., *Cours de physique, électricité*, 1944.
- BUCCOLA G., *La legge del tempo nei fenomeni del pensiero*, Milano (Dumolard), 1883.
- CAJORI F., GAMBIOLO D., *Storia della fisica elementare...*, Bologna (Zanichelli), 1909.
- CARRANZA N., *Monsignor Gaspare Cerati provveditore dell'Università di Pisa nel Settecento delle riforme*, Pisa (Pacini), 1974.
- CHWOLSON O. D., *Traité de physique*, Paris (Hermann), t. I, fasc. I, 1906, fasc. II, 1906, fasc. III, 1907; t. II, fasc. II, 1906, fasc. III, 1907, fasc. IV, 1909; t. IV, fasc. I, 1910.
- CORTINI G., SCIUTI S., *Misure ed apparecchi elettrici di fisica. (elettricità)*, 1956.
- DAGUIN P. A., *Traité élémentaire de physique theorique et experimentale...*, Paris (Delagrave) e Toulouse (Privat), t. I, 1878<sup>4</sup>; t. II, 1878<sup>4</sup>; t. III, 1867<sup>3</sup> e 1878<sup>4</sup>; t. IV, 1879<sup>4</sup>.
- DAUMAS M., *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris (Presses Universitaire de France), 1955.
- DE LA RIVE A., *Traité d'électricité théorique et appliqué*, (Baillièret) t. I, 1854, t. II, 1856, t. III, 1858.
- DELAUNAY CH.-E., *Cours élémentaire de mécanique*, Paris (Masson), 1854<sup>3</sup>.
- DENZA P. F., *Istruzioni per le osservazioni meteorologiche e per l'altimetria barometrica*, Torino (Collegio Artigianelli), 1882.
- DRIGO A., ALOCCO G., *Fisica pratica*, Padova (Zannoni), 1943<sup>3</sup>.
- DUMONT G., *Dictionnaire théorique et pratique d'électricité et de magnétisme*, Paris (V. P. Larousse et Cia.), s.d. [ma 1889].
- FERRARIS L., *Corso di misure elettriche*, Torino (Bona), 1911.
- FISCHER E. G., *La fisica meccanica...*, colle note di Biot, Milano (Bernardoni), 1817.
- FONTANA G., *Compendio di un corso di lezioni di Fisica sperimentale del sig. Giorgio Atwood ad uso del Collegio della Trinità e dell'Università di Cambridge*, Pavia (Stamperia del R. ed I. Monistero di S. Salvatore), 1881.
- GANOT A., *Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicata...*, Milano (Pagnoni), 1874, XVII ed.
- GERBI R., *Corso elementare di fisica*, Pisa (Capurro), t. I, 1823; t. II, 1824; t. III, 1823; t. IV, 1824; t. V, 1825.
- GILLISPIE CH. C., *Dictionary of scientific biography*, New York (Scribner), 1970-1978.
- GORDON J. E. H., *Traité expérimental d'électricité et de magnétisme*, Paris (Baillièrè), t. I e II, 1881.
- GRAETZ L., ROSSI C., *Le nuove teorie atomiche e la costituzione della materia*, Milano (Hoepli), 1925.
- HOSPITALIER E., *Traité élémentaire de l'énergie électrique*, Paris (Masson), t. I, 1890.

- JAMIN J. C., *Cours de physique de l'École Polytechnique*, Paris (Gauthier-Villars), t. I, fasc. I, 1888<sup>4</sup>, t. II, fasc. I e II 1886<sup>4</sup>, t. III, 1887<sup>4</sup>, t. IV, fasc. I, 1890<sup>4</sup>, fasc. II, 1888<sup>4</sup>, fasc. III, 1889<sup>4</sup>, fasc. IV, 1891<sup>4</sup>.
- JEANS J., *Scienza e musica*, Milano (Bompiani), 1941<sup>2</sup>.
- MAJOCCHI G., *Elementi di fisica ad uso dei colleghi nazionali e dei licei*, Torino (Pomba), t. I e II, 1850, t. III, 1855.
- MATTEUCCI C., *Lezioni di fisica*, Pisa (Nistri), t. I e II, 1841<sup>1</sup>; t. III, 1842<sup>1</sup>. Vol. unico 1850<sup>4</sup>.
- MORIN A., *Notions fondamentales de mécanique...*, Paris (Hachette), 1855<sup>2</sup>.
- MOUTIER J., *Cours de physique*, Paris (Dunod) t. I e II, 1883.
- MURANI O., *Trattato elementare di fisica*, Milano (Hoepli), 1906<sup>3</sup>.
- NACCARI A., *Delle coppie elettriche e delle principali loro applicazioni*, Venezia (tip. Grimaldo e C.), 1872.
- NACCARI A., BELLATI M., *Manuale di fisica pratica o guida alle ricerche fisiche sperimentali*, Torino (Loescher), 1874.
- PELLIN PH., *Historique et catalogue de tous instruments d'optique supérieure...*, s.d., s.l.
- PERUCCA E., *Fisica generale e sperimentale*, vol. I, 1963<sup>8</sup>, vol. II, 1937<sup>2</sup>.
- PIANCIANI G. B., *Istituzioni fisico-chimiche*, Roma (Puccinelli), vol. II, 1833; vol. III, parte II, 1835.
- POISSON S. D., *Traité de Mécanique*, Paris (Courcier), 1811.
- POLI G. S., *Elementi di fisica sperimentale*, Venezia (tip. Popoliana), 1796<sup>2</sup>.
- POUILLET C.-S.-M., *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, Paris (Hachette), 1853<sup>6</sup>, t. I.
- RAGOZZINO E., SCETTINO E., Napoli, (a) *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. Meccanica dei Fluidi e Termologia*, 1985. (b) *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. Elettricità e Magnetismo*, 1985. (c) *Early instruments of the Institute of Physics*, 1988.
- ROITI A., *Elementi di Fisica*, Firenze (Le Monnier) vol. I, 1891<sup>3</sup> e v. II, 1904<sup>4</sup>.
- SALLERON J., *Notice sur les instruments de precision construits par J. Salleron. III e IV parties*, Paris (J. Salleron), 1864.
- SCINÀ D., *Elementi di fisica in generale*, Milano (Società Tipogr. de' Classici Italiani), t. I e II, 1833.
- SCINÀ D., *Elementi di fisica particolare*, Milano (Società Tipogr. de' Classici Italiani), t. I e II, 1833.
- SEGRÉ E., *Enrico Fermi, fisico*, Bologna (Zanichelli), 1987<sup>2</sup>.
- SULLY M., *Description abrégée d'une horloge d'une nouvelle invention...*, Paris (Briasson), 1726.
- VEROI G., *Elementi di elettrotecnica*, Torino (U.T.E.T) v. I, 1905 e v. II, 1909.
- VIOLLE J., *Cours de physique*, Paris (Masson), t. I, I partie, 1883, II partie, 1884; t. II, I partie, 1888.
- VOLTA A., *Epistolario*, Bologna (Zanichelli) e Milano (Rusconi), 1949-1974.
- VOLTA A., PENSO R., *Macchine ed apparecchi elettrici*, Milano (Hoepli), 1889.
- VON ENGEL A., *Ionized gases*, Oxford (Claredon Press), 1955.
- WIEDEMANN-EBERTS, *Physikalisches Praktikum*, Braunschweig (Vieweg & Sohn), 1924.
- WITZ A., *Cours de manipulations de physique, preparatorie a la licence*, Paris (Gauthier-Villars), 1883.

## INDICE DEI NOMI

- Albany (Carlo Edoardo Stuart, conte d'), 59.  
 Almeida, Joseph-Charles D', 177, 195.  
 Alocco, Giulia, 110, 111.  
 Amaduzzi, Lavoro, 182, 187, 195.  
 Amici, Giovanni Battista, 65, 179.  
 Antinori, Vincenzo, 179.  
 Antonelli, Giovanni, 79, 80.  
 Arago, François, 81, 130, 178, 179.  
 Atwood, George, 83, 86, 100, 123, 124, 125, 127, 195.
- Babinet, Jacques, 130.  
 Barbani, Emilio, 177.  
 Bassani, Franco, 100.  
 Battelli, Angelo, 58, 83, 88, 110, 111, 115, 119, 120, 130, 131, 132, 136, 139, 141, 143, 146, 151, 152, 154, 157, 158, 162, 163, 164, 169, 171, 173, 180, 195.  
 Battelli, Federico, 173.  
 Beaumé, Antoine, 109, 110.  
 Becquerel, Edmond, 81.  
 Bellani, Angelo, 65.  
 Bellati, Manfredo, 119, 196.  
 Bernoulli, Daniel, 153.  
 Bertoloni, Antonio, 89.  
 Bianchi, Nicomede, 83, 89, 90.  
 Bilibert, Giovanni, 58.  
 Biot, Jean-Baptiste, 75, 119, 125, 130, 136, 140, 141, 157, 195.  
 Bourbouze, 162.  
 Boutan, Augustin, 177, 195.  
 Bracci, Luciano, 100.  
 Branly, Édouard, 162.  
 Braun, Karl Ferdinand, 182, 186, 187.  
 Breguet, Abraham-Louis, 65, 70, 156, 157.  
 Breguet, Louis, 75, 81, 177.  
 Brenni, Paolo, 143, 169, 171, 195.  
 Brewster, David, 81.  
 Brisson, Mathurin Jacques, 62, 195.  
 Bruhat, Georges, 162, 163, 195.  
 Brunner, Jean, 75.  
 Bruschi Mugnai, Maria, 58.  
 Buccola, Gabriele, 108, 195.  
 Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard, 81.  
 Bunten, 119.  
 Burja, 105.
- Cagniard de la Tour, Charles, 65, 70, 145, 146.  
 Cajori, Florian, 122, 195.  
 Canali, Amerigo, 68, 69.  
 Cardani, Pietro, 110, 111, 115, 119, 120, 130, 131, 132, 136, 139, 141, 143, 146, 149, 151, 152, 154, 157, 158, 162, 163, 164, 169, 171, 173, 195.  
 Carpentier, Jules Adrien, 165.
- Carranza, Niccola, 88, 195.  
 Celandroni, Roberto, 100.  
 Cerati (monsignor), Gaspare, 61, 88.  
 Chwolson, Orest D., 110, 111, 130, 136, 146, 151, 154, 162, 163, 195.  
 Cioni, Gaetano, 62, 89.  
 Clarke, Edward Montague, 70.  
 Cocchi, Olinto, 79.  
 Corsini (principe), Corsino, 59.  
 Corsini, Neri, 67, 71.  
 Cortini, Giulio, 162, 163, 195.  
 Cowper (George Nassau Clavering, principe), 59, 88.  
 Crookes, William, 182.  
 Cuvier, Georges, 63.
- Daguin, Pierre-Adolphe, 108, 119, 125, 127, 130, 132, 139, 141, 143, 146, 149, 151, 152, 154, 160, 177, 195.  
 Dallmeyer, John Henry, 193.  
 Daniell, John Frederic, 65.  
 D'Arsonval, Jacques Arsène, 164, 166.  
 Daumas, Maurice, 119.  
 De La Rive, Arthur-Auguste, 68, 108, 169, 195.  
 De la Rue, Warren, 182.  
 Delaunay, Charles-Eugène, 125.  
 Deleuil, Louis-Joseph, 85, 122, 125.  
 Denza, Francesco, 119, 120, 158, 195.  
 Deprez, Marcel, 164, 166.  
 Dini, Olinto, 63, 64, 89, 93, 124.  
 Dollond, John, 94.  
 Doni, Emilio, 100.  
 Dove, Heinrich Wilhelm, 145, 146.  
 Drigo, Angelo, 110, 111.  
 Duboscq, Jules, 75, 76, 81, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139.  
 Du Bois, Henry E.J.C., 166.  
 Dulong, Pierre Louis, 111.  
 Du Moncel, Theodore-Achille-Louis, 173.  
 Dumont, Georges, 164, 166, 173, 177, 182, 195.
- Ebert, Hermann, 169, 196.  
 Eco, Umberto, 93.  
 Engel, A. von, 182, 196.
- Fabri, Elio, 191.  
 Fabroni (monsignor), Angelo, 61, 88.  
 Faraday, Michael, 68, 151, 179.  
 Fedeli, Carlo, 58.  
 Felici, Riccardo, 74, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 93, 94.  
 Ferdinando di Lorena (arciduca), 59.  
 Ferdinando III (imperatore), 122.

- Fermi, Enrico, 94.  
 Ferraris, Lorenzo, 169, 195.  
 Ferrucci, Michele, 88.  
 Firmian (conte di), Carlo, 59, 88.  
 Fischer, Ernst Gottfried, 125, 195.  
 Fizeau, Hippolyte Louis, 177.  
 Fontana, Felice, 59, 62.  
 Fontana, Gregorio, 124, 125, 195.  
 Fortin, Nicolas, 117, 119.  
 Foucault, Jean-Bernard-Léon, 76, 81, 86, 178, 179.  
 Fourier, Joseph, 157.  
 Francesconi, Mario, 100.  
 Fraunhofer, Joseph von, 192.  
 Froment, Paul-Gustave, 75, 160, 161.
- Galilei, Galileo, 96.  
 Galli, Florindo, 69, 93.  
 Gambioli, Dionisio, 122, 195.  
 Ganot, Adolphe, 122, 125, 139, 151, 152, 154, 157, 179, 195.  
 Gatteschi, Giuseppe Gattesco, 63, 64, 88, 89, 124.  
 Geissler, Johann Heinrich Wilhelm, 100, 176, 182, 183.  
 George I, (d'Inghilterra), 148.  
 Gerbi, Ranieri, 64, 67, 89, 124, 136, 141, 157, 195.  
 Gherardesca (conte della), 59.  
 Giatti, Anna, 99.  
 Gillispie, Charles Coulston, 195.  
 Giorgini, Gaetano, 65, 69, 70, 73.  
 Golaz, L., 77, 157.  
 Goldstein, Eugen, 184.  
 Gordon, James Edward Henry, 162, 163, 177, 182, 195.  
 Graetz, Leo, 182, 195.  
 Gramme, Zenobe, 180.  
 s'Gravesande, Wilhelm Jacob, 62.  
 Gravina, Francesco, 99.  
 Gregory, James, 191, 192.  
 Grenet, 173.  
 Guadagni, Carlo Alfonso, 59, 61, 62, 69, 88, 191.  
 Guadagni, Filippo, 61.  
 Guericke, Otto von, 122.  
 Gundelach, E., 186.
- Hachette, Jean Nicolas Pierre, 179.  
 Hachette, Louis-Christophe-François, 127.  
 Handel, George Frideric, 148.  
 Helmholtz, Hermann von, 145, 146.  
 Higgins, William, 151.  
 Hipp, Matthaeus, 100, 107, 108, 125.  
 Hittorf, Johann Wilhelm, 182.  
 Holden, Frank, 193.  
 Hospitalier, Édouard, 162, 163, 164, 173, 177, 195.  
 Humboldt, Alexander von, 68, 89.
- Jamin, Jules-Célestin, 139, 151, 152, 154, 157, 160, 162, 163, 179, 196.  
 Jeans, James, 154, 196.
- Kaiser & Schmidt, 167.  
 Koenig, Rudolph, 150, 151, 153, 155.
- Lavoisier, Antoine-Laurent, 119.  
 Legitimo, Jolanda, 99, 100.  
 Lenz, Emil, 180.  
 Leopoldo II, 65.  
 Leysen, 76.
- Maelzel, Johann Nepomuk, 105.  
 Magellan (Magalhães), João Jacinto, 124.  
 Magnus, Heinrich Gustav, 86.  
 Magri, Luigi, 66.  
 Majocchi, Gianalessandro, 105, 122, 136, 157, 169, 196.  
 Malus, Étienne-Louis, 140, 141.  
 Manetti, Francesco, 58.  
 Manetti, Leopoldo, 58.  
 Mann, Horace, 59.  
 Manzetti, A., 177.  
 Marchi, Roberto, 100.  
 Marconi, Guglielmo, 187.  
 Mariotti, Antonio, 100.  
 Mariotti, Francesco, 58, 88.  
 Mariotti, Leopoldo, 68, 69.  
 Marloye, 106, 144, 148, 149, 152.  
 Masson, Antoine-Philibert, 177.  
 Matteucci, Carlo, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 86, 89, 93, 100, 124, 125, 136, 141, 171, 175, 179, 191, 196.  
 Mazzuoli, Federigo, 88.  
 Melegari, Luigi, 62, 64, 124.  
 Melloni, Macedonio, 65.  
 Mercadier, Ernest, 148, 149.  
 Montanari, Mario, 100.  
 Morin, Arthur, 86, 100, 126, 127, 196.  
 Mossotti, Ottaviano Fabrizio, 67, 71.  
 Moutier, J., 160.  
 Müller, Franz, 182, 183.  
 Murani, Oreste, 169, 177, 187, 196.
- Naccari, Andrea, 119, 173, 196.  
 Napoleone (Bonaparte), 62, 63.  
 Natterer, Johann Augustus, 76.  
 Nemetz, Jos., 115, 116.  
 Nervander, 170.  
 Newton, Isaac, 131, 136.  
 Nobili, Leopoldo, 65, 68, 166, 169, 179.  
 Noé, Ch., 112.
- Oberhäuser, Georges, 94.  
 Occhialini, Raffaello Augusto, 58, 61, 62, 63, 88.  
 Oersted, Hans Christian, 65.

- Pacinotti, Luigi, 64, 65, 67, 68, 69, 89, 93,  
 100, 124, 125, 171, 180, 191.  
 Pacinotti, Antonio, 64, 89, 100, 180.  
 Pasqui, Olinta, 58.  
 Péllin, Philippe, 130, 131, 132, 133, 134, 137,  
 196.  
 Peltier, Jean-Charles-Athanase, 70.  
 Penco, Umberto, 191.  
 Perucca, Eligio, 105, 166, 196.  
 Petit, Talexis Thérèse, 111.  
 Pianciani, Gianbattista, 157, 196.  
 Piazzini, Giuseppe, 63.  
 Picasso, Luigi, 100.  
 Pierucci, Luigi, 86, 158, 173.  
 Pierucci, Mariano, 69, 73, 74, 80, 81, 82, 83,  
 85, 86, 121, 124, 127, 175.  
 Pistoiesi, Alfio, 100.  
 Plücker, Julius, 182.  
 Poggenдорff, Johann Christian, 68, 172, 173,  
 177.  
 Poisson, Siméon-Denis, 125.  
 Poli, Giuseppe Saverio, 124, 125, 196.  
 Polvani, Giovanni, 89.  
 Pouillet, Claude-Servais-Mathias, 76, 169,  
 196.  
 Prosperi, Ranieri, 63, 88.  
 Puccioni, Giulio, 76.  
  
 Ragozzino, Ezio, 122, 157, 169, 196.  
 Ramsden, Jesse, 124.  
 Raynaud, François-Édmond-Jules, 173.  
 Re, Giuseppe, 59.  
 Réaumur, René-Antoine Ferchault de, 109.  
 Regnault, Henri-Victor, 76, 130.  
 Ricasoli, Bettino, 79.  
 Richard, frères, 120, 158.  
 Ridolfi, Cosimo, 79, 80, 82.  
 Righi, Augusto, 182.  
 Roiti, Antonio, 169, 177, 179, 182, 196.  
 Röntgen, Wilhelm Conrad, 176.  
 Ross, Andrew, 193.  
 Rossi, Carlo, 182, 195.  
 Rossi, Curzio, 58.  
 Rubens, Henry Leopold, 166.  
 Ruhmkorff, Heinrich Daniel, 75, 77, 81, 100,  
 174, 176, 177, 179, 182, 184.  
  
 Salimbeni, Ventura, 58.  
 Salleron, J., 110, 122, 125, 179, 196.  
 Salviati (duca), 59.  
 Sauernald, 146.  
 Sauver, Joseph, 105.  
 Savart, Felix, 65, 70, 143, 144.  
  
 Savart, Nicolas, 143.  
 Savi, Gaetano, 63, 64, 124.  
 Savi, Paolo, 64, 69.  
 Sbrighi, G., 179.  
 Schaffgotsk, 150, 151, 154.  
 Schettino, Edvige, 122, 157, 169, 196.  
 Schweigger, Johann-Salomon-Christoph, 169.  
 Scinà, Domenico, 125, 196.  
 Sciuti, Sebastiano, 162, 163, 195.  
 Segrè, Emilio, 94, 196.  
 Shore, John, 148.  
 Short, James, 191.  
 Silbermann, Johann Theobald, 100, 128, 130,  
 138, 139.  
 Sisson, Jonathan, 159.  
 Sisson, Jeremiah, 159.  
 Soleil, Jean-Baptiste François, 76, 130, 131,  
 133, 136, 139.  
 Sproni, Beniamino, 64.  
 Stackel, 105.  
 Staudinger, C., 113, 114.  
 Sully, Henry, 125, 196.  
  
 Thomson, Joseph John, 187.  
 Thomson, William (lord Kelvin), 162, 163,  
 166.  
 Thurn, (conte di), 59.  
 Tomasi Stussi, Grazia, 89.  
  
 Utzschneider, Joseph von, 192.  
  
 Vaccà Berlinghieri, Leopoldo, 62, 88, 191.  
 Veroi, Gomberto, 169, 177, 179, 196.  
 Violle, Jules, 110, 111, 119, 120, 125, 127,  
 130, 131, 139, 143, 146, 149, 151, 152,  
 154, 196.  
 Vittorio Emanuele II, 79, 82.  
 Volta, Alessandro, 59, 61, 63, 88, 96, 124,  
 125, 171, 196.  
  
 Weber, Gottfried, 105.  
 Weber, Wilhelm, 76.  
 Wehnelt, Arthur Rudolph Berthold, 100, 186,  
 187.  
 Weisske, 105.  
 Wheatstone, Charles, 108, 125.  
 Wiedemann, Eilhard, 169, 196.  
 Wimshurst, James, 100, 182.  
 Winkel, Dietrick Nicolas, 105.  
 Winkelmann, A., 151.  
 Witz, Aimé, 119, 130, 196.  
 Wright, Thomas, 192.