



PICCOLI,
GRANDI MUSEI



ENTE
CASSA DI RISPARMIO
DI FIRENZE



Regione Toscana
Dinamici Valori Innovazione Sostenibilità

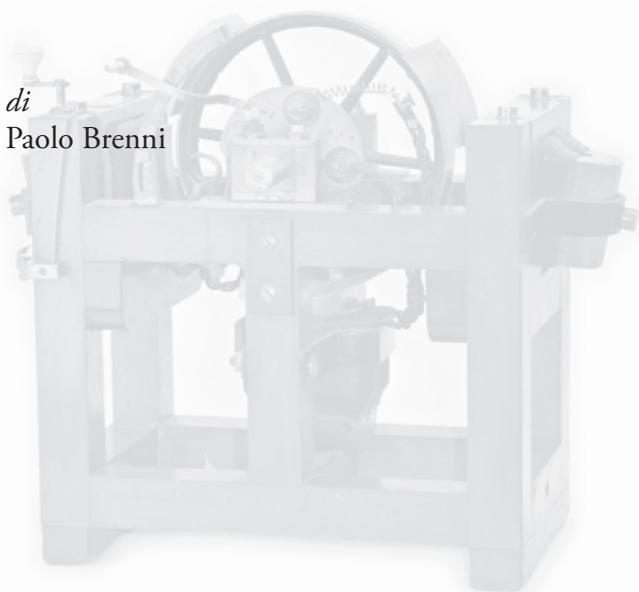
collana diretta da
Antonio Paolucci

19

Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano

Guida alla visita

di
Paolo Brenni



P EDIZIONI
POLISTAMPA

Musei scientifici fiorentini

Enti promotori

Ente Cassa di Risparmio di Firenze
Regione Toscana
Fondazione Scienza e Tecnica

Con il patrocinio di

Ministero per i Beni e le Attività Culturali
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Ufficio Scolastico
Regionale per la Toscana - Direzione Generale
Università degli Studi di Firenze
Associazione Nazionale Musei Scientifici

In collaborazione con

Direzione Regionale Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana
Soprintendenza Speciale per il Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico
e per il Polo Museale della città di Firenze
Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Storici, Artistici
ed Etnoantropologici per le province di Firenze, Pistoia e Prato

Realizzazione

Ente Cassa di Risparmio di Firenze
Supervisione generale
Antonio Gherdovich
Progetto e coordinamento generale
Marcella Antonini e Barbara Tosti

Comitato scientifico

Presidente: Antonio Paolucci
Cristina Acidini
Paolo Galluzzi
Guido Gori
Giovanni Pratesi
Claudio Rosati
Carlo Sisi

In copertina:
Motore magnetoelettrico di Taylor,
costruito da Watkins & Hill a Londra verso il 1850

© 2009 EDIZIONI POLISTAMPA
Via Livorno, 8/32 - 50142 Firenze
Tel. 055 737871 (15 linee)
info@polistampa.com - www.polistampa.com

ISBN 978-88-596-0677-2

Presentazioni

*Michele
Gremigni*

PRESIDENTE
ENTE CASSA
DI RISPARMIO
DI FIRENZE

Quando alcuni anni fa l'Ente Cassa di Risparmio di Firenze, sollecitata anche da autorevoli esponenti del mondo della cultura, sostenne la necessità di valorizzare, attraverso un coordinamento di rete, i musei scientifici di Firenze, altro non faceva che esprimere una semplice constatazione: il patrimonio storico di ambito scientifico e tecnologico tramandatoci dal passato è altrettanto significativo e importante quanto quello che attiene alle testimonianze artistiche e letterarie.

Se oggi una città come Firenze riesce a concentrare in un ambito territoriale relativamente contenuto centri di eccellenza nell'ambito sia artistico che scientifico, ciò è dovuto essenzialmente a come nei secoli si è venuta dispiegando una civiltà umanistica che riservava uguale attenzione a settori disciplinari differenziati, nei quali spesso il capoluogo toscano ha svolto un ruolo pionieristico, salvo poi lasciare ad altri lo sviluppo successivo di idee e progetti.

La nuova iniziativa Firenze Scienza. Le collezioni, i luoghi e personaggi dell'Ottocento è stata voluta e promossa dall'Ente Cassa, nell'ambito del Progetto Piccoli Grandi Musei, proprio per dare continuità al suo iniziale intendimento e creare, attorno ai musei scientifici dell'Università, del Museo di Storia della Scienza, della Fondazione Scienza e Tecnica, una migliore visibilità e consapevolezza per collezioni straordinariamente ricche e fondamentali per la nostra comune conoscenza.

In questo contesto si inseriscono le due guide dedicate rispettivamente al Museo di Storia Naturale dell'Università degli

Studi di Firenze e al Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano, due realtà prestigiose che appartengono all'area culturale di cui parliamo e che presentano ancora ampi margini per essere visitate ed apprezzate dal grande pubblico.

Non è un caso poi che tali pubblicazioni siano andate ad implementare, con i numeri 19 e 20, la stessa collana, diretta da Antonio Paolucci e curata dall'Ente Cassa, per la quale sono state via via realizzate nel tempo le guide dei vari luoghi museali diffusi sul territorio della provincia di Firenze, che hanno ospitato le precedenti edizioni espositive dei Piccoli Grandi Musei.

Il principio dell'unità culturale tra arte e scienza, tramandoci dalla tradizione, si riflette dunque anche negli strumenti editoriali che la nostra Fondazione ha messo a disposizione di quanti vogliono avvicinarsi per la prima volta a singoli aspetti messi in luce dal progetto o rispolverare nozioni acquisite. Comunque sia, si tratta di un'occasione in più per scoprire itinerari alternativi in una città come Firenze che non finisce mai di stupire.

*Claudio
Martini*

PRESIDENTE
DELLA REGIONE
TOSCANA

Da Leonardo a Galileo, da Meucci fino ai 7.800 ricercatori che oggi lavorano al Sant'Anna di Pisa, al CERM di Sesto Fiorentino o negli altri istituti presenti, la Toscana è da sempre terra di grandi scienziati.

Oggi la nostra regione è sede di un consolidato sistema della ricerca scientifica specializzata, all'avanguardia sia in Italia che in Europa, con oltre 100 laboratori, 15 centri di ricerca, 7 dipartimenti universitari, 2 centri di eccellenza in tecnologie informatiche e della comunicazione.

Quel che è certo è che la grande attenzione per la ricerca scientifica di oggi, affonda le sue radici nel lascito di intere generazioni di toscani, che, con la loro passione e dedizione per le diverse sfaccettature della cultura scientifica, hanno negli anni dato vita alla formazione di collezioni museali dal valore inestimabile.

L'intento dell'edizione di quest'anno dei Piccoli Grandi Musei è proprio quello di valorizzare queste collezioni, coinvolgendo la città di Firenze e i suoi musei scientifici che, anche se non si possono definire "minori", sono sicuramente meno conosciuti dalla maggioranza dei turisti, ma soprattutto dei cittadini toscani.

Le guide al Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze e al Gabinetto di Fisica della Fondazione Scienza e Tecnica, si inseriscono in questo contesto volto, nello spirito che da anni caratterizza l'iniziativa Piccoli Grandi Musei, a far meglio conoscere e apprezzare questi luoghi, splendida testimonianza dello strettissi-

mo connubio tra scienza e arte che la bellezza e la preziosità delle relative collezioni rappresenta.

Iniziative come questa della Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze sono fondamentali perché possono far conoscere al grande pubblico la Toscana della scienza di ieri, di oggi e, ne siamo convinti, anche di domani.

Cristina Acidini

SOPRINTENDENTE
PER IL PATRIMONIO
STORICO ARTISTICO ED
ETNOANTROPOLOGICO
E PER IL POLO
MUSEALE DELLA
CITTÀ DI FIRENZE

Per chi si occupa di musei, uno dei più importanti fronti d'impegno – e una delle più frequenti occasioni d'insuccesso – è trasmettere il senso della storia del museo: che sia antica o recente, che sia lineare o complessa, ogni storia inizia con una formazione ed è spesso caratterizzata, nel suo sviluppo cronologico, da trasformazioni. Il museo non “è”, sic et simpliciter, ma nasce, esiste, diviene e, in casi sporadici e dolorosi, finisce. Cultura, volontà, risorse di molti confluiscono in questi processi e li rendono possibili: ma dell'immenso lavoro erogato, del sapere sotteso, della dedizione profusa ben poco trapela sino a raggiungere il visitatore.

Anche per questo sono particolarmente preziose queste guide al Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze e al Gabinetto di Fisica della Fondazione Scienza e Tecnica, nell'ambito dell'iniziativa “Piccoli Grandi Musei” che quest'anno l'Ente Cassa di Risparmio di Firenze meritoriamente dedica ai musei scientifici. I testi e il ricco corredo d'immagini ricompongono quel tessuto pulsante di ricerche scientifiche e di applicazioni tecnologiche che caratterizzò la storia ottocentesca di Firenze – nel solco peraltro degli interessi scientifici tenuti in gran conto dai Medici –, e che fu lo humus da cui trassero origine e spinta vitale i musei scientifici della città, non solo numerosi, ma quanto mai vari per l'ampiezza degli ambiti rappresentati.

Oggi che il nostro passato si allontana dalla nostra vita quotidiana con la velocità di una galassia in fuga, è reale

il rischio che intere collezioni perdano di significato per le generazioni a venire. Perché se un'opera d'arte antica, che pur non corrisponde più ai canoni estetici odierni, è comunque tutelata dal consenso critico che le si è costruito e strutturato attorno nel nome di una bellezza o di un valore storico che trascendono il tempo, un preparato o un manufatto creati in ambito scientifico rapidamente passano all'obsolescenza funzionale, e da quella all'oblio o peggio. Ma farli rivivere, e restituir loro la memoria dell'utilità ed eventualmente dell'innovazione che espressero, è un'azione altissima che dalla conoscenza conduce direttamente alla tutela; e di questo sono particolarmente lieta.

Guido Gori

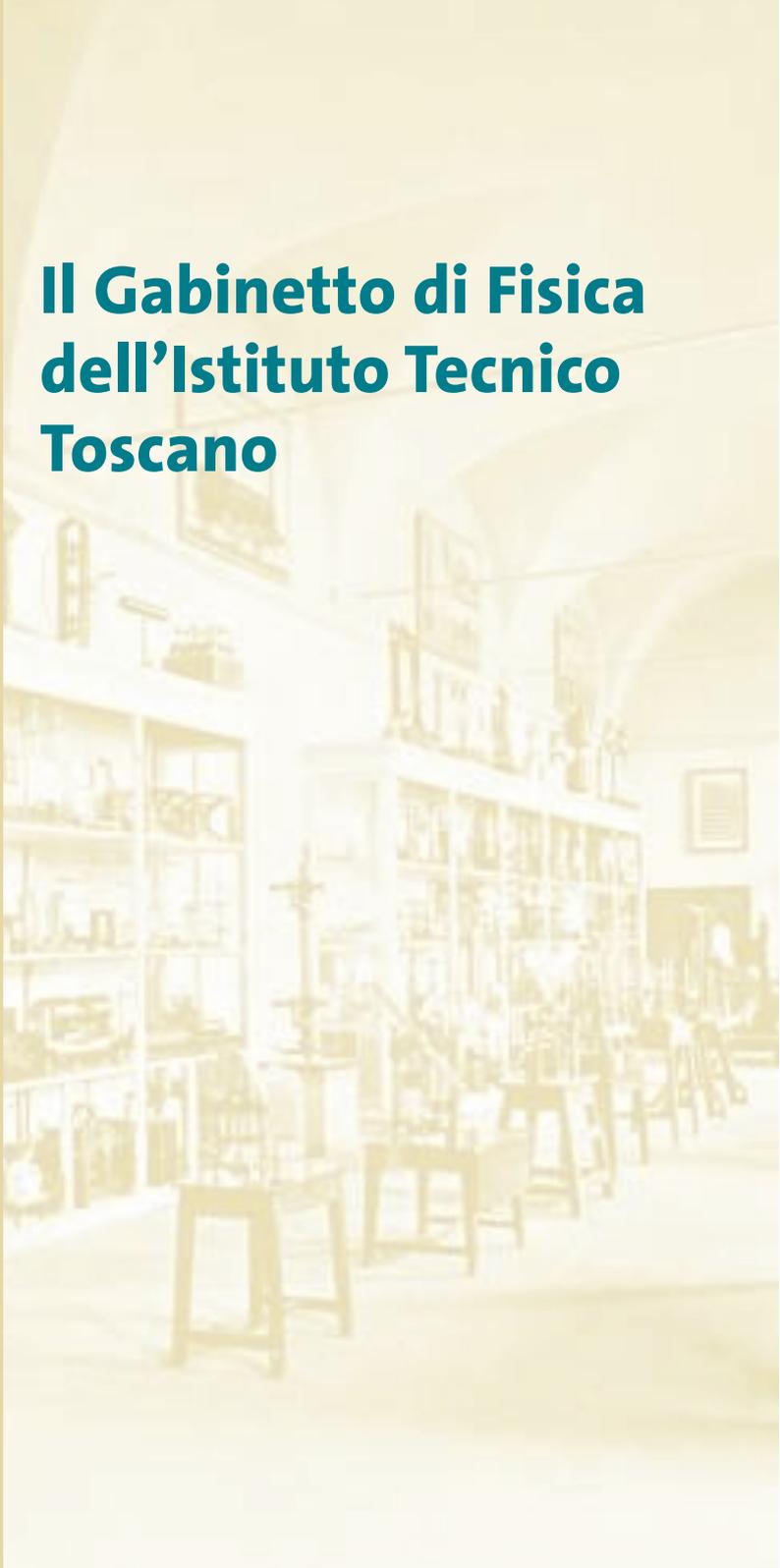
DIRETTORE
DELLA
FONDAZIONE
SCIENZA
E TECNICA

L'occasione dell'iniziativa Firenze Scienza. Le collezioni, i luoghi e i personaggi dell'Ottocento (8 novembre 2009 - 9 maggio 2010) fortemente voluta e sostenuta dall'Ente Cassa di Risparmio di Firenze è stata subito colta dalla Fondazione come la migliore delle opportunità per presentare al grande pubblico un patrimonio unico e di rilevanza storico scientifica di inestimabile valore, con le visite guidate e soprattutto con la "guida" redatta proprio per questa occasione.

In effetti con la pubblicazione del volume: Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano si conclude un periodo lungo ed insieme denso di speranze, impegni ed anche di aspettative che da più parti venivano rivolte alla Fondazione perché, insieme al riconoscimento per il lavoro svolto si presentasse, ora in maniera compiuta, una sorta di guida non solo per la descrizione degli apparati esposti, ma anche una storia che prendendo quasi per mano il visitatore lo accompagnasse lungo il lavoro di questi anni. Bisogna, volentieri, riconoscere a Paolo Brenni, curatore delle collezioni scientifiche della Fondazione, una dedizione e professionalità che nel corso di questi lunghi anni ha mantenuto intatta e con immutato impegno. Professionalità sostenuta da una costante ricerca scientifica che non solo non ha risparmiato visite e consulenze presso i musei scientifici ormai sparsi per tutti i continenti, ma e soprattutto caratterizzata dalla capacità di "contaminare" anche in maniera del tutto originaria i diversi saperi. Tutto questo gli ha consentito di realizzare un allestimento uni-

co nel suo genere che ha permesso una ricostruzione quasi filologica e sicuramente di grande impatto emotivo. Allora il visitatore potrà vedere l'esposizione del Gabinetto di Fisica non solo ripensando alle fasi delle conoscenze scientifiche e delle sue applicazioni soprattutto nella didattica sperimentale, ma insieme potrà conoscere i costruttori di strumenti scientifici e lo loro storia. Una storia che vede intrecciarsi l'invenzione, la ricerca, la costruzione, ma forse soprattutto la passione, la stessa passione che Paolo Brenni, con la preziosa collaborazione di Anna Giatti conservatrice delle collezioni, ha dedicato in questi lunghi anni al restauro, alla catalogazione ed infine alla realizzazione di questa eccezionale "guida" che ci fa immaginare un tempo irripetibile.

Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano

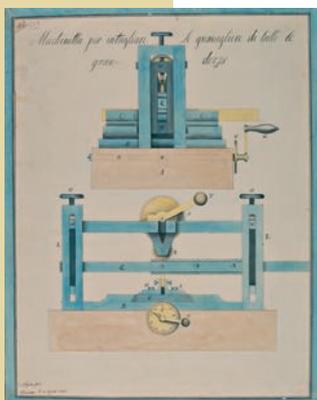




L'Istituto Tecnico Toscano

*L'edificio
dell'Istituto
Tecnico
in via Giusti in
una fotografia
degli anni '30
del xx secolo*

Fig. 1
*Disegno
presentato
nel 1840
dal costruttore
G. Gori
all'Accademia
di Belle Arti*



Le vicende che portarono alla fondazione di quello che fu l'Istituto Tecnico Toscano sono piuttosto intricate e in questa sede è possibile solamente darne un breve riassunto. L'istituzione a Firenze di un Conservatorio di Arti e Mestieri, con evidente richiamo al parigino *Conservatoire des Arts et Métiers* fondato a Parigi nel 1794, risale al 1809. In esso avrebbero dovuto essere raccolte macchine e strumenti utili alle diverse fabbriche e manifatture. Il Conservatorio venne associato all'Accademia di Belle Arti e fu alloggiato nei locali dell'ex convento di Santa Caterina. Fra i più ardenti promotori del Conservatorio troviamo il chimico Antonio Targioni Tozzetti. Furono organizzate adunanze generali nelle quali vennero premiate le invenzioni più originali e le innovazioni più interessanti in campo manifatturiero e incoraggiate le applicazioni della fisica e della chimica che potevano rivelarsi utili alle arti (Fig. 1). Per mancanza di mezzi e di volontà politica il Conservatorio non ebbe però lo sviluppo sperato e il suo contributo al rinnovamento della Toscana fu molto marginale. Nel 1813 l'Accademia di Belle Arti venne riorganizzata in tre "classi": la prima per le Arti del Disegno, la seconda per la Musica e la Declamazione e la terza per le Arti e i Mestieri. Le funzioni del Conservatorio, delle sue scuole (Meccanica e Chimica), dei Professori Consultori e dei Soci del Conservatorio si trovarono così ordinate sotto la

nuova denominazione di Terza Classe dell'Accademia di Arti e Mestieri. Ad essa, che continuava a tenere le adunanze, venne anche affidato l'incarico di organizzare con periodicità triennale le Pubbliche Esposizioni dei Prodotti di Arti e Manifatture. Nel 1839 e nel 1841 le Esposizioni si tennero in concomitanza con le prime Riunioni degli scienziati italiani ma le successive, organizzate nel 1844 e nel 1847, mostrarono una certa stanchezza e videro diminuire il numero di espositori.

Un nuova era si aprì dopo i moti del 1848 quando il granduca Leopoldo II, con due decreti del 1850, stabilì che le Scuole Tecniche delle Arti e Manifatture fossero completamente distaccate dall'Accademia stessa e fossero poste sotto la direzione di Filippo Corridi (Fig. 2) che per primo utilizzò la denominazione di Istituto Tecnico. Il Corridi, matematico presso l'Università di Pisa e precettore del figlio del granduca dal 1843, era interessato ai problemi dell'istruzione tecnica e con l'appoggio del governo aveva fondato una società per realizzare una scuola tecnica per artigiani nell'ex-convento di Candeli. La società si sciolse nel 1850 e le sue attività furono integrate nel nascente Istituto Tecnico Toscano.

Il Corridi era il personaggio ideale per organizzare il nuovo Istituto. Ben conoscendo il *Conservatoire des Arts et Métiers* di Parigi e la scuola *La Martinière* di Lione, li aveva presi a modello per il nuovo Istituto. Nel 1850, coinvolgendo l'Accademia dei Georgofili e alcuni personaggi di spicco della cultura fiorentina, promosse con successo l'organizzazione dell'Esposizione dei prodotti naturali e industriali della Toscana. L'evento fece nascere l'idea di un Museo Tecnologico con un'esposizione permanente delle produzioni toscan-

Fig. 2
Filippo Corridi
(1806-1877)





Fig. 3
Diploma e
medaglie
conseguita
dall'Istituto
all'Esposizione
Universale di
Londra del 1851

ne e rappresentò una specie di prova generale per la partecipazione del granducato alla grande Esposizione Universale di Londra del 1851 (Fig. 3). A Londra il Corridi fu commissario per la Toscana, ruolo che rivestì anche all'Esposizione Universale di Parigi del 1855. Intanto in quegli anni si organizzava l'Istituto Tecnico, che, con il suo Museo Tecnologico, ebbe come prima sede l'edificio delle ex Cavalieresse di Malta in Via San Gallo. Le finalità dell'Istituto, che fu ufficialmente aperto all'insegnamento nel 1857, erano chiaramente espresse nel primo articolo del Regolamento Organico:

del Regolamento Organico:

Art. 1 L'Istituto Tecnico Toscano è fondato a promuovere lo studio delle scienze di applicazione e il progresso delle utili industrie, delle arti e delle grandi lavorazioni.

Dall'articolo 2 si desume invece la composizione dell'Istituto:

Art. 2 L'Istituto Tecnico comprende:

*Le Scuole Tecniche,
L'Accademia di Arti e Manifatture,
Il Museo Tecnologico,
L'Officina di Meccanica
La Biblioteca.*

Nell'articolo 3 dello stesso documento sono menzionate le varie cattedre:

*Art. 3 Le Scuole Tecniche offrono invece le seguenti sei cattedre e cioè,
Geometria descrittiva e Disegno tecnologico,*

*Fisica tecnologica e Tecnologia speciale delle Arti Fisiche,
Meccanica sperimentale e Tecnologia speciale delle Arti
Meccaniche,
Storia Naturale applicata alle Arti,
Chimica applicata alle Arti,
Metallurgia.*

Già dalle denominazioni di tali cattedre era evidente l'accento portato sulle applicazioni e sull'aspetto pratico che doveva essere dato all'insegnamento. L'Istituto infatti non voleva fornire un'educazione accademica ma soprattutto una solida formazione tecnico-scientifica utile per lo sviluppo e la modernizzazione dell'industria e dell'agricoltura del granducato. L'affluenza ai corsi fu subito incoraggiante ma i rivolgimenti politici del 1859 con l'abdicazione di Leopoldo II e l'istituzione del governo provvisorio portarono ad un temporaneo ridimensionamento del progetto. Il Corridi, nonostante i suoi indubbi meriti, era un simbolo della restaurazione lorenese e fu costretto a lasciare la sua carica mentre alcune cattedre passarono ad altre istituzioni tra cui il nuovo Istituto di Studi Superiori. Solo a partire dagli anni '60 dell'Ottocento, grazie ad un notevole impegno della Provincia e del Comune di Firenze, l'Istituto riacquistava importanza e tendeva a divenire un moderno politecnico. Ad esso vennero aggregate varie scuole tra cui quelle elementari di disegno o quella dei geometri-agrimensori. Nel 1888 dalla Provincia passò sotto la responsabilità del Ministero della Pubblica Istruzione e venne ufficialmente intitolato

Fig. 4
*Il portone di
ingresso
all'edificio
dell'Istituto
Tecnico in via
Giusti in una
fotografia degli
anni '30 del
xx secolo*



Fig. 5
*Il Gabinetto
di Chimica
dell'Istituto
alla fine del
XIX secolo*



Fig. 6
*Il Gabinetto
di Zoologia
dell'Istituto alla
fine del
XIX secolo*



a Galileo Galilei. Fra gli ultimi decenni del secolo e i primi del Novecento, numerosi furono i professori illustri che contribuirono al successo dell'Istituto. Per l'aumento degli allievi, fu necessaria la costruzione di una nuova sede che, inaugurata nel 1891 in Via del Mandorlo (oggi Via Giusti), è tuttora occupata dall'Istituto (Fig. 4). Nel nuovo edificio i gabinetti scientifici erano numerosi e ben organizzati (Figg. 5, 6).

Nel 1923, in seguito alla riforma voluta da Giovanni Gentile, parte del patrimonio, con la vecchia sezione Fisco-meccanica, andò a costituire il nuovo Liceo Scientifico di Firenze. All'Istituto furono annessi i corsi inferiori e di fatto venne ad assumere i caratteri di un istituto tecnico commerciale e per geometri, denominazione che assumerà ufficialmente nel 1933. Soprattutto nel secondo dopoguerra, le sue ricchissime collezioni scientifiche e naturalistiche persero via via quell'importanza nell'ambito della didattica scientifica che avevano avuto nei decenni precedenti. Fortunatamente non furono disperse ma piuttosto dimenticate nei locali che occupavano sin dalla fine del XIX secolo (Fig. 7).

L'Istituto Tecnico, che nel 1974 venne intitolato a Gaetano Salvemini, ha svolto un ruolo di estrema importan-

za nella storia delle istituzioni culturali toscane e nella formazione di generazioni di professionisti che hanno contribuito allo sviluppo economico, sociale e industriale della città e della regione. Se le sue origini possono essere



fatte risalire agli ideali dell'Illuminismo Settecentesco, esso si concretizzò e si sviluppò in un periodo di fede nel progresso tecnologico ispirata dal pensiero positivista. Anche se per ragioni politiche e sociali il progetto originario di Leopoldo II e del Corridi poté realizzarsi solo parzialmente, l'Istituto Tecnico, rappresentò (e non solo per la Toscana) un tappa fondamentale nell'evoluzione delle scuole a carattere tecnico-scientifico.

Nel 1987, per interessamento del Comune, della Provincia di Firenze e della Regione Toscana e grazie al sostegno dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza venne costituita la Fondazione Scienza e Tecnica il cui fine è quello di preservare e valorizzare le collezioni storiche dell'Istituto Tecnico e, anche grazie ad esse, di promuovere la cultura scientifica e tecnologica. La Fondazione dopo aver curato il restauro e la catalogazione del patrimonio del Gabinetto di Fisica, si occupa oggi anche del riordino delle grandi raccolte naturalistiche e merceologiche. Organizza inoltre regolari attività didattiche per le scuole e per il pubblico, cura anche per conto terzi il restauro di strumenti di importanza storica, e collabora costantemente con altre istituzioni toscane, italiane ed europee in occasione di mostre, seminari e progetti dedicati al patrimonio scientifico e alla sua storia.

Fig. 7
*La Sala delle
Industrie
dell'Istituto
in una
fotografia
degli anni '30
del xx secolo*

Il Gabinetto di Fisica

La collezione del Gabinetto di Fisica dell'Istituto è probabilmente oggi la più importante in Italia per quanto riguarda gli strumenti della fisica ottocentesca e la sua ricchezza la pone fra le più belle collezioni europee dello stesso tipo. I moderni laboratori di fisica (e di chimica) nacquero e si svilupparono soprattutto a partire dalla metà del XIX secolo, spesso derivanti da gabinetti scientifici settecenteschi. La crescente e sempre più rapida industrializzazione, gli spettacolari progressi della scienza e delle sue applicazioni, l'enorme espansione del sistema educativo, il bisogno di nuove professionalità portarono alla creazione di un numero sempre più grande di scuole, di università e di politecnici nei quali era fondamentale la presenza di laboratori didattici e di ricerca. L'importanza di tali laboratori fu ben evidente ai fondatori dell'Istituto Tecnico fiorentino e il regolamento dell'Istituto del 1857 descriveva diffusamente gli argomenti che i professori di fisica e di meccanica dovevano trattare presupponendo chiaramente la presenza di gabinetti scientifici importanti:

Art. 8 Il Professore di fisica tecnologica e di Tecnologia speciale delle Arti Fisiche esporrà le applicazioni della Fisica alle arti e dimostrerà come esse diventino arti effettive e mestieri...

Darà ancora in ciascun anno scolastico un corso elementare di Fisica teorico-sperimentale. La Fisica Tecnologica e la Tecnologia Speciale delle Arti fisiche si compiranno

in due anni: e il Professore si tratterà più particolarmente sulla pneumatica, sul calore, sull'elettricità, sul magnetismo, sulla luce e sul suono. E nel corso di queste particolari trattazioni parlerà della costruzione degli strumenti per misurare la pressione dell'aria, dei vapori e dei gas; della fabbricazione degli apparecchi per i vari modi d'illuminazione e di riscaldamento; della costruzione degli strumenti per determinare la temperatura; delle arti galvanoplastica, elettrotipica, fotografica; della orologeria elettrica; della telegrafia e della costruzione dei telegrafi; della costruzione degli strumenti ottici, della costruzione di strumenti musicali, ecc.

Art. 9 Il professore di Meccanica sperimentale e Tecnologia speciale delle arti meccaniche esporrà nel corso dei due anni scolastici la Meccanica sperimentale dei solidi e dei fluidi e quant'altro spetta alle lavorazioni meccaniche...

Il programma era certamente ambizioso. L'insegnamento della fisica e della meccanica avrebbe dovuto comportare un'importante componente pratica e applicativa e richiedeva dunque una ricca dotazione di strumenti e di macchine. Diversi provennero dalle raccolte del Conservatorio di Arti e Mestieri (Fig. 1), ma numerose acquisizioni furono fatte in seguito alle visite del Corridi all'Esposizione Universale di Parigi nel 1855, dove ebbe l'occasione di vedere gli eccellenti strumenti proposti dai costruttori francesi ai quali poi passò delle consistenti ordinazioni. Altri strumenti furono donati da privati e da istituzioni italiane e straniere. Altri ancora vennero costruiti nell'officina meccanica di cui era dotato l'Istituto. Fin dai

Fig. 1
Verricello con vite senza fine proveniente dal Conservatorio di Arti e Mestieri





Fig. 2
Strumento didattico per lo studio degli urti elastici. Di costruzione francese, risale a circa il 1860

primi anni della sua esistenza il Gabinetto poteva avvalersi non solo di una dotazione importante di apparecchiature ma anche di alcune installazioni tecniche (sistema di distribuzione di elettricità e gas illuminante) che per l'epoca erano certamente all'avanguardia:

Nel Laboratorio di fisica vedesi una grande pila di novanta elementi Bunsen, situata su di un apposito terrazzo esterno al quale si accede dal laboratorio medesimo... Con un ingegnoso sistema la corrente sviluppata da questa pila è condotta nello spazioso ed elegante anfiteatro di fisica, dove si ha pure un comodo getto di gas opportuno per le esperienze che possono abbisognare.

Le collezioni del Gabinetto erano suddivise, come lo sono ancora oggi, secondo le varie branche della fisica classica (meccanica, pneumatica, acustica, termologia, ottica, magnetismo, elettricità, ecc.) e in esse si trovavano strumenti di diverse tipologie:

Strumenti didattici. Erano utilizzati essenzialmente per produrre e illustrare in modo chiaro fenomeni ben conosciuti o dimostrare le leggi della fisica. Spesso derivati da più complessi strumenti di ricerca non servivano ad accrescere le conoscenze scientifiche, ma permettevano di trasmetterle nell'ambito dell'insegnamento (Fig. 2).

Strumenti di ricerca e di misura. Erano gli strumenti più complessi e sofisticati, utilizzati nel caso di ricerche scientifiche di vario genere e per misure di precisione.

Grazie ad essi furono possibili sostanziali progressi della scienza (Fig. 3).

Strumenti professionali. Costruiti in base a conoscenze teoriche o empiriche venivano utilizzati correntemente nell'ambito di professioni diverse (ingegnere, topografo, elettrotecnico, ecc.) o di attività industriali per misure di routine, controlli, analisi, ecc. (Fig. 4).

Macchine e modelli. Nell'insegnamento ottocentesco l'illustrazione delle più importanti invenzioni basate su applicazioni tecniche di fenomeni o leggi fisiche accompagnava regolarmente l'insegnamento della fisica. Macchine quali il telegrafo o il fonografo o modelli in scala di locomotive o macchine a vapore erano comuni nei gabinetti del XIX secolo (Fig. 5).



Apparecchi della "physique amusante". Erano strumenti che, sfruttando fenomeni ben conosciuti permettevano di produrre effetti spettacolari, particolarmente curiosi e divertenti o apparentemente paradossali (Fig. 6).

Fra i direttori che si succedettero alla testa del

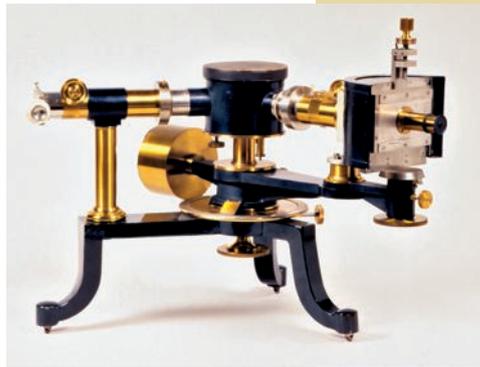


Fig. 3
Spettrografo di Schumann. Strumento di ricerca che permette misure di precisione sugli spettri luminosi nella regione ultravioletta

Fig. 4
Manovella dinamometrica registratrice. Questo strumento professionale era utilizzato in ambito industriale per misurare e registrare la coppia meccanica necessaria ad azionare una macchina

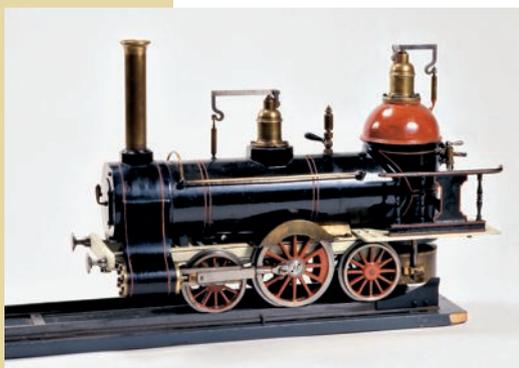


Fig. 5
Modello
di locomotiva
del terzo quarto
del XIX secolo.
Perfettamente
funzionante,
mostra gli organi
essenziali
di una vera
locomotiva

Fig. 6
Equilibrista.
Permetteva
di illustrare
in modo curioso
l'equilibrio
di un corpo
in funzione
della posizione
del suo
baricentro

dettero Tommaso del Beccaro e poi Emilio Villari, che aveva studiato con Gustav Magnus a Berlino e che diresse il gabinetto dal 1866 al 1871. Antonio Roiti, abilissimo sperimentatore e autore di un popolare trattato di fisica, fu responsabile del Gabinetto dal 1871 al 1878. Sotto la sua direzione le collezioni si accrebbero notevolmente. Suo successore fu Adolfo Bartoli, autore di molte ricerche nei campi dell'elettrologia e della calorimetria. A lui subentrò dal 1888 al 1921 Eugenio Bazzi. Durante la loro permanenza all'Istituto, oltre ad assicurare le normali lezioni nell'ambito dei programmi, si dedicarono a ricerche personali, spesso pubblicate sulle pagine della rivista *Il Nuovo Cimento*. Molti dei loro studi e dei loro lavori sperimentali sono testimoniati da alcuni prototipi e apparecchi originali che sono conservati nella collezione di fisica (Fig. 7). Nel 1891 l'Istituto Tecnico lasciò l'edificio di Via San Gal-

Gabinetto di Fisica vi furono alcuni dei più distinti fisici italiani dell'epoca. Il primo, Gilberto Govi, che fece numerose ricerche di termologia, ottica e elettrologia, era stato allievo degli illustri chimici Edmond Frémy e Michel Eugène Chevreul a Parigi. Gli succe-



lo e si trasferì in una sede più vasta (quella odierna) nella quale la collezione di fisica e quella di meccanica vennero riorganizzate nei locali adiacenti all'anfiteatro nel quale si tenevano le lezioni, dove si trovano ancora oggi (Fig. 8). Nel 1892 il Gabinetto ricevette dal Pio Istituto de' Bardi alcune decine di strumenti che, seppur in parte già obsoleti per l'epoca, vennero ad arricchire le collezioni. Fra essi si trova ad esempio un pregevolissimo barometro inglese realizzato da Daniel Quare all'inizio del XVIII secolo e l'unica macchina elettrostatica oggi esistente recante la firma del celeberrimo costruttore Jesse Ramsden (Fig. 9).

Nel 1900 l'Istituto partecipò all'Esposizione Universale di Parigi e per l'occasione fu pubblicato un volume riccamente illustrato nel quale l'edificio, i Gabinetti e le collezioni scientifiche vennero accuratamente descritti. Per

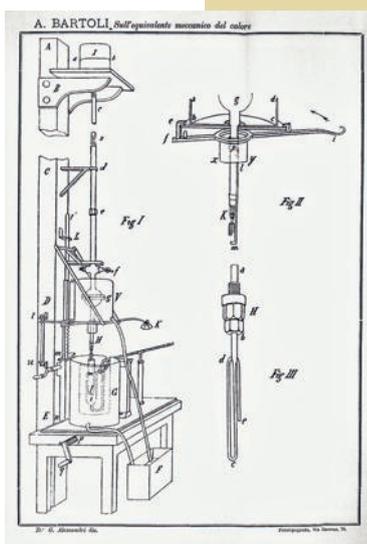


Fig. 7
Tavola tratta dal "Nuovo Cimento" (vol. 8, 1880) che illustra un apparecchio ideato da Adolfo Batoli



Fig. 8
Il salone del Gabinetto di Fisica in un'immagine di fine Ottocento

la fisica si contavano all'epoca ben 2150 strumenti ed apparecchi per un valore di oltre 176.000 lire (cifra per l'epoca veramente considerevole). Il Gabinetto di Fisica era composto da un corridoio con le collezioni di meccanica, dallo studio del direttore (nel quale erano conservati gli strumenti di precisione e quelli di grande valore) (Fig. 10), da un'officina meccanica, da un locale per le "manipolazioni chimiche", da un salone con gli apparecchi di elettricità, meccanica fisica, idrostatica, pneumatica, e da una sala con gli strumenti di ottica e di acustica. Al piano ammezzato, inoltre, vi era un gabinetto fotografico, un corridoio per gli strumenti di termologia e alcuni locali adibiti a falegnameria ed officina. Dal volume appa-

re chiaro come il trasferimento dell'Istituto nella nuova sede coincise anche con un notevole miglioramento degli impianti tecnici installati in appositi locali:



Fig. 9
Macchina
elettrostatica
della fine
del Settecento
firmata
da Jesse
Ramsden

Nel primo di questi [locali del sotterraneo] trovansi l'impianto elettrico con un motore a gas Adam da cinque cavalli, una dinamo a corrente continua e una a corrente alternata e una batteria di accumulatori formata da 72 Elementi Grandini...

Infine tre ramificate condutture portano l'acqua, il gas e l'energia elettrica dalle condutture stradali in ogni parte del Gabinetto...

Fra la fine del XIX secolo e la Prima Guerra Mondiale, la collezione si arricchì con nuovi strumenti. Molte delle acquisizioni indicavano chiaramente come i responsabili del Gabinetto fossero attenti alle novità scientifiche e agli strumenti ad esse relativi che di anno in anno veni-

vano ad aggiungersi all'armamentario della fisica. Entrarono così a far parte della raccolta i primi apparecchi sperimentali per esperienze sulle onde elettromagnetiche e sulla telegrafia senza fili, i tubi a raggi X, il tubo di Braun, lo spintariscopio di



Crookes per osservare la radioattività e le più moderne pompe pneumatiche. Dunque all'inizio del Novecento la collezione poteva rivaleggiare con quelle di grandi scuole tecniche europee (Fig. 11).

Le acquisizioni rallentarono notevolmente nel periodo fra le due guerre e furono spesso mirate a sostituire strumenti ormai obsoleti o fuori uso. Nella seconda metà del xx secolo, anche se la fisica insegnata all'Istituto era ancora essenzialmente quella classica, gran parte della collezione ottocentesca giaceva ormai inutilizzata. Molte esperienze didattiche, che erano state proposte per decenni, scomparivano sia dai libri di testo che dai programmi. Ma anche la strumentazione si rinnovava completamente: legno, vetro e ottone lasciano il posto alla plastica e all'alluminio. I nuovi strumenti utilizzati nell'insegnamento erano spesso modulari, semplificati e assai più facili da utilizzare di quelli di matrice ottocentesca. L'elettronica sostituiva l'elettromeccanica. Gli oscilloscopi, gli apparecchi di misura digitali prendevano il posto dei vecchi galvanometri e di molti altri congegni analogici. Nuovi ausili didattici entravano nelle aule di fisica: ai film prodot-

Fig. 10
*Lo studio
del direttore
del Gabinetto
di Fisica
(circa 1936)*



Fig. II
*Lezione di fisica
nell'anfiteatro
adiacente al
Gabinetto,
1900 circa*

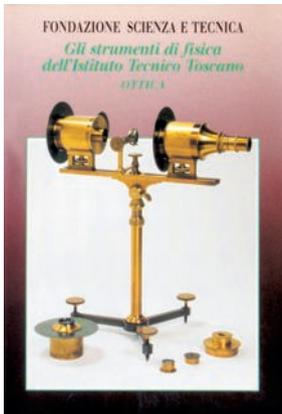
ti da ditte specializzate e utilizzati sin dagli anni '50 subentravano alla fine del xx secolo le simulazioni al computer e i sofisticati programmi grafici e di calcolo. Intorno agli anni '80 la grande collezione accumulata fra il 1850 e il 1915 circa era ormai un fossile che aspettava solo di essere riscoperto. Dopo i lavori di restauro e catalogazione è apparso evidente che essa può essere annoverata fra le più belle collezioni del suo genere. È vero che altri musei europei (basti pensare al *Musée des Arts et Métiers* di Parigi) possiedono collezioni di strumenti ottocenteschi ben più vaste che però si sono formate in maniera spesso casuale inglobando raccolte di scuole, istituti e laboratori diversi. Contrariamente ad esse la collezione del Gabinetto di Fisica è del tutto omogenea, fu costituita sistematicamente e in modo ordinato nel perseguimento di un ben preciso progetto. Attraverso la collezione è possibile “leggere” l'evoluzione della strumentazione scientifico-didattica e delle sue pratiche; inoltre gli strumenti in essa contenuti forniscono una perfetta illustrazione dell'evoluzione dell'industria di precisione fra la metà del XIX e i primi decenni del XX secolo. La collezione dell'Istituto Tecnico rappresenta dunque un patrimonio storico-scientifico eccezionale, non solo per la storia dell'educazione tecnica a Firenze e in Toscana, ma anche come testimonianza materiale della storia della scienza e della tecnologia e del loro insegnamento in Europa.

Attività didattiche e scientifiche

Al giorno d'oggi una collezione storica, per quanto ricca e originale, difficilmente può sopravvivere se rimane una raccolta fossilizzata di mute testimonianze materiali. Solo sviluppando costantemente una serie di attività sarà possibile assicurare un futuro alle raccolte scientifiche appartenute all'Istituto Tecnico.

Il restauro della collezione di strumenti è stato accompagnato da un sistematico lavoro di ricerca storico-scientifica che ha permesso di pubblicare una serie di cataloghi ragionati. Oggi il Gabinetto di Fisica, completamente restaurato e riordinato, è accessibile al pubblico e i suoi strumenti sono visibili sul web.

Alcuni visitatori potranno stupirsi del fatto che la collezione presenta migliaia di oggetti esposti l'uno accanto all'altro negli armadi, senza didascalie né pannelli esplicativi. Ma bisogna ricordare che il Gabinetto di Fisica non è un museo della scienza né tantomeno uno "science center". Quello che il visitatore vede è un gabinetto scientifico di fine Ottocento perfettamente conservato, ma che ovviamente non era stato ideato per essere aperto al pubblico. Il visitatore entra dunque in una specie di macchina del tempo capace di riportarlo in seno ad una delle più ricche collezioni di strumenti scientifici di oltre un secolo fa e vede una miriade di oggetti affascinanti certo, ma di cui generalmente ignora l'uso, il funzionamento e il significato. Per questa ragione il Gabinetto può essere apprezzato pienamente solo se



Frontespizio del catalogo della collezione di ottica pubblicato nel 1995

presentato nell'ambito di visite guidate da personale appositamente istruito.

L'allestimento di esposizioni temporanee e l'organizzazione di attività tematiche permette poi di presentare in maniera più approfondita sezioni specifiche della collezione o gruppi particolari di strumenti. Inoltre in occasione di eventi speciali (congressi, workshop, esposizioni, ecc.) vengono organizzate lezioni dimostrative nelle quali, utilizzando gli strumenti storici, si ripropongono esperienze tipiche della fisica ottocentesca.

Oltre all'organizzazione di visite per il pubblico e per le scuole, spesso combinate con lezioni al planetario, la Fondazione Scienza e Tecnica organizza altre attività al fine di valorizzare il Gabinetto. È il caso di questo dei seminari dedicati a docenti nei quali, prendendo spunto da capitoli importanti della storia della fisica e della tecnologia, si presentano le attività indirizzate agli studenti. Grazie ad esse vengono approfonditi temi affrontati spesso in modo superficiale dai programmi scolastici, arricchendoli di una prospettiva storica. Per la comunità degli storici della scienza e degli strumenti scientifici, per i conservatori di musei tecnico-scientifici e per i collezionisti, il Gabinetto di Fisica costituisce una ricchissima fonte di informazioni su strumenti ed apparecchi che rappresentano le testimonianze materiali dell'attività scientifica e didattica nella seconda metà dell'Ottocento.

Inoltre la Fondazione è impegnata da anni a tessere e a consolidare una serie di rapporti con musei italiani ed europei affinché il patrimonio storico scientifico da essa conservato possa essere conosciuto internazionalmente e il suo potenziale culturale convenientemente sfruttato.

Infine, grazie all'esperienza acquisita in molti anni di lavoro sulla collezione del Gabinetto, la Fondazione può offrire collaborazione ad altre istituzioni in occasione di campagne di catalogazione e restauro.



Una macchina elettrostatica a induzione dell'inizio del '900 e alcune esperienze effettuate con essa



I costruttori di strumenti

Nell'introdurre questa nota sui costruttori rappresentati nel Gabinetto di Fisica è necessario osservare che non tutti gli strumenti furono firmati dai loro artefici. Perciò per determinarne la probabile provenienza bisogna esaminarne con attenzione le caratteristiche tecniche, costruttive e stilistiche. Anche gli antichi inventari sono di utilità limitata in questo tipo di indagine: molto spesso infatti essi indicano il fornitore o il rivenditore degli strumenti ma non il vero fabbricante. È ben noto che nel corso dell'Ottocento i più apprezzati costruttori di strumenti scientifici utilizzati per lo studio e l'insegnamento della fisica furono francesi (quasi esclusivamente parigini), tedeschi ed inglesi. L'industria di precisione italiana, pur potendo contare su qualche buon costruttore, non fu mai in grado di competere né qualitativamente né quantitativamente con le ditte straniere.

La collezione del Gabinetto di Fisica fu costituita con grandi mezzi e fu dunque possibile far ricorso ai migliori costruttori europei. Fra la fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo, l'industria parigina degli strumenti scientifici, che nel Settecento non era stata in grado di fare una seria concorrenza a quella inglese, si era sviluppata notevolmente. Questo sviluppo era stato favorito da numerosi fattori quali l'eliminazione da parte del governo rivoluzionario delle corporazioni, le cui regole avevano intralciato non poco la produzione e il commercio di strumenti, la fondazione di importanti scuole e istituti

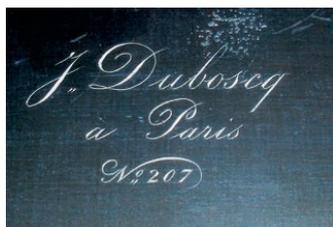
*L'officina
meccanica
dell'Istituto
in una foto
degli anni '30
del XX secolo*

scientifici, gli indubbi successi della scienza francese, le campagne per la determinazione del metro come unità di misura e l'introduzione del sistema metrico decimale. Ad essi si era aggiunto il fatto che fra la fine dello stesso periodo la Francia, isolata dal resto d'Europa sia per le vicende rivoluzionarie che per le guerre napoleoniche, aveva dovuto compiere un importante sforzo autarchico per sopperire ai propri bisogni industriali e commerciali. Dunque in pochi decenni l'industria di precisione francese aveva fatto grandi progressi. Già dai primi anni dell'Ottocento i costruttori parigini avevano conquistato una buona reputazione internazionale e i loro strumenti erano acquistati da tutte le più importanti collezioni europee e americane. Il periodo d'oro dell'industria di precisione francese va dal 1830 al 1890 circa. Non è dunque sorprendente che gran parte degli strumenti acquistati dall'Istituto Tecnico provenissero da Parigi. Per quanto riguarda i modelli di macchine e gli strumenti di meccanica, idrostatica e pneumatica, i costruttori le cui firme si trovano più spesso nel Gabinetto di Fisica, sono Salleron e Deleuil. Unica eccezione importante: i cinematismi di provenienza tedesca costruiti negli anni '60 da Schroeder meccanico a Darmstadt. Questi vennero realizzati su indicazioni di Ferdinand Redtenbacher uno dei fondatori della moderna ingegneria meccanica.

Gli apparecchi per lo studio dell'acustica furono acquistati essenzialmente presso Albert Marloye, uno dei primi a specializzarsi in questo genere di strumenti negli anni 1830-1850, e successivamente da Rudolph Koenig. Tedesco stabilitosi a Parigi, Koenig non solo fu certamente il più reputato costruttore di strumenti per l'acustica, ma fu anche un abilissimo sperimentatore e studioso di questa branca della fisica. Per le ricerche sul calore (termologia) furono acquistati i termometri di

Fig. 1
*La firma
del costruttore
francese Jules
Duboscq
su di uno
spettroscopio*

precisione di Fastré, di Salleron e di Alvergniat nonché alcuni apparecchi di Golaz. Per la sezione di ottica numerosi sono gli strumenti provenienti dal costruttore Jules Duboscq (successore di Soleil), celeberrimo per i suoi apparecchi per lo studio di fenomeni quali la polarizzazione, la diffrazione, le interferenze come per i suoi spettrometri e spettroscopi. Duboscq (Fig. 1), che ricevette la massima onorificenza e le lodi unanimi all'Esposizione Universale di Londra del 1851 e alle successive esposizioni parigine, mantenne per alcuni decenni quasi un monopolio per questo tipo di strumenti.



Per quanto riguarda gli strumenti elettrici, sia quelli dimostrativi che di misura, i nomi francesi più ricorrenti sono quelli di Heinrich Ruhmkorff, del suo successore Jules Carpentier e di Eugène Ducretet. Il primo, di origine tedesca, divenne famoso soprattutto per il suo “rocchetto”: trasformatore ad alta tensione che fu fra i più utili e comuni strumenti nei gabinetti di fisica dell’800. Inoltre Ruhmkorff inventò, migliorò e produsse tutta una serie di apparecchi per lo studio dei fenomeni elettrici e molti strumenti per misure di precisione come galvanometri, elettrometri, elettrodinamometri. Ducretet, costruttore e pioniere della telegrafia senza fili, fu fornitore del Gabinetto a partire dalla fine dell’800. Ad esempio portano la sua firma alcuni apparecchi per le esperienze di Tesla e un forno elettrico ad arco.

A partire dagli ultimi decenni del XIX secolo, i costruttori francesi subirono la concorrenza sempre più agguerrita di quelli tedeschi. La Germania, in seguito al-

l'unificazione del 1871, aveva visto un prodigioso sviluppo scientifico e tecnologico. Lo stretto legame fra un'attività scientifica fiorentissima e un'industria in rapida espansione portava i suoi frutti anche nel campo degli strumenti. In pochi anni gli strumenti tedeschi divennero sinonimo di precisione e di altissima qualità. Inevitabilmente i loro costruttori furono in grado di strappare ai francesi (e agli inglesi) delle porzioni sempre più importanti del mercato mondiale. Questa situazione appare chiara anche studiando la collezione del Gabinetto di Fisica.

A partire dalla fine dell'800, ma soprattutto nei primi anni del '900, il numero di strumenti provenienti dalla Germania diventa sempre più importante. Per gli apparecchi puramente didattici due furono i fornitori più importanti: la Max Kohl di Chemnitz (Fig. 2) e la Leybold's Nachfolger di Colonia. Con esse può essere ricordata anche la Ferdinand Ernecke di Berlino. Queste ditte, che proponevano migliaia di strumenti descritti e illustrati in ponderosi cataloghi, erano anche in grado di fornire gli arredi e l'equipaggiamento tecnico (proiettori, accumulatori, sistemi di distribuzione elettrica, ecc.) necessari per ogni tipo di laboratorio o di anfiteatro di fisica. Verso l'inizio del xx secolo i più perfezionati strumenti ottici (polarimetri, goniometri, spettroscopi, colorimetri ecc.) erano proposti dalla ditta Fuess, dalla Franz Schmidt & Haensch o dalla Max Wolz di Berlino, mentre eccellenti microscopi erano prodotti dalla Zeiss di Jena o dalla Leitz di Wetzlar. Negli stessi anni i migliori strumenti elettrici di misura erano forniti soprattutto dalla Hartmann & Braun di Francoforte o dalla Siemens & Halske di

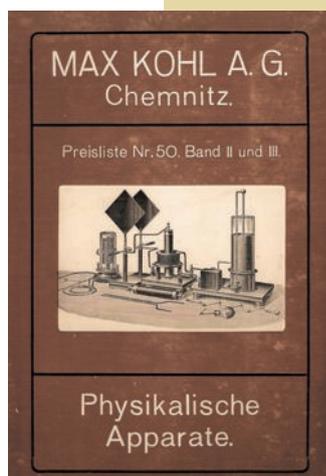


Fig. 2
Frontespizio
del catalogo
della ditta
tedesca
Max Kohl di
Chemnitz,
circa 1912

Berlino. La fabbricazione di tubi in vetro per le scariche elettriche in gas a bassa pressione era stata perfezionata a partire dalla metà degli anni '50 dell'Ottocento da Heinrich Geissler di Bonn ideatore degli omonimi tubi. Questa tradizione tedesca di lavorazione del vetro soffiato fu continuata nel xx secolo da altri costruttori che si erano dedicati anche alla produzione su grande scala di tubi per i raggi X.

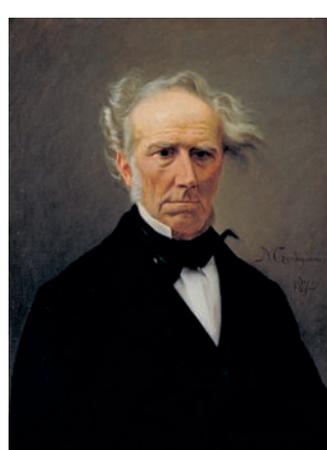
Sino alla fine dell'Ottocento gli strumenti di fisica provenienti dalla Gran Bretagna erano relativamente poco presenti nelle collezioni continentali e quella dell'Istituto Tecnico non fa eccezione. La collezione del Gabinetto però conta diversi notevoli apparecchi per misure elettriche costruiti verso il 1900 dalla Elliott Brothers e dalla Cambridge Scientific Instruments. Bisogna però ricordare che alcuni di questi recano la firma di Giorgio Santarelli. Santarelli, ingegnere elettrotecnico, era stato collaboratore e poi successore del fisico e costruttore Alberto Dall'Eco che, fin dalla fine degli anni '70 dell'Ottocento, aveva aperto una ditta a Firenze. Essi avevano fornito numerosissimi strumenti a varie collezioni italiane. Certamente costruivano una parte degli strumenti da loro proposti, ma erano anche rivenditori di molti apparecchi costruiti all'estero. La pratica di apporre il proprio nome su strumenti costruiti da altri era assai comune (ed accettata correntemente) sino ai primi decenni del Novecento.

Come già accennato i costruttori italiani generalmente non furono in grado di sopperire alla domanda nazionale di strumenti. Spesso agivano in un contesto locale e si limitavano a copiare alcuni di quelli

Fig. 3
*Questa targhetta
su di una pompa
a compressione
indica che fu
fabbricata
nel 1854
nell'Officina
dell'Istituto
Tecnico*



provenienti dall'estero o a proporre apparecchiature relativamente semplici. L'officina creata all'interno dell'Istituto Tecnico sin dalla sua fondazione avrebbe dovuto fornire, almeno parzialmente, le macchine, i modelli e gli strumenti ai gabinetti scientifici e provvedere alle necessarie riparazioni (Fig. 3). In essa si avvicendarono vari "macchinisti" i più importanti dei quali furono i Turchini. A Lorenzo Turchini, inventore e costruttore, successe negli anni 1860-1890 il figlio Raffaello e quindi il nipote Guido che rimase in carica fino al 1923. A loro si devono numerosi strumenti alcuni dei quali costruiti espressamente per i professori di fisica o di meccanica (Fig. 4). Spesso tali strumenti non sono firmati ma i nomi dei costruttori appaiono negli inventari.



Giovanni Battista Amici, il cui figlio Vincenzo divenne anche direttore dell'Istituto, fu certamente il miglior ottico e costruttore italiano e forse il solo che fu in grado di raggiungere una fama internazionale (Fig. 5). Dopo aver lavorato a Modena, all'inizio degli anni '30 dell'Ottocento fu chiamato a Firenze all'Imperial Regio Museo di Fisica e Storia Naturale per riorganizzarne la specola astronomica allora in situazione piuttosto disastrosa. Di lui nella collezione del Gabinetto restano alcuni microscopi, un grosso



Fig. 4
Meccanismo dimostrativo per la trasformazione del moto circolare in moto rettilineo costruito nell'Officina dell'Istituto e presentato all'Esposizione Universale di Parigi del 1867

Fig. 5
Ritratto ad olio di Giovanni Battista Amici eseguito da Michele Gordigiani nel 1874



Fig. 6
Etichetta
pubblicitaria
dell'Officina
Galileo (1870-80
circa) che
raffigura
lo stabilimento
alle Cure

teodolite e una 'meridiana iconantidiptica', strumento che permette di determinare il momento del passaggio del sole al meridiano.

Altri strumenti di fabbricazione nazionale provengono dall'Officina Galileo (Fig. 6), che fu una delle ditte italiane più importanti per la produzione di stru-

menti. Fondata poco dopo l'Unità d'Italia, per un breve periodo fu ospitata nei locali dell'officina dell'Istituto, prima di trasferirsi nel quartiere delle Cure. Fra gli altri costruttori italiani rappresentati nella collezione del Gabinetto bisogna menzionare Mariano Pierucci, meccanico dell'università di Pisa, al quale si devono numerosi apparecchi tra cui una bella macchina di Atwood nonché alcuni apparecchi acustici ed elettrici (Fig. 7).



Fig. 7
Biglietto
da visita
commerciale
del costruttore
di strumenti
Mariano
Pierucci

Il restauro del Gabinetto di Fisica e della sua collezione

Per una serie di circostanze favorevoli, e contrariamente a quanto capitato in molti altri istituti, questa collezione è sopravvissuta fino ai giorni nostri subendo relativamente poche perdite. Diversi fattori hanno permesso di evitare la distruzione e la dispersione di gran parte del patrimonio del Gabinetto di Fisica. Dobbiamo innanzitutto ricordare che l'Istituto non solo occupa la stessa sede dal 1891, ma anche che da quell'epoca gli spazi occupati sono rimasti sostanzialmente gli stessi. In anni in cui il concetto di "patrimonio storico-scientifico" non esisteva e gli strumenti ottocenteschi erano semplicemente considerati una scomoda e ormai inutile eredità del passato, molte collezioni di scuole, licei e università purtroppo hanno subito gravi perdite e in alcuni casi sono state addirittura eliminate in occasione di traslochi, mutamenti di sede o ristrutturazione degli edifici nei quali erano conservate. Ma bisogna anche riconoscere che una delle ragioni della sopravvivenza del Gabinetto è da ascrivere alla sensibilità di alcuni direttori e professori dell'Istituto Tecnico consci del valore culturale delle collezioni. Fra essi è necessario ricordare il compianto ingegner Fernando Faggioli, insegnante di topografia che per anni si adoperò al fine

di preservarle e che fu anche fra i primi a tentare di sensibilizzare i responsabili degli istituti culturali e l'amministrazione pubblica sulla necessità di valorizzarle adeguatamente. Nel 1983 chi scrive ha avuto l'incarico di riordinare, catalogare e restaurare la collezione del Gabinetto di Fisica. Il compito era arduo, ma la ricchezza della collezione costituiva uno stimolo irresistibile ad accettare l'incarico. Circa la metà degli strumenti presenti era



Fig. 1. Una macchina elettrostatica della metà del XIX secolo al momento del ritrovamento

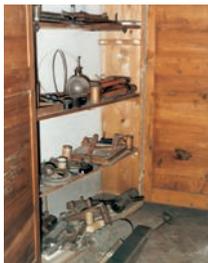


Fig. 2. Alcuni strumenti e pezzi di apparecchi depositati nel mezzanino del Gabinetto di Fisica

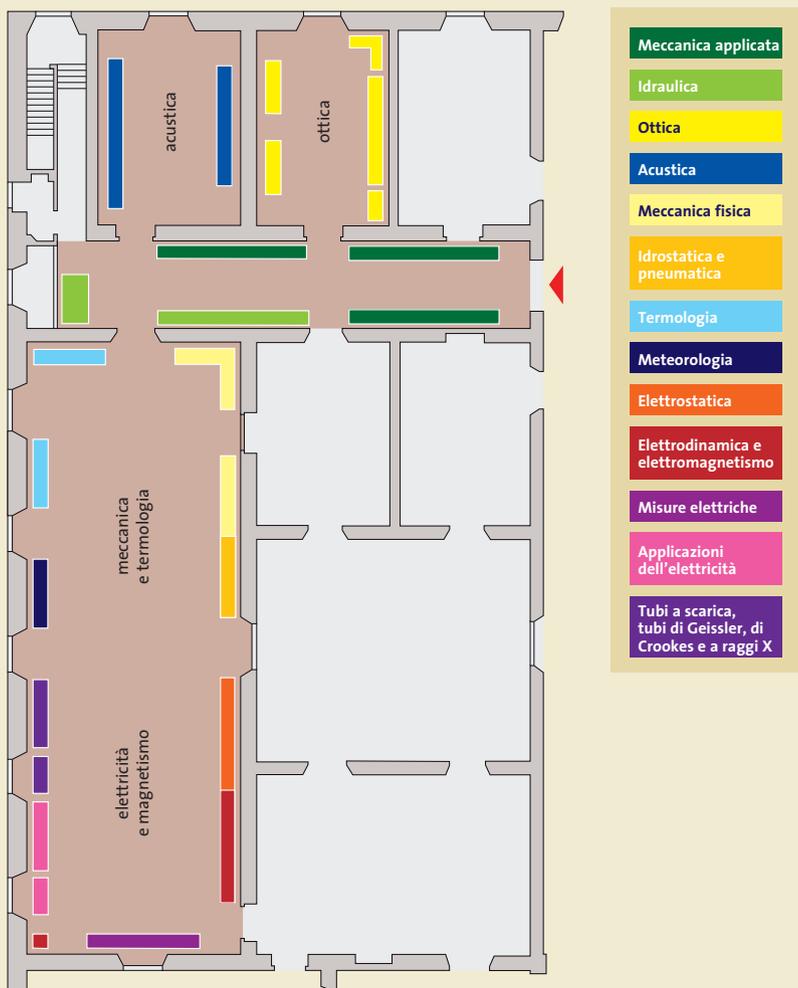
abbastanza in buono stato ma necessitava comunque di una pulizia accurata e di minimi interventi di restauro, un quarto della collezione richiedeva restauri più complessi, mentre il restante degli strumenti era gravemente danneggiato. Inoltre molti apparecchi obsoleti



Fig. 3. Il Salone di Fisica e la collezione dopo i restauri

erano stati smembrati (Fig. 1) o separati dai loro accessori e dispersi nei mezzanini (Fig. 2) e nelle cantine dell'Istituto che erano state sommerse dall'alluvione del 1966. In uno dei locali annessi al Gabinetto fu dunque istituito un laboratorio di restauro nel quale, con la preziosissima collaborazione di Anna Giatti, tutti gli strumenti della collezione sono stati sistematicamente smontati, ripuliti, restaurati e rimontati. Durante i lavori è stato possibile ritrovare o ricomporre strumenti smontati che, già negli inventari di inizio Novecento, erano stati menzionati come "non trovati" o "eliminati". Nella maggior parte dei casi è stato possibile restaurare gli strumenti in modo da renderli ancora funzionanti. Ciò non è stato fatto solo quando il ripristino della funzionalità avrebbe richiesto interventi troppo invasivi e non giustificati nell'ambito di un restauro inteso soprattutto a preservare (e non a riparare!) degli oggetti di interesse storico. La collezione raccoglie oggi oltre il 90% degli strumenti menzionati negli inventari dell'inizio del Novecento, quando essa aveva raggiunto la sua massima espansione. Le sale e gli arredi originali del Gabinetto di Fisica sono stati completamente restaurati fra il 2004 e il 2007. Ciò ha consentito, basandosi anche su una serie di foto storiche, di ricostruire l'aspetto del Gabinetto all'inizio del xx secolo realizzando così il restauro di un insieme unico (Fig. 3).

Pianta *del* Gabinetto di Fisica



Guida alla visita

Meccanica applicata

Nel corridoio di accesso del Gabinetto di Fisica è esposta la collezione del Gabinetto di Meccanica. Le collezioni di fisica e meccanica furono riunite nel 1879. Essa contiene macchine, modelli e apparecchi relativi essenzialmente alla meccanica applicata e all'idraulica. A partire dalla metà del XVIII secolo, le macchine a vapore innescarono in Gran Bretagna la prima Rivoluzione Industriale che successivamente investì il resto d'Europa e il Nord America. Nell'Ottocento la sempre più rapida industrializzazione trasformò completamente i metodi di produzione e modificò profondamente la società. Nasceva la figura del moderno ingegnere meccanico, lo studio delle macchine diventava una vera e propria scienza e la loro costruzione usciva dalla fase empirica. Una sezione importante di questa parte della collezione è composta da una serie di modelli cinematici (Fig. 1). La cinematica è quel ramo della meccanica che studia il movimento dei corpi senza prendere in considerazione le cause che lo provocano. A partire dalla fine del Settecento e soprattutto nell'Ottocento si studiarono le macchine non

più come insieme unico ma tentando di scomporle in modo razionale e classificandone gli elementi basilari che le componevano. Fondamentali in questo campo furono gli studi dei tedeschi F.J. Redtenbacher e F. Reuleaux. I modelli di cinematica qui presentati, ideati dal Redtenbacher, formano dunque una specie di abbecedario dei meccanismi che, opportunamente combinati, permettono di realizzare macchine complesse. Alcuni di essi come l'ingranaggio a croce che veniva utilizzato nelle macchine cinematografiche, il manovellismo a ritorno rapido che trovava applicazione in varie macchine utensili o i vari tipi di eccentrici, erano ampiamente sfruttati nella pratica (Fig. 3). Altri invece avevano un interesse più teorico che pratico. Le ruote quadrate ed ellittiche (Fig. 2) ad esempio permettevano di trasformare un movimento rotatorio costante in uno a velocità variabile, ma la difficoltà di esecuzione di tali ingranaggi faceva prediligere altre soluzioni. Altri apparecchi di questa parte della collezione come i manometri (Fig. 4), gli indicatori e i dinamometri erano utilizzati essenzialmente in ambito industriale. Questi ultimi servivano per misurare (e in alcuni casi regi-

strare) la forza o la coppia necessaria ad azionare una macchina, altri per determinare la potenza erogata da una macchina motrice e altri ancora per misurare gli sforzi di trazione (Fig. 5) o la forza di rottura di cavi o fili. Gli indicatori invece venivano opportunamente montati sul cilindro di una macchina a vapore e permettevano di tracciare un diagramma volume-pressione dal quale era possibile calcolare il rendimento della macchina stessa (Fig. 6). La collezione di meccanica contiene anche diverse macchine e modelli funzionanti (veri e propri capolavori di meccanica di precisione) che venivano mostrati durante le le-

zioni. Fra essi una macchina a vapore di Watt (Fig. 7), una a cilindro orizzontale e una piccola locomotiva che poteva essere fatta correre su pochi metri di binario. L'importante numero di organi come bilancieri di vario tipo, regolatori di velocità, bielle e manovellismi, sistemi per l'inversione di marcia mostrano come appunto le macchine a vapore avessero un ruolo centrale nello studio della meccanica applicata (Fig. 8). Fra le macchine motrici si trova anche un motore a benzina (Fig. 9) e uno ad aria calda che in origine era utilizzato nel Gabinetto di Chimica per agitare delle bottiglie con liquidi da rimescolare.

I. MODELLI CINEMATICI

1860 circa

J. Schroeder a Darmstadt

Parte della raccolta che si trova nella Galleria di Meccanica.



I

2. INGRANAGGI ELLITTICI AD ASSI

PARALLELI

1860 circa

J. Schroeder a Darmstadt

523×323×810 mm

inv. n. 1357



2

Se l'asse di una delle ruote dentate è animato da una velocità di rotazione costante, l'altro asse ruota con una velocità variabile.

3. MANGANO

1860 circa

J. Schroeder a Darmstadt

290×285×392 mm

inv. n. 1393



3

Questo meccanismo permette di trasformare un moto rotatorio continuo in un moto alternativo che cambia periodicamente il senso di rotazione. Veniva utilizzato ad esempio per azionare grandi botti il cui contenuto doveva essere continuamente rimescolato.

4. MANOMETRO DI BOURDON

1860 circa

E. Bourdon a Parigi

140×305 mm

inv. n. 1237



4

Questo manometro, assai utilizzato per misurare la pressione nelle caldaie, è composto da un tubo ricurvo di sezione ellittica. La pressione di un fluido (aria, vapore, ecc.) modifica la curvatura del tubo e questa deformazione, amplificata da un sistema di leve, è indicata da una lancetta.

5. DINAMOMETRO DI RÉGNIER

1865 circa

J. Salleron a Parigi

290×210 mm

inv. n. 1277



5

Questo apparecchio, formato essenzialmente da una grossa molla ellittica collegata ad una lancetta indicatrice, permette di misurare la forza di trazione di un animale o la forza esercitata dalle mani per compressione.

6. INDICATORE DI WATT
1865 circa
J. Salleron a Parigi
680×190×90 mm
inv. n. 1489



6

Lo strumento viene avvitato sul cilindro di una macchina a vapore e permette di registrare su una banda di carta una curva chiusa che è funzione della pressione e del volume all'interno del cilindro. Da essa è possibile calcolare il lavoro fornito della macchina.

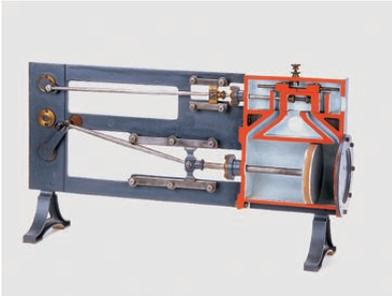
7. MODELLO DI MACCHINA
A VAPORE DI WATT
1870 circa
J. Salleron a Parigi
840×430×930 mm
inv. n. 1337



7

Si tratta di un magnifico modello di macchina a vapore a doppio effetto. Perfettamente funzionante è dotata di tutti quegli organi presenti in una macchina reale (pompe, regolatore di Watt, ecc.). Alcuni cilindri sono in vetro per poter vedere il funzionamento dei pistoni.

8. MODELLO DI MACCHINA A VAPORE
CON CASSETTO DI DISTRIBUZIONE
1865 circa
J. Schroeder a Darmstadt
765×215×390 mm
inv. n. 1405



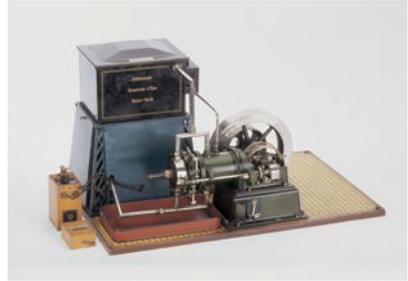
8

Questo modello azionabile mostra lo spaccato di un cilindro di una macchina a vapore con il relativo cassetto di distribuzione.

9. MODELLO DI MOTORE A SCOPPIO
 Inizio del XX secolo
 costruito probabilmente in Germania
 750×465×415 mm

inv. n. 932

È un piccolo motore a benzina a quattro tempi della potenza di $\frac{1}{4}$ di cavallo vapore (HP). È munito di serbatoi per il combustibile, per l'olio e per l'acqua di raffreddamento e di una bobina di induzione separata che produce la scintilla per la candela di accensione.



9

Idraulica

Anche l'idraulica, scienza che si occupa essenzialmente dell'utilizzazione delle acque, è ben rappresentata nel Gabinetto di Fisica (Fig. 1). Le macchine idrauliche, conosciute sin dall'Antichità ebbero un ruolo importantissimo nello sviluppo delle civiltà. Le ruote idrauliche furono fra le prime macchine motrici che alleviarono il lavoro dell'uomo, mentre congegni di vario tipo per elevare le acque (pompe, ruote, ecc.) o convogliarle (canali artificiali, dighe e chiuse) furono essenziali per migliorare l'irrigazione dei campi e per il trasporto. Soprattutto a partire dall'inizio del Settecento approfondite ricerche ed esperienze permisero di migliorare la costruzione delle ruote idrauliche che, specialmente in aree ricche di acqua ma povere di combustibili, furono largamente utilizzate come macchine motrici per l'industria sino agli inizi del Novecento. Fra i numerosi modelli della collezione vi sono alcune ruote idrauliche (di provenienza francese) che si dividono in "da sopra", "da sotto" e "di fianco" (Fig. 2). La prima sfrutta essenzialmente l'energia potenziale del corso d'acqua, la seconda quella cinetica. Accanto ad esse vi sono anche alcuni modelli di turbine ad asse verticale che furono

sviluppatе soprattutto nel XIX secolo e che hanno un rendimento maggiore delle ruote sopra citate. Particolarmente interessante è il modello della macchina a colonna d'acqua ideata all'inizio del XIX secolo da Georg von Reichenbach che fu comune in Germania. È simile ad una macchina a vapore verticale ma il fluido che aziona il pistone non è il vapore bensì l'acqua (Fig. 3). Nella collezione sono presenti numerose pompe di vario tipo che furono in gran parte costruite nell'Officina dell'Istituto (Fig. 4). Tutte sono funzionanti e quelle a pistoni (elevatorie, prementi, a doppio effetto, ecc.) hanno i cilindri di vetro per poter osservare il flusso dell'acqua e l'azione delle valvole. Fra le più curiose macchine per il sollevamento dell'acqua vi è un modello di "ariete idraulico", ideato dai fratelli Montgolfier alla fine del '700 e ancora oggi utilizzato in aree montagnose e isolate. L'ariete permette di sfruttare l'energia cinetica di un corso d'acqua per pompare una piccola massa d'acqua ad una altezza più grande di quella iniziale (Fig. 5). La collezione d'idraulica comprende anche un certo numero di strumenti idrometrici utilizzati per determinare la velocità dei corsi d'acqua. I sistemi di misura erano diversi: la velocità poteva essere ricavata dallo spazio che un

galleggiante percorreva in un certo tempo, dall'inclinazione di un pendolo posto sotto il pelo dell'acqua (Fig. 6), dal numero di giri fatti dal-

le pale di un mulinello sommerso (Fig. 7), o ancora tramite il tubo di Pitot, apparecchio che misurava la pressione esercitata dall'acqua.

I. GRUPPO DI MODELLI E MACCHINE IDRAULICHE

seconda metà del XIX secolo
J. Schroeder a Darmstadt



1

Da sinistra: una pompa, una turbina e una ruota idraulica “da sotto”. In secondo piano una ruota idraulica “da sopra” con il bacino per alimentarla.

2. MODELLO DI RUOTA IDRAULICA “DI FIANCO”

1870 circa
J. Salleron a Parigi
1190×495×470 mm



2

inv. n. 1149

Il modello fa parte di una serie illustrante tipi diversi di ruote idrauliche e, oltre alla ruota a pale e al serbatoio d'acqua, è munita anche di una saracinesca azionata da un apposito meccanismo a cremagliera. Questa permette di regolare la quantità d'acqua che aziona la ruota.

3. MODELLO DI MACCHINA A COLONNA D'ACQUA DI REICHENBACH

1865 circa
J. Salleron a Parigi
500×345×1135 mm
inv. n. 1440

In questa macchina a doppio effetto l'acqua agisce alternativamente sulle facce di un pistone racchiuso in un cilindro di vetro. Il modello aziona anche un mantice (posto sulla base dello strumento) del tipo utilizzato per i forni delle fonderie.



3

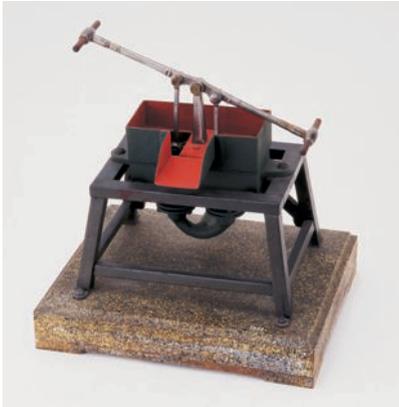
4. MODELLO DI POMPA IDRAULICA ASPIRANTE

1870 circa

Officina dell'Istituto Tecnico, Firenze

300×250×270 mm

inv. n. 1361



4

Modello di pompa idraulica con due paratie mobili. Perfettamente funzionante fa parte di una serie di pompe costruite nell'Officina dell'Istituto Tecnico.

5. ARIETE IDRAULICO

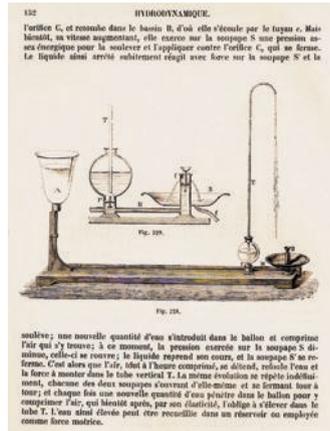
1870 circa

J. Salleron a Parigi

1865×32×3000 mm

Inv. n. 1050

Illustrazione tratta da un catalogo del 1856 della ditta parigina Salleron raffigurante l'ariete ideato dai fratelli Mongolfier (celebri soprat-



5

tutto per le loro esperienze di volo aerostatico). Salleron fornì questo apparecchio all'Istituto Tecnico verso il 1870.

6. PENDOLO IDROMETRICO DI GUGLIELMINI

1865 circa

J. Salleron a Parigi

440×140×610 mm

Inv. n. 1330



6

Il pendolo veniva immerso nel corso d'acqua. La sua inclinazione rispetto alla verticale dava un'indicazione della velocità della corrente.

7. MULINELLO DI WOLTMANN

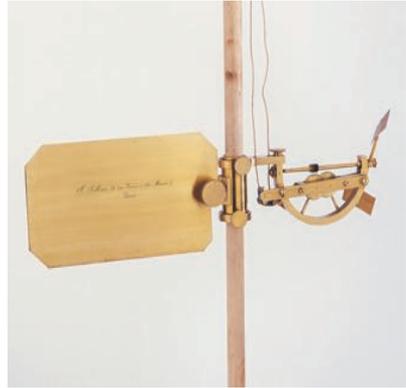
1865 circa

J. Salleron a Parigi

422×242 mm

Inven. n. 1329

Tale strumento è munito di un'elica che può essere collegata ad un contagiri. La velocità della corrente veniva calcolata in base al numero di gi-



ri fatti dall'elica in un tempo determinato.

Ottica

L'ottica ottocentesca fu marcata da grandi progressi sia in campo teorico che sperimentale e il Gabinetto di Fisica conserva un numero importante di strumenti ottici sia per l'insegnamento che per la ricerca. Molti fenomeni ottici già conosciuti nei secoli precedenti (fluorescenza e fosforescenza, interferenze, doppia rifrazione, ecc.) vennero studiati in modo sistematico e ne furono scoperti di nuovi. La natura ondulatoria della luce era già stata ipotizzata nel XVII secolo da Christian Huygens, ma fu solo nei primi decenni del XIX secolo che Augustin Fresnel, continuando le brillanti ricerche fatte da Thomas Young, elaborò un'elegante e sofisticata teoria ondulatoria. Tale teoria, che considera la luce come un'onda trasversale dell'ipotetico "etere luminifero", si affermò a scapito di quella corpuscolare newtoniana e permise di spiegare brillantemente i fenomeni di polarizzazione (Fig. 1), di interferenza, di diffrazione. Verso la metà del secolo fu possibile misurare con notevole precisione la velocità della luce mentre pochi anni dopo James C. Maxwell con una geniale sintesi matematica unì ottica ed elettromagnetismo. Da tale sintesi appariva chiaramente che la luce può essere identificata con un'onda

elettromagnetica. Lo sviluppo delle teorie, i progressi nella fabbricazione del vetro ottico ad opera di costruttori come Joseph Fraunhofer, le migliori lavorazioni meccaniche e una incessante sperimentazione migliorarono in modo straordinario le caratteristiche e le performance degli strumenti. Ad esempio, con l'introduzione di combinazioni di lenti capaci di ridurre le aberrazioni ottiche, i microscopi composti accrebbero notevolmente la loro efficacia e il loro uso si diffuse in un numero sempre crescente di discipline scientifiche (Fig. 2) e di attività industriali. Al tempo stesso fu possibile costruire lenti acromatiche di diametro sempre maggiore che permisero di realizzare telescopi sempre più grandi. Accanto ad essi si affermarono anche i telescopi a riflessione dotati di specchi di metallo sostituiti in seguito da specchi di vetro argentato.

Verso il 1850 lo studio degli spettri luminosi ottenuti scomponendo con un prisma la luce emessa da fiamme, archi e scintille elettriche si rivelò un potentissimo mezzo di analisi per determinare la composizione chimica delle sostanze (Fig. 3). La spettroscopia permise di individuare nuovi elementi e, applicata all'astronomia, di studiare la composizione dei corpi celesti. La sempre più sofisticata strumentazione ottica uscì dai laborato-

ri e trovò un numero crescente di applicazioni in campo industriale. Ad esempio con i saccarimetri si determinavano otticamente le caratteristiche delle soluzioni zuccherine (Fig. 4); i rifrattometri e i colorimetri (Fig. 5) permettevano di controllare la qualità di sostanze alimentari e di combattere le sofisticazioni, mentre con i fotometri si poteva confrontare l'efficacia delle sorgenti luminose diverse (lampade a petrolio, a gas, ad arco, elettriche) che successivamente si affermarono nell'illuminazione pubblica e domestica.

Nel 1839 con la presentazione della dagherrotipia (Fig. 6), nasceva ufficialmente la fotografia che in pochi decenni non solo diventerà estremamente popolare ma troverà anche innumerevoli applicazioni scientifiche. Come nei secoli precedenti, anche

nell'Ottocento i giochi ottici riscuotevano un grande successo: apparecchi stereoscopici, lanterne magiche, proiezioni luminose animate e infine congegni per mostrare le figure in movimento (Fig. 7) che alla fine del secolo portarono alla nascita del cinematografo. Nell'Ottocento anche il numero di strumenti per lo studio e l'insegnamento dell'ottica aumentò considerevolmente. Nuovi apparecchi permettevano di illustrare e di indagare tutti i fenomeni relativi alla luce dai più semplici come riflessione e rifrazione (Fig. 8) ai più complessi come quelli di polarizzazione (Fig. 9). L'introduzione di apparecchi di proiezione, derivati dalle più antiche lanterne magiche, diede la possibilità di presentare immagini e esperienze di fronte ad un intero auditorio (Fig. 10).

I. GRAN CERCHIO DI JAMIN E SENAR-MONT

1870 circa

J. Duboscq a Parigi

altezza 475 mm, diametro cerchio 260 mm

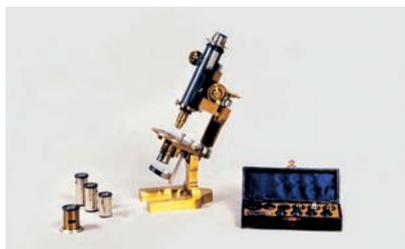
inv. n. 149

Questo strumento universale poteva essere utilizzato come goniometro ottico o come spettroscopio e permetteva inoltre di studiare i fenomeni di polarizzazione per riflessione.



1

2. MICROSCOPIO CRISTALLOGRAFICO
1885 circa
R. Fuess a Berlino
altezza 325 mm
inv. n. 328



2

Questo microscopio, dotato di una serie di accessori, era utilizzato per studiare i cristalli in luce polarizzata.

3. SPETTROMETRO A QUATTRO PRISMI
1865 circa
J. Duboscq a Parigi
altezza 395 mm
inv. n. 182



3

La luce di una sorgente luminosa viene scomposta passando attraverso quattro prismi. Lo spettro così prodot-

to fornisce indicazioni sulla natura della sostanza che, posta in una fiamma o formante gli elettrodi fra i quali scocca una scintilla, emette luce.

4. SACCARIMETRO A PENOMBRA DI LAURENT
1900 circa
H. Heele a Berlino
altezza 405 mm, lunghezza 490 mm
inv. n. 134



4

Questo strumento permette di esaminare le soluzioni zuccherine sfruttando il fatto che queste deviano il piano di polarizzazione della luce. Un raggio polarizzato viene infatti ruotato attraversando un tubo contenente la soluzione in esame la cui concentrazione viene determinata in funzione dell'angolo di rotazione.

5. COLORIMETRO DI DONNAN
1900 circa
Fritz Köhler a Lipsia
445×249×240 mm
inv. n. 189



5

Con questo apparecchio è possibile paragonare i colori di due soluzioni osservate per trasparenza. Il metodo colorimetrico permette di determinare la concentrazione della soluzione in esame rispetto ad una soluzione campione.

6. SET DI APPARECCHI PER DAGHERROTIPIA

1850 circa

Lerebours & Secretan a Parigi

camera oscura: 450×194×242 mm

inv. n. 262



6

La dagherrotipia permette di impressionare, tramite l'azione della luce, lastre metalliche ricoperte di sali d'argento fotosensibili. Si ottiene una singola immagine positiva. Le procedure di preparazione delle lastre, di impressione, di sviluppo e di fissaggio delle immagini erano lunghe e delicate e richiedevano diverse manipolazioni chimiche.

7. FENACHISTOSCOPIO DA PROIEZIONE
1870 circa

J. Duboscq a Parigi

altezza 740 mm, larghezza 235 mm

inv. n. 141



7

Questo apparecchio, che viene posto davanti ad una forte sorgente luminosa, permette di proiettare una serie di immagini dipinte su dischi di vetro che appaiono così in movimento.

8. PRISMI INCERNIERATI CON SOSTEGNO
 1865 circa
 J. Duboscq a Parigi
 altezza massima 323 mm
inv. n. 175



I prismi possono essere giustapposti e con essi è possibile mostrare come, combinandoli in vari modi, sia possibile deviare un raggio luminoso senza scomporlo oppure scomporlo

8 senza deviarlo. Veniva utilizzato per spiegare il funzionamento dei sistemi acromatici.

9. MACCHINA A ONDE DI WHEATSTONE
 1875 circa
 J. Duboscq a Parigi
 630x200x150 mm
inv. n. 311

Questo ingegnoso apparecchio, dotato di una serie di sagome di legno sinusoidali, permette di visualizzare onde luminose diverse simulate dal movimento di perline di vetro poste su asticelle mobili. Con la macchina era possibile illustrare i fenomeni re-



9 lativi alla luce polarizzata e alle interferenze luminose.

10. APPARECCHIO PER PROIEZIONI CON LAMPADA AD ARCO
 1900 circa
 di provenienza tedesca
 1000x330x590 mm
inv. n. 275

Con esso è possibile proiettare in un anfiteatro lastre con immagini diverse e con particolari accorgimenti anche esperienze di vario tipo. Il recipiente cilindrico è riempito d'acqua corrente per assorbire l'intenso calore prodotto dall'arco elettrico.



10

Acustica

L'acustica è la scienza che studia i suoni e per secoli rimase essenzialmente confinata negli ambiti della musica e della matematica. Solo a partire dalla fine del Settecento essa divenne un'importante branca della fisica per poi sconfinare anche nel campo della fisiologia e della psicologia. Fondamentali furono in questo campo gli studi di Ernst Chladni, Felix Savart, John Tyndall, Hermann von Helmholtz, John Strutt (Lord Rayleigh) che con l'ausilio dei migliori costruttori dell'epoca idearono tutta una serie di apparecchi per la produzione, lo studio e l'analisi dei suoni. Fra i costruttori che maggiormente si dedicarono all'acustica va certamente ricordato Rudolph Koenig, che, attivo a Parigi nella seconda metà dell'Ottocento, inventò, costruì e migliorò un gran numero di strumenti. Uno dei problemi principali dell'acustica era quello di produrre suoni puri e di frequenza ben definita. A questo scopo furono ideate sirene di vario tipo. In esse un getto di aria compressa viene interrotto periodicamente dalla rotazione di un disco perforato (Fig. 1). Il suono prodotto dipende dal numero di fori e dalla velocità del disco. Anche una lamina elastica, fatta vibrare dagli urti ripetuti con la periferia di una ruota

dentata (Fig. 2), permette di produrre un suono di frequenza nota. I diapason furono notevolmente perfezionati da Koenig. Opportunamente dimensionati, possono produrre suoni con frequenze andanti da pochi hertz sino a decine di migliaia di hertz (Fig. 3). La canne sonore (o canne d'organo), azionate da appositi mantici, erano invece utilizzate per produrre e studiare i suoni generati da colonne d'aria oscillanti (Fig. 4). Molte esperienze furono anche fatte per determinare precisamente l'intervallo delle frequenze percepibili dall'orecchio umano.

Nel XIX secolo si svilupparono varie tecniche per studiare i suoni prodotti da corde, lastre, membrane e barre vibranti. Con le lastre di Chladni era possibile visualizzare i modi di vibrazione di lamine metalliche (Fig. 5). Utilizzando il metodo ideato da Lissajous era invece possibile osservare le figure composte da due oscillazioni perpendicolari (Fig. 6). Koenig introdusse le capsule manometriche formate da una camera divisa da una membrana elastica che vibrava per effetto di un suono. Tale vibrazione si ripercuoteva su una corrente di gas illuminante che produceva una fiamma. L'analisi dei suoni divenne possibile tramite i risonatori di Helmholtz (Fig. 7), recipienti sferici o cilindrici capaci di rinfor-

zare un suono la cui frequenza corrisponde a quella propria del risonatore. Nell'analizzatore armonico, risonatori collegati a capsule manometriche permettono di determinare le frequenze presenti in un suono composto (Fig. 8). Questo apparecchio permise importanti ricerche e rimase in uso fino all'introduzione degli oscilloscopi.

La registrazione e la riproduzione dei suoni furono possibili solo a partire dalla seconda metà dell'Ottocento. I primi strumenti per registrare graficamente le vibrazioni (ad esempio del diapason) portarono all'invenzione di apparecchi capaci anche di riprodurre i suoni. I primi fonografi (Fig. 9), grafofoni o grammofoani utilizzavano fogli di stagno, cilindri di cera o dischi di gommalacca nei quali erano state incise le vibrazioni di uno

stilo collegato ad un diaframma. In pochi anni questi apparecchi furono perfezionati e divennero estremamente popolari.

Infine nella collezione di acustica sono presenti anche diverse macchine a onde (Fig. 10) che, con vari artifici come pendoli multipli, dischi rotanti ecc., permettevano di visualizzare i vari tipi di onde acustiche: trasversali (in una lamina vibrante), longitudinali (in una canna d'organo), o stazionarie (in caso di riflessione).

All'inizio del xx secolo, con l'invenzione della valvola termoionica e lo sviluppo dei primi strumenti elettronici (amplificatori, altoparlanti, oscilloscopi, ecc.), la maggior parte degli strumenti dell'acustica ottocentesca divenne obsoleta e fu definitivamente abbandonata.

I. SIRENA DOPPIA DI HELMHOLTZ

1890 circa

costruita probabilmente in Germania
180×180×525 mm

inv. n. 20

È composta da due dischi muniti di serie di fori concentrici e montati con un contagiri sullo stesso asse verticale. Azionata da una corrente d'aria compressa essa può generare uno o due suoni. Permette di studiare il fenomeno dei battimenti prodotti dal-



I

l'interferenza di due suoni e di produrre intervalli maggiori e minori.

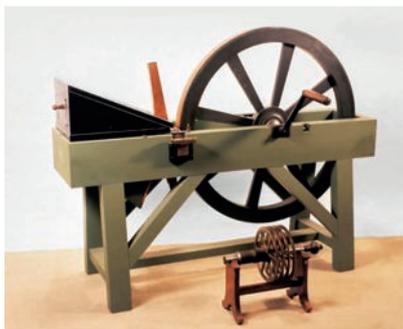
2. BANCO CON LE RUOTE E LO STAFFILE DI SAVART

1850 circa

A. Marloye a Parigi

1550×520×1230 mm

inv. n. 18



2

Con questo strumento è possibile studiare le frequenze più alte e più basse percepite dell'orecchio umano. Facendo ruotare una barra di legno nella fenditura di una cassa si ottengono suoni profondi. Si hanno invece suoni acuti quando al posto della barra si utilizzano alcune ruote dentate i cui denti percuotono rapidissimamente una lamina o un'asticella elastica.

3. GRANDE DIAPASON

1850 circa

A. Marloye a Parigi

1220×630×1075 mm

inv. n. 35



3

Di dimensioni fuori dal comune questo diapason produce un suono di 64 Hertz.

4. QUATTRO TUBI SONORI

1850 circa

A. Marloye a Parigi

altezze: 112, 125, 149, 118 mm

inv. n. 72



4

Di dimensioni e di forme diverse emettono tutti la stessa nota. I costruttori di strumenti acustici proponevano tubi di ogni tipo e dimensione per le più svariate esperienze.

5. BANCO CON TRE LASTRE QUADRATE PER LE FIGURE DI CHLADNI

1854

Officina dell'Istituto Tecnico, Firenze

600×200×375 mm

inv. n. 53



5

Le lastre, dopo essere state cosparse di sabbia fine, vengono fatte vibrare sfregandone il bordo con un archetto. La sabbia si deposita lungo le linee nodali formando figure diverse che dipendono dai vari possibili modi di vibrazione.

6. DIAPASON E ACCESSORI PER PRODURRE LE FIGURE DI LISSAJOUS

1870 circa

R. Koenig a Parigi

lunghezza diapason più lungo 370 mm, più corto 175 mm

inv. n. 42

Due diapason vengono fissati perpendicolarmente. Un raggio di luce



6

viene proiettato su di una parete dopo essere stato riflesso dagli specchietti che ogni diapason reca su uno dei rebbi. Le figure generate dal raggio dipendono dalle frequenze, dalle ampiezze e dalle fasi di oscillazione dei diapason.

7. RISONATORE DI HELMHOLTZ

seconda metà del XIX secolo

R. Koenig a Parigi

diametro 125 mm

inv. n. 27

È formato da una sfera d'ottone munita di un'apertura circolare e di una piccola imboccatura da avvicinarsi all'orecchio.



7

Un suono, la cui frequenza corrisponde a quella del risonatore, viene notevolmente amplificato.

8. ANALIZZATORE ARMONICO DI KOENIG

1890 circa

R. Koenig a Parigi

1060×1040×630 mm

inv. n. 33



8

È munito di una serie di risonatori collegati a capsule manometriche. Il gas che alimenta la fiamma che arde sull'ugello di ogni capsula viene fatto vibrare se uno dei risonatori è eccitato da un suono di frequenza corrispondente. Le fiamme vengono osservate per riflessione in uno specchio rotante. Con tale strumento era possibile determinare le frequenze che componevano suoni complessi (la voce, l'accordo prodotto da uno strumento musicale, ecc.)

9. FONOGRAFO

1880 circa

780×220×355 mm

inv. n. 101

Questo fonografo è simile a quello ideato dall'inventore americano



9

Thomas A. Edison nel 1877. Il suono veniva registrato su di un foglio di stagno da uno stilo che unito ad una membrana vibrava sotto l'influenza di un'onda sonora.

10. MACCHINA A ONDE DI MACH

1900 circa

Max Kohl a Chemnitz

1770×465×715 mm

inv. n. 1

Con questo apparecchio didattico è possibile visualizzare tutta una serie di fenomeni ondulatori. Orientando e azionando opportunamente i pendoli si possono produrre onde che si propagano e onde stazionarie sia longitudinali che trasversali.



10

Meccanica fisica

La “meccanica fisica” è quella disciplina che studia le leggi fondamentali della meccanica, senza occuparsi direttamente delle loro possibili applicazioni pratiche. In questa sezione del Gabinetto si trovano dunque quegli strumenti per mostrare o spiegare fenomeni quali la caduta dei gravi, l’attrito, la combinazione delle forze, i moti di rotazione, l’elasticità, gli urti (Fig. 1), ecc. Molti strumenti della meccanica fisica furono ideati sin dall’inizio del XVII secolo e alcuni derivano da celeberrime esperienze galileiane. Essi permettevano di illustrare in modo chiaro e puramente fenomenologico le leggi della meccanica senza dover ricorrere all’uso della matematica e della geometria (Fig. 2). Tali strumenti, che si rivelarono particolarmente efficaci, furono costantemente riproposti con poche modifiche formali fino ai primi decenni del XX secolo e si ritrovano con minime variazioni costruttive in moltissime collezioni. Molti apparecchi, come la macchina di Atwood (Fig. 3) o quella di Morin per studiare la caduta dei gravi o quelli per mostrare i moti pendolari o rotatori, erano indispensabili in ogni collezione ed erano invariabilmente illustrati e descritti in tutti i trattati di fisica elementare. Alcuni

strumenti dimostrativi, come ad esempio i tribometri (Fig. 4) per studiare gli attriti, erano delle versioni semplificate e di dimensioni ridotte di apparecchi utilizzati originariamente per studi e ricerche. Nella meccanica fisica sono contemplate le cosiddette “macchine semplici” che, come la leva, il cuneo, il piano inclinato, l’argano, la vite (Fig. 5) e la carrucola, erano conosciute ed applicate sin dall’Antichità. Queste non possono essere scomposte in elementi tali da poter essere utilizzati a loro volta come macchine. Numerose sono ad esempio le pulegge e le loro varie combinazioni che nella pratica trovavano moltissime applicazioni (Fig. 6). Vari sono anche gli apparecchi relativi ai moti di rotazione. Uno di essi, munito di numerosi accessori, permette di ripetere la dimostrazione del pendolo di Foucault (Fig. 7), nonché altre esperienze sugli effetti della forza centrifuga. Lo studio dei fenomeni di precessione (cambiamento di direzione dell’asse di rotazione di un corpo) e di conservazione del momento angolare è invece possibile con i giroscopi (Fig. 8). Nella sezione di meccanica fisica si trovano anche alcuni semplici strumenti detti “paradossi” poiché mostravano fenomeni apparentemente illogici e stupefacenti. Fra essi si trovano ad esempio solidi (cilindri, sfe-

re, ecc.) che non scendono lungo un piano inclinato ma restano su di esso semplicemente perché nel loro interno è occultata una zavorra che ne

impedisce la rotazione (Fig. 9). Oppure il “cono saliente” che sembra risalire una telaio inclinato sfidando apparentemente la legge di gravità.

I. APPARECCHIO

PER GLI URTI ELASTICI

1860 circa

Deleuil a Parigi

340×280×720 mm

inv. n. 1291



1

Con questo apparecchio è possibile mostrare i fenomeni relativi agli urti elastici fra una serie di pendoli muniti di sfere d'avorio.

2. PIANO INCLINATO

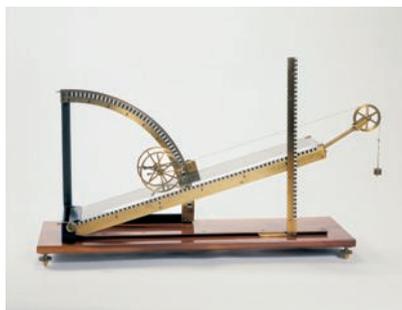
1855 circa

M. Pierucci a Pisa

715×223×470 mm

inv. n. 1152

Con questo apparecchio è possibile mostrare le condizioni di equilibrio



2

di un carrello attaccato ad un peso e posto su di un piano la cui inclinazione può essere variata.

3. MACCHINA DI ATWOOD

1860 circa

M. Pierucci a Pisa

545×670×2600 mm

inv. n. 1321

Con questa macchina, che sostanzialmente permette di osservare dei gravi in caduta frenata, è possibile studiare il moto uniforme, quello uniformemente accelerato e calcolare anche la costante di gravità.



3



4

4. TRIBOMETRO DI COULOMB

fine del XIX secolo

1040×170×210 mm

inv. n. 1154

Grazie a questo apparecchio è possibile mostrare come la forza per vincere l'attrito che si oppone allo scivolamento di un corpo su di un piano dipenda dal suo peso e dal tipo di superficie dello stesso.

5. APPARECCHIO DI FRICK PER MOSTRARE L'AZIONE DELLA VITE

1900 circa

Max Kohl A Chemnitz

altezza 252 mm, larghezza massima

280 mm



5

inv. n. 1158

Con esso è possibile mostrare come la vite sia equivalente ad un piano inclinato avvolto su di un cilindro.

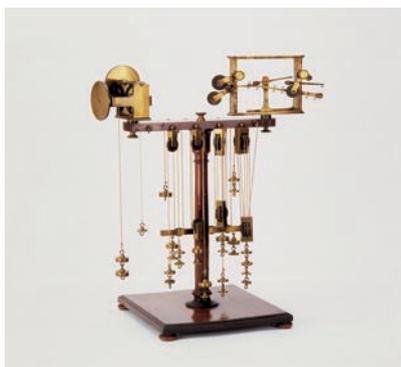
6. APPARECCHIO CON MACCHINE SEMPLICI

1850 circa

di probabile provenienza inglese

410×286×620 mm

inv. n. 1194



6

Un telaio sostiene una serie di pulegge e paranchi nonché alcune leve e una vite senza fine che ingrana su una ruota dentata.

7. MODELLO DI PENDOLO DI FOUCAULT

1865 circa

Deleuil a Parigi

1007×615×1930 mm

inv. n. 1156 e n. 1579

Con esso è possibile ripetere in modo semplificato la celebre esperienza



7

za proposta da Léon Foucault nel 1855, che permise di dimostrare con un metodo non astronomico la rotazione della Terra. L'esperienza mostra come un pendolo mantenga invariato il suo piano di oscillazione anche se appeso ad una sospensione rotante.

8. GIROSCOPIO DI BOHNENBERGER

1895 circa

505×242×226 mm

inv. n. 1157

Questo giroscopio è formato essenzialmente da un disco metallico massiccio imperniato su di un asse libero di ruotare in un sostegno cardanico. Quando il disco viene posto in rapida rotazione esso tende a



8

mantenere la sua posizione nonostante i movimenti del telaio nel quale si trova.

9. PARADOSSO DEL CILINDRO SALIENTE

seconda metà del XIX secolo
piano inclinato: 480×133×72 mm; cilindro: diametro 115 mm, lato 180 mm
inv. n. 1142



9

Sorprendentemente il cilindro non rotola sul piano. In realtà una zavorra ne impedisce il movimento.

Idrostatica

L'idrostatica è la scienza che studia l'equilibrio dei liquidi. Fu materia di studio sin dall'Antichità (basti ricordare il famoso principio d'Archimede per cui un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato). Galileo nel trattato *La Bilancetta*, scritto nel 1586 ma pubblicato postumo, descrisse una bilancia idrostatica, strumento per determinare il peso specifico dei corpi che, notevolmente migliorato, è in uso ancora oggi (Fig. 1). Nello stesso periodo Simon Stevin mostrò che la pressione esercitata da una colonna di liquido sottoposta alla forza di gravità è direttamente proporzionale alla sua altezza e alla sua densità ma è indipendente dalle dimensioni o dalla forma del contenitore. Questa legge è illustrata da diversi strumenti presenti nella collezione (Fig. 2).

Verso la metà del XVII secolo Blaise Pascal affermò che la pressione esercitata in una regione qualsiasi di un fluido si trasmette in tutte le direzioni con la stessa intensità. Tale principio venne mostrato tramite numerosi apparecchi didattici (Fig. 3) e fu applicato all'inizio del XIX secolo nell'invenzione della pressa idraulica (Fig. 4) e successivamente anche a una miriade di altre macchine. Soprattutto a partire dalla fine del

XVIII secolo furono introdotti gli areometri (o densimetri), sorta di galleggianti che, sfruttando il principio di Archimede, permettono di determinare il peso specifico del liquido nel quale sono immersi. Gli areometri (di vetro o di metallo) furono diffusissimi in ambito industriale per "pesare" acidi, liscive, soluzioni saline, liquori alcoolici, ecc. (Fig. 5). Alla "fisica divertente" appartengono invece quegli apparecchi come la fontana di Erone, la fontana intermittente, il vaso di Tantalo, il ludione (o diavoleto di Cartesio) o il martello ad acqua (Fig. 6) che, sfruttando le leggi dell'idrostatica producono fenomeni curiosi.

In questa sezione sono conservati anche i piezometri per lo studio della compressibilità dei liquidi e gli strumenti per mostrare i fenomeni capillari dovuti alle interazioni di un liquido e di un solido sulla loro superficie di separazione. Tipico è il caso dell'acqua che risale nei tubi di piccolo diametro (Fig. 7).

Nella collezione sono pochi gli strumenti per lo studio dell'idrodinamica, scienza che si occupa del moto dei fluidi. Ma particolarmente interessante in questa sezione è lo strumento ideato da Eugenio Bazzi, che fu direttore del Gabinetto, per studiare tramite uno stroboscopio le forme che assume una vena liquida sottile che fuoriesce da un recipiente.

I. BILANCIA IDROSTATICA DI MOHR E WESTPHAL
1895 circa
392×214×470 mm
inv. n. 1086



1

Questo tipo di bilancia, consente di determinare i pesi specifici dei liquidi.

2. APPARECCHIO DI HALDAT
1860 circa
Deleuil a Parigi
602×365×795 mm
inv. n. 1062

Questo apparecchio serve a dimostrare come la pressione esercitata da un liquido sul fondo di un vaso dipenda solamente dall'altezza del liquido ma non dalla sua quantità. Una serie di tubi di diametri e forme diversi vengono successivamente riempiti d'acqua sino allo stesso livello. L'acqua preme su di una co-



2

lonna di mercurio che si innalza fino alla stessa altezza, indipendentemente dalla forma del tubo utilizzato.

3. APPARECCHIO PER L'EQUILIBRIO DI UN LIQUIDO NEI VASI COMUNICANTI
1860 circa
Deleuil a Parigi
Altezza 510, diametro 133 mm
inv. n. 1021



3

Con esso è possibile mostrare il principio dei vasi comunicanti e il fatto che le colonne di un liquido esercitano la loro pressione indipendentemente le une dalle altre.

4. MODELLO DI PRESSA IDRAULICA

1870 circa

J. Salleron a Parigi

370×240×365 mm

inv. n. 1240



4

È composta essenzialmente da due cilindri di diametro diverso riempiti di olio nei quali sono inseriti due pistoni. La pressione esercitata dal pistone più piccolo agisce anche su quello più grande, che essendo di diametro maggiore, esercita una forza proporzionalmente maggiore.

5. AREOMETRO DI NICHOLSON CON

TUBO DA SAGGIO

1850 circa

altezza 360

mm, diametro

186 mm

inv. n. 1108

È un galleggian-
te immerso par-
zialmente nel-
l'acqua che per-
mette di misura-
re il peso specifico di un corpo solido.



5

6. MARTELLI AD ACQUA

circa 1870

altezza 290 diametro max. 50 mm

inv. n. 1046

Queste fiale sono state sigillate dopo aver fatto bollire l'acqua in esse contenuta per scacciarne l'aria. Quando le fiale vengono scosse o capovolte



6

rapidamente, l'acqua cade senza suddividersi per la presenza di aria e provoca un rumore secco come un colpo di martello.

7. TUBI RICURVI PER LA CAPILLARITÀ fine XIX sec.

per entrambi: altezza 302, diametro
62 mm

inv. n. 1451

Questi tubi a
"U" hanno un
braccio di dia-
metro assai più
fine dell'altro. Se
riempiti d'acqua
questa risale più
in alto nel brac-
cio più stretto
che in quello più
largo.



7

Pneumatica

Nella fisica ottocentesca si definiva la pneumatica, a volte detta aerometria, come quella scienza riguardante le leggi della pressione, dell'elasticità, della rarefazione e della condensazione del fluido atmosferico e più in generale di tutti i gas.

La possibilità dell'esistenza del vuoto era stata risolutamente negata da Aristotele nella sua *Fisica*, che dominò quasi incontrastata fino alla metà del secolo XVII. La fisica di Aristotele stimolò nel Medioevo l'elaborazione e la progressiva affermazione della teoria dell'"orrore del vuoto" da parte della natura. La teoria dell'*horror vacui* venne messa definitivamente in crisi nel 1644 da Evangelista Torricelli, discepolo di Galileo con un celeberrimo e semplice esperimento. Una lunga provetta riempita di mercurio veniva capovolta in una bacinella contenente lo stesso liquido. La colonnina di mercurio scendeva stabilendosi ad un'altezza di circa 76 cm lasciando sopra di sé uno spazio vuoto. Torricelli capì inoltre che la colonnina era sostenuta dal peso dell'aria che agiva sul mercurio contenuto nella bacinella. Lo strumento così realizzato, il primo barometro, permetteva dunque di misurare la pressione atmosferica e le sue variazioni (Fig. 1). Nel 1567 Otto von Guericke dimostrava con un'esperimento spettacolo-

lare l'azione della pressione atmosferica: due pariglie di cavalli non poterono separare una coppia di emisferi riuniti nei quali era stata tolta l'aria con una pompa a siringa. Questa esperienza, che mostra la forza della pressione atmosferica, divenne un classico di tutti i corsi di fisica e da allora viene riprodotta in scala ridotta con gli emisferi di Magdeburgo (Fig. 2). Nel Settecento si moltiplicarono le dimostrazioni e le osservazioni e vennero costruite pompe pneumatiche (generalmente a uno o due pistoni) che diventarono strumenti fondamentali in ogni collezione e, assai migliorate, furono utilizzate sino all'inizio del '900 (Fig. 3). Esse erano corredate da tutta una serie di accessori per le più svariate esperienze: il baroscopio (Fig. 4), il crepa-vescica, il tagliamela (Fig. 5), la fontana nel vuoto, la pioggia di mercurio. Tutti questi strumenti, presenti in ogni gabinetto di fisica, permettevano di mettere in evidenza gli effetti della pressione atmosferica a volte in modo divertente e sorprendente. Con quelli elettrostatici, gli esperimenti pneumatici erano fra i più apprezzati nelle serate scientifiche che verso la metà del XVIII secolo erano di moda fra le classi colte e agiate.

Nell'Ottocento le pompe a pistoni vennero notevolmente migliorate e nei laboratori furono molto utilizza-

ti gli aspiratori ad acqua, per produrre vuoti poco spinti, e anche piccole pompe a compressione (Fig. 6). Nella seconda metà del secolo furono introdotte le pompe pneumatiche a mercurio. Nel tipo Geissler una colonna mobile di mercurio fungeva da pistone liquido, mentre in quelle di tipo Sprengel il gas da evacuare era intrappolato fra le goccioline di mercurio che cadevano lentamente in un tubo sottile (Fig. 7). Benché fragili, poiché costituite essenzialmente di vetro, e lente nel funzionamento, esse per-

mettevano però di raggiungere vuoti sempre più spinti e vennero molto utilizzate per evacuare i tubi a scarica, le prime lampadine a incandescenza e i tubi a raggi X. All'inizio del Novecento vennero ideate pompe meccaniche sempre più perfezionate: ad olio (Fig. 8), rotative, a mercurio, ecc. e, infine, quelle a diffusione senza parti mobili. L'importanza delle tecniche del vuoto aumentò enormemente nel corso del xx secolo sia nell'ambito della ricerca scientifica che per i molteplici bisogni dell'industria.

I. BAROMETRO A COLONNA

inizio del XVIII secolo

D. Quare a Londra

altezza 965 mm

inv. n. 1316



1

Questo strumento è probabilmente il più antico della collezione. Entrò nel Gabinetto di Fisica alla fine del XIX secolo con una serie di strumenti ceduti all'Istituto Tecnico dal Pio Istituto de' Bardi.

2. EMISFERI DI MAGDEBURGO

seconda metà del XIX secolo

di probabile provenienza francese

diametro 112 mm

inv. n. 1229

Con questo strumento è possibile ripetere in scala ridotta il celebre esperimento di von Guericke. La pres-



2

sione atmosferica impedisce di separare gli emisferi quando, dopo essere stati giustapposti, vengono evacuati da una pompa pneumatica.

3. POMPA PNEUMATICA A DUE CILINDRI
1860 circa
J. Salleron a Parigi
610×405×1100 mm
inv. n. 1201



Questo tipo di pompa fu molto diffusa in tutti i laboratori e gabinetti scientifici dalla fine del XVIII all'inizio del XX secolo.

I pistoni muniti di valvole erano azionati tramite due cremagliere dal movimento alternativo di un manubrio.

4. BAROSCOPIO
seconda metà del XIX secolo
220×105×214 mm
inv. n. 1225



Questo strumento permette di mostrare come un corpo immerso nell'aria riceva una spinta idrostatica secondo il ben noto principio di Archimede. Nell'aria i bracci sono in equilibrio, mentre sotto una campana pneumatica evacuata, il giogo si abbassa dalla parte della sfera cava.

5. TAGLIAMELA
1860 circa
di costruzione francese
altezza 193 mm, diametro max. 127 mm
inv. n. 1578



Questo curioso apparecchio, che veniva posto sul piatto di una macchina pneumatica, permetteva di tagliare il torsolo di una mela sfruttando la forza su di essa esercitata dalla pressione atmosferica.

6. PICCOLA POMPA ASPIRANTE E PREMENTE

seconda metà del XIX secolo
di provenienza francese
195×105×442 mm
inv. n. 1041

Con questa piccola pompa era possibile sia comprimere che aspirare l'aria. Apparecchi di questo tipo erano utili per un gran numero di esperienze.

7. POMPA PNEUMATICA A MERCURIO DI TIPO SPRENGEL
fine del XIX secolo
Alvergnyat
a Parigi



6



7

460×365×1850 mm
inv. n. 1220

Illustrazione del 1874 di una pompa a mercurio di tipo Sprengel presente nel Gabinetto. Con questo tipo di macchina pneumatica era possibile raggiungere vuoti più spinti di quelli ottenibili con le pompe a pistoncini.

8. POMPA PNEUMATICA A DUE CILINDRI

inizio del XX secolo
1905 circa
di provenienza tedesca
550×440×710 mm
inv. n. 1203

Questa pompa è dotata di due cilindri nei quali si muovono i pistoncini posti in un bagno d'olio e azionati da un bilanciere.



8

Termologia

La termologia, scienza che studia i fenomeni relativi al calore, compì enormi progressi nell'Ottocento. Grazie alle ricerche di Benjamin Thompson e di altri la teoria che postulava l'esistenza del "calorico", sorta di fluido responsabile della temperatura dei corpi, venne lentamente abbandonata. Si affermò, non con poche resistenze, l'idea che calore e lavoro fossero strettamente correlate e rappresentassero forme diverse di energia.

Accurate ricerche sulla dilatazione dei materiali portarono notevoli miglioramenti nella costruzione dei termometri (ad aria, a mercurio, ad alcool, ecc.) e nella collezione del Gabinetto di Fisica sono conservate decine di termometri sia di uso puramente didattico (Fig. 1) che utilizzati per misure di precisione (Fig. 2). A partire dall'inizio del XIX secolo furono studiati i fenomeni relativi alla fisica dei gas e Joseph Gay Lussac, John Dalton, Pierre L. Dulong, Alexis Petit e Victor Regnault furono solo alcuni fra i più famosi fisici e chimici che si occuparono di queste ricerche. Con calorimetri (Fig. 3) di vario tipo si misurarono con precisione i calori specifici (necessari per innalzare la temperatura di una sostanza di un grado), i calori latenti

(necessari ai cambiamenti di stato quali il passaggio fra liquido a vapore) e quelli di combustione. Si determinarono i coefficienti di dilatazione di solidi (Fig. 4), liquidi e gas (Fig. 5). Tali ricerche portarono anche ai primi esperimenti per la liquefazione dei gas, effettuati grazie a macchine capaci di comprimerli e raffreddarli contemporaneamente, e si inventarono anche macchine per congelare l'acqua e ottenere il ghiaccio (Fig. 6).

La propagazione del calore nei solidi fu studiata analiticamente da Joseph Fourier negli anni venti dell'Ottocento (Fig. 7). Mentre nel 1824, studiando le macchine a vapore, Sadi Carnot, uno dei padri della termodinamica, dimostrò che si può ottenere lavoro dallo scambio di calore tra due sorgenti a temperature differenti. Carnot, pur ragionando ancora in termini di calorico, quantificò questo lavoro e introdusse il concetto di ciclo termodinamico e di rendimento. Negli anni '40 dell'Ottocento, in seguito a lunghe ricerche che ebbero un ruolo essenziale nello sviluppo della legge sulla conservazione dell'energia, James Joule determinò con precisione l'equivalente meccanico della caloria (Fig. 8). Numerosi strumenti didattici semplificati permettevano di ripetere tale esperienza nei corsi di fisica. Nel 1848

William Thomson (Lord Kelvin) in base a considerazioni teoriche propose una scala di temperature assoluta, indipendente dalle proprietà fisiche dei materiali (0 gradi centigradi corrispondono a 273,15 gradi Kelvin). I lavori di Clausius, Clapeyron, Kelvin e di altri estesero le ricerche di Carnot e portarono all'elaborazione del secondo principio della termodinamica per il quale ad esempio un passaggio di calore può avvenire solo da un corpo caldo ad uno freddo. Verso la metà del secolo James C. Maxwell e Ludwig Boltzmann gettano le basi della teoria cinetica dei gas per la quale le proprietà fisiche dei gas vengono spiegate in termini di dinamica microscopica delle mole-

cole. A partire dalla fine dell'Ottocento la termodinamica, dotata di una struttura teorico-matematica sempre più sofisticata, trovava importantissime applicazioni pratiche ad esempio nella progettazione di macchine termiche (macchine a vapore, motori a combustione interna, ecc.).

Infine, fin dalla prima metà dell'Ottocento Macedonio Melloni si era interessato ai fenomeni di quello che all'epoca era denominato "calore raggianti" (i raggi infrarossi). Melloni ideò un apposito "banco" con il quale era possibile misurare la quantità di radiazione infrarossa trasmessa, assorbita, riflessa, rifratta o polarizzata da varie sostanze (Fig. 9).

I. APPARECCHIO A QUATTRO TERMOMETRI

1870 circa

di costruzione probabilmente italiana

210×120×445 mm

inv. n. 1002

Tre dei quattro termometri ad alcool hanno i bulbi ricoperti di vernici diverse. Quando l'apparecchio è esposto a una sorgente di calore i termometri indicano temperature diverse per il diverso potere assorbente delle superfici dei bulbi.



1

2. TERMOMETRO DI BECKMANN

inizio del xx secolo

R. Goetze a Lipsia

altezza totale 595 mm

inv. n. 993



2

Dettaglio della parte superiore di un termometro di Beckmann. Questo tipo di termometro di precisione necessita di essere tarato per l'intervallo di temperature che si desiderano misurare e che possono essere determinate al centesimo di grado centigrado.

3. PIROMETRO CALORIMETRICO

1870 circa

J. Salleron a Parigi

altezza 415 mm, diametro massimo



3

162 mm

inv. n. 854

Questo strumento, formato da un recipiente isolato a doppia parete, è munito di termometro. Un provino di rame viene portato alla temperatura che si vuole misurare (ad esempio di un forno). Viene poi immerso nell'acqua contenuta nel calorimetro. Conoscendo la temperatura iniziale e finale dell'acqua, e il calore specifico del rame, è possibile determinare la temperatura cercata.

4. PIROMETRO (O DILATOMETRO)

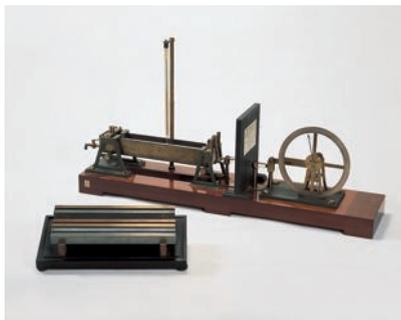
1870 circa

C. Lüttig a Berlino

923×198×460 mm

inv. n. 911

Questo dilatometro permette di misurare e confrontare la dilatazione che subiscono metalli diversi quando vengono riscaldati. La sbarra in esame viene posta in una bacinella piena d'acqua della quale viene innalzata la temperatura. Dilatandosi,



4

la sbarra agisce su di un meccanismo che muove una lancetta posta al centro di un quadrante graduato.

5. APPARECCHIO DI DUMAS PER DETERMINARE LA DENSITÀ DEI VAPORI
1870 circa
altezza 265 mm, diametro massimo 262 mm
inv. n. 857



Con questo strumento è possibile determinare la densità di un gas contenuto in un'ampolla di vetro sigillata.

6. MACCHINA DI CARRÉ
seconda metà del XIX secolo
110x450x1160 mm
inv. n. 845

Foglio che illustra il funzionamento della macchina di Carré per produrre il ghiaccio. Con essa si sfrutta il fatto che un liquido evaporando rapidamente toglie calore a sé stesso. Questo apparecchio, che si trova nella collezione, non era solo utilizzato



6
nei laboratori ma anche nei caffè francesi della seconda metà dell'Ottocento per raffreddare le bibite e per produrre il ghiaccio.

7. APPARECCHIO DI DESPRETZ PER LA PROPAGAZIONE DEL CALORE
1900 circa
G. Santarelli a Firenze
600x330x440 mm
inv. n. 869



Con questo strumento era possibile riscaldare l'estremità di una barra di rame. In essa sono inseriti sette termometri a intervalli regolari. Le temperature indicate dai termometri decrescono esponenzialmente in funzione della distanza dalla fonte di calore.

8. APPARECCHIO DI JOULE

inizio del XX secolo

Max Kohl a Chemnitz

1430×295×1870 mm

inv. n. 895



8

Con questo apparecchio è possibile riscaldare di poche frazioni di grado una massa d'acqua grazie all'attrito generato in essa da una ruota a palette azionata dalla caduta di due pesi. Con un apparecchio del tutto simile Joule fu in grado di determinare l'equivalente meccanico della calorìa.

9. BANCO DI MELLONI

1865 circa

Deleuil a Parigi

1020×180×450 mm

inv. n. 303

Con questo strumento, ricco di accessori, era possibile studiare i fenomeni relativi al "calore raggianti", nome che un tempo si dava ai raggi infrarossi.



9

Meteorologia

La meteorologia è la scienza che studia i fenomeni atmosferici. La loro influenza sulla vita dell'uomo e sulle sue attività come l'agricoltura ha fatto sì che le prime osservazioni climatiche e le prime teorie meteorologiche risalgano all'Antichità. Solo a partire dalla fine del Settecento le osservazioni e le misure meteorologiche cominciarono a essere fatte in modo sistematico e nel XIX secolo vennero estese grazie all'istituzione di una rete sempre più capillare di osservatori e anche all'introduzione di strumenti registratori.

Il Gabinetto possiede una piccola raccolta di strumenti per la meteorologia che nell'Ottocento era considerata una branca della fisica. La collezione comprende una serie di barometri di vario tipo sia per misure da laboratorio che per quelle da effettuarsi sul campo. Fondamentalmente tali barometri possono essere divisi in due categorie. In quelli a mercurio (Fig. 1), che derivano dalle seicentesche esperienze torricelliane, la pressione atmosferica agisce su una colonna di mercurio di cui si legge l'altezza, in quelli aneroidi (detti anche olosterici, Fig. 2) ideati all'inizio dell'Ottocento, i cambiamenti di pressione deformano leggermente una capsula metallica evacuata collegata ad una lancetta indicatri-

ce. Le misure di umidità vengono effettuate con gli igrometri. Molti di essi, assai diffusi ma non molto precisi, funzionano grazie al fatto che le sostanze organiche (come ad esempio i capelli) cambiano dimensione in funzione dello stato igrometrico dell'aria (Fig. 3). Altri igrometri più sofisticati sfruttano fenomeni quali la condensazione del vapore acqueo o il suo assorbimento da parte di sostanze igroscopiche.

La temperatura viene determinata da termometri a mercurio o ad alcool derivanti dai termoscopi proposti a partire dalla fine del XVII secolo. Sinò all'inizio del '900 i termometri recavano spesso due o più scale (centigrada, Réaumur e Fahrenheit). Oggi la scala Réaumur è abbandonata e quella Fahrenheit si utilizza essenzialmente nei paesi anglosassoni. Nell'Ottocento si affermarono anche i termometri detti a massima e a minima, capaci cioè indicare le temperature più alte e più basse raggiunte in un dato periodo di osservazione. Nella collezione di meteorologia si trovano anche alcuni anemometri per misurare la velocità del vento (Fig. 4) e alcuni strumenti per misurare l'irraggiamento solare.

L'introduzione di osservazioni meteorologiche sistematiche richiedeva la presenza di un osservatore che periodicamente con procedure tediose

e ripetitive trascriveva le indicazioni dei vari strumenti. Per ovviare a questo inconveniente nel XIX secolo furono introdotti apparecchi registratori. Grazie ad essi l'andamento di

grandezze quali pressione, temperatura o umidità, veniva automaticamente registrato su di un foglio di carta mosso da un movimento ad orologeria (Fig. 5).

1. BAROMETRO A MERCURIO

1870 circa
Deleuil a Parigi
altezza 1055 mm
inv. n. 1311

Lo strumento è munito di due termometri con scale diverse e di un nonio per leggere con maggior precisione l'altezza della colonna di mercurio.



1

2. BAROMETRO ANEROIDE
seconda metà del XIX secolo
di provenienza francese
diametro 208
inv. n. 1299



2

In questo strumento le variazioni della pressione atmosferica si ripercuotono sulla forma di una capsula metallica collegata ad una lancetta indicatrice.

3. IGROMETRO A CAPELLO DI SAUSSURE

1860 circa
Deleuil a Parigi
100×325 mm
inv. n. 896

Un capello sgrassato è teso verticalmente su di una puleggia munita di lancetta indicatrice. Le variazioni di umidità atmosferica modificano le lunghezze del capello. Tali strumenti non potevano fornire indicazioni molto precise.



3

4. ANEMOMETRO

1900 circa
larghezza massima 85
inv. n. 1244

Questo strumento è munito di una leggera ruota a palette collegata con un contagiri. La velocità del vento



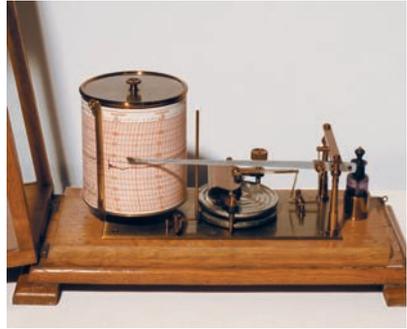
4

può essere calcolata conoscendo il numero di giri effettuati in un intervallo di tempo conosciuto.

5. BAROGRAFO

inizio XX secolo

di provenienza inglese



5

357×190×205 mm

inv. n. 1247

Una punta scrivente, fissata ad un braccio collegato a due capsule evacuate, traccia l'andamento della pressione su di un foglio di carta avvolto intorno a un cilindro mosso ad orologeria.

Elettrostatica

L'elettrostatica, è la branca dell'elettricità che studia essenzialmente i fenomeni relativi alle cariche elettriche stazionarie e alle loro interazioni. La capacità dell'ambra di attrarre piccoli corpi leggeri quando strofinata era conosciuta sin dall'Antichità (in greco *elektron* designa appunto l'ambra, da cui il termine elettricità). Ma è essenzialmente a partire dal XVII secolo che l'elettricità statica comincia ad interessare gli studiosi. I primi veri generatori elettrostatici, nei quali un globo di vetro posto in rapida rotazione veniva elettrizzato per strofinio (Fig. 1), risalgono all'inizio del Settecento. Le macchine a strofinio vennero poi costruite con dischi o cilindri di vetro rotanti e rimasero nell'uso (almeno didattico) sino all'inizio del XX secolo (Fig. 2).

Verso il 1745, l'invenzione della bottiglia di Leida, rudimentale condensatore elettrico capace di accumulare forti cariche, diede grande impulso agli studi sull'elettricità e permise tutta una serie di nuove osservazioni relative alle proprietà delle scintille e all'azione delle scariche elettriche (Fig. 3). Nella seconda metà del XVIII secolo i fenomeni dell'elettrostatica, che si presta ad una serie di spettacolari esperienze, suscitavano l'interesse della società col-

ta ed erano l'occasione per organizzare serate con dimostrazioni sperimentali che combinavano divertimento mondano e curiosità scientifica. Con le scariche delle macchine elettrostatiche e delle bottiglie di Leida si incendiavano liquidi infiammabili, si scoccavano "baci elettrici", si illuminano tubi nei quali era stato fatto un vuoto parziale, si azionava lo scampanio elettrico (Fig. 4) e si producevano commozioni capaci di far sobbalzare contemporaneamente decine di persone che si tenevano per mano. Anche per tutto l'Ottocento le esperienze di elettrostatica furono molto popolari e i costruttori proponevano numerosissimi strumenti didattici per ripeterle. Il cannone elettrico (Fig. 5), il foracarta, il foravetro (Fig. 6), la danza dei pupazzi, i tubi scintillanti (Fig. 7), ecc. rimasero nell'armamentario dei gabinetti di fisica per oltre un secolo.

Nel Settecento furono numerose le teorie avanzate per tentare di spiegare il gran numero di fenomeni elettrici osservati. Fra esse ricordiamo quella proposta da Benjamin Franklin, il celebre inventore del parafulmine (Fig. 8), che postulava l'esistenza di cariche positive e negative. Ma solo a partire dalla fine del Settecento l'elettrostatica cessò di essere una scienza essenzialmente qualitativa.

Grazie a semplici ma sensibili strumenti di misura, Alessandro Volta stabilì la relazione fondamentale fra carica e tensione elettrica mentre Charles A. Coulomb con una bilancia di torsione misurò con precisione l'azione delle forze elettrostatiche (Fig. 9). Nella seconda metà dell'Ottocento vennero ideati nuovi generatori, assai più potenti delle macchine a strofinio e basati sui fenomeni di induzione elettrostatica. Tali macchine, capaci di produrre tensioni di parecchie migliaia di volt, era-

no ampiamente utilizzate nei laboratori per produrre potenti scariche elettriche e trovavano numerose applicazioni anche in elettroterapia (Fig. 10). A partire dal 1930 i grandi generatori elettrostatici ideati da R. Van de Graaff furono utilizzati nella fisica delle alte energie e oggi i fenomeni elettrostatici trovano numerosissime applicazioni industriali e sono ad esempio sfruttati per precipitare fumi e polveri, per speciali procedimenti di verniciatura e nelle macchine fotocopiatrici.

I. MACCHINA ELETTROSTATICA A GLOBO DI VETRO

inizio del XIX secolo
costruita probabilmente in Italia

740×365×570 mm

inv. n. 446

Il globo fatto ruotare rapidamente era elettrizzato da un cuscinet-

to di cuoio e le cariche si accumulavano su un conduttore sferico di ottone munito di pettine.

2. MACCHINA ELETTROSTATICA A DISCO

1865 circa

Deleuil a Parigi



1



2

1750×875×1720 mm

inv. n. 449

Questo generatore di tipo francese è munito di un disco di vetro strofinato da due coppie di cuscinetti. Le cariche prodotte sul disco vengono accumulate su due grossi conduttori metallici collegati fra loro.

3. BATTERIA DI NOVE BOTTIGLIE DI LEIDA

1850 circa

365×365×400 mm

inv. n. 365



3

Le bottiglie sono ricoperte internamente ed esternamente con fogli di stagnola che formano le "armature". Quelle interne sono collegate a conduttori d'ottone.

4. SCAMPANIO ELETTRICO

inizio del XIX secolo

larghezza 330 mm, altezza 530 mm

inv. n. 423



4

Le campanelle esterne vengono caricate elettricamente e quella centrale è collegata a terra. Per azione delle forze elettrostatiche i pendolini oscillano fra esse trasferendo le cariche e producendo uno scampanio.

5. CANNONE ELETTRICO

metà del XIX secolo

222×50×97 mm

inv. n. 408.

Il piccolo cannone viene riempito con una miscela di gas detonante.



5

Una scintilla accende il gas che con uno scoppio scaglia lontano il tappo di sughero che chiude la bocca.

6. FORAVETRO

metà del XIX secolo

332×173×460 mm

inv. n. 385



6

Con questo strumento, che viene collegato con una batteria di bottiglie di Leida, è possibile perforare una lastrina di vetro grazie all'azione di una forte scintilla.

7. TUBI SCINTILLANTI

inizio del XIX secolo

diametro 173 mm, altezza 400 mm

inv. n. 392

Con questo apparecchio, che viene collegato ad una macchina elettrostatica, è possibile far scoccare una miriade di piccole scintille fra i di-



7

schetti di stagnola incollati su cinque tubi di vetro.

8. CASA CON PARAFULMINE

prima metà del XIX secolo

costruzione probabilmente inglese

174×130×240 mm

inv. n. 384

Questo modello scomponibile di casa serve a mostrare l'utilità del para-



8

fulmine. Al suo interno si inserisce una piccola cartuccia di polvere da sparo. Quando il parafulmine risulta colpito da una scintilla elettrica, la scarica era inoffensiva se esso è collegato a terra. Se tale collegamento viene interrotto la scintilla fa esplodere la polvere e la casa crolla.

9. BILANCIA DI TORSIONE DI COULOMB
1865 circa
Deleuil a Parigi
740×740×1100 mm
inv. n. 525



9

Con tale strumento è possibile misurare le forze elettrostatiche tra due

corpi carichi elettricamente (uno fisso e uno mobile appeso a un filo di torsione). Tali forze agiscono in ragione dell'inverso del quadrato della distanza fra le cariche.

10. MACCHINA ELETTROSTATICA AD INDUZIONE DI HOLTZ
1880 circa
Borchardt a Berlino
790×605×1365 mm
inv. n. 451

Tramite un complesso gioco di azioni elettrostatiche macchine di questo tipo possono generare tensioni dell'ordine delle centinaia di migliaia di volt e, a parità di dimensioni, sono assai più efficaci e potenti di quelle a strofinio.



10

Elettrodinamica ed elettromagnetismo

Sino alla fine del XVIII secolo l'elettricità (o meglio l'elettrostatica) e il magnetismo erano due campi di indagine separati. Quest'ultimo si occupava dei fenomeni relativi alle calamite (Fig. 1) e allo studio del campo magnetico terrestre la cui conoscenza era fondamentale per la navigazione. Nel 1800 Alessandro Volta annunciò l'invenzione della pila elettrica, primo strumento capace di fornire una corrente continua. La pila voltiana, ancora rudimentale, fu ben presto sostituita da altre più efficaci e dall'azione più duratura (Fig. 2). La corrente elettrica si rivelò capace di potenti azioni chimiche (elettrolisi) che portarono alla scoperta di elementi come il potassio o il sodio. Alle pile elettrochimiche si affiancarono le pile termoelettriche capaci di generare elettricità scaldando le giunzioni di metalli diversi (Fig. 3). Nel 1820 Hans Christian Ørsted osservò che un filo percorso da una corrente devia un ago magnetico mostrando per la prima volta lo stretto legame esistente fra elettricità e magnetismo. Pochi anni dopo Georg Ohm pubblicò le sue ricerche nelle quali aveva chiaramente definito la fondamentale relazione che riunisce corrente elettrica, tensione e resistenza. Negli stessi anni

André Marie Ampère studiava le azioni meccaniche che si esercitano fra correnti (Fig. 4), postulando che il magnetismo nelle calamite era generato da microscopiche correnti molecolari. Elaborò, inoltre, una sofisticata teoria matematica che spiegava i fenomeni elettromagnetici allora conosciuti. Sfruttando il fatto che una corrente elettrica genera un campo magnetico si costruirono i primi elettromagneti (Fig. 5), assai più potenti delle calamite naturali, che trovarono un numero crescente di applicazioni tecniche. Pochi anni dopo, Michael Faraday, abilissimo sperimentatore, scoprì l'induzione elettromagnetica: osservò che un magnete in movimento generava una corrente in un circuito posto vicino ad esso e anche che un circuito percorso da una corrente variabile generava una corrente indotta in un circuito adiacente. Era il primo trasformatore da cui derivarono, ad esempio, le bobine di induzione (o rocchetti di Ruhmkorff, Fig. 6). Questi trasformatori ad alta tensione, che furono comunissimi nei laboratori, soppiantarono lentamente le macchine elettrostatiche. Si costruirono i primi rudimentali motori (Fig. 7) e generatori elettrici (Fig. 8) che però per diversi anni rimasero essenzialmente curiosità da laboratorio. Con lo sviluppo dell'elettromagnetismo i gabinet-

ti di fisica si arricchirono in pochi anni di una miriade di strumenti da dimostrazione e di misura. Negli anni '60 James Clerk Maxwell, estendendo le ricerche e gli studi di Faraday, fece una geniale sintesi teorica dei fenomeni elettromagnetici nei quali veniva inclusa anche la luce. Maxwell postulò l'esistenza di onde elettromagnetiche che verranno osservate sperimentalmente da Heinrich Hertz solo negli anni '80 del XIX secolo (Fig. 9). Si studiarono i fenomeni relativi alle correnti alternate e alle oscil-

lazioni elettriche ad alta frequenza dimostrate da Nikola Tesla e da altri con spettacolari esperienze (Fig. 10). Tali ricerche furono alla base dei primi esperimenti di telegrafia senza fili. Negli ultimi decenni dell'Ottocento, una migliore comprensione dei fenomeni elettromagnetici permise sia lo sviluppo di più efficaci dinamo e motori a corrente continua che l'introduzione di macchine a corrente alternata. Verso il 1870 l'energia elettrica e le sue applicazioni cominciarono ad essere utilizzate su scala industriale.

I. CALAMITA ARMATA CON SOSTEGNO
fine XVIII secolo

270×150×395 mm

inv. n. 585

Si tratta di un pezzo di magnetite (minerale magnetico) racchiuso in una scatola di ottone. L'armatura consiste in alcune barrette di ferro che, giu-

stapposte al magnete, ne rafforzano il campo.

2. PILE A TRUOGOLI

metà del XIX secolo

The Gutta Percha Company a Londra
440×110×170 mm; 430×110×170 mm

inv. n. 508

Rappresenta un miglioramento della pila a tazze voltiana ed è composta da 12 coppie di lastre di rame e



1



2

zinc inserite negli scomparti di un recipiente di guttaperca.

3. PILA TERMOELETTRICA DI GÜLCHER
1894 circa
740×180×245 mm
inv. n. 515



3

Questo tipo di pila è alimentata con del gas illuminante che scalda una serie di saldature di metalli differenti. Per l'effetto termoelettrico (effetto Seebeck) si genera una corrente fintantoché le giunture sono riscaldate.

4. BANCO DI AMPÈRE
fine del XIX secolo
di costruzione tedesca



4

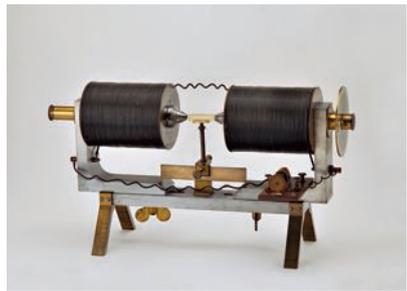
basi: 250×250 mm; altezze: 955 e 680 mm

inv. n. 482

Con questo apparecchio è possibile ripetere molte delle esperienze di Ampère sulle azioni fra conduttori mobili percorsi da correnti e sul loro comportamento in presenza di un campo magnetico.

5. ELETTROMAGNETE DI RHUMKORFF
1870 circa
H. Ruhmkorff a Parigi
680×260×400 mm

inv. n. 617



5

Con questo grosso elettromagnete composto da due bobine avvolte su un'armatura di ferro è possibile studiare il comportamento di sostanze diverse in presenza di un forte campo magnetico. Con esso è anche possibile mostrare l'effetto Faraday per il quale il piano di polarizzazione di un fascio di luce polarizzata è ruotato quando attraversa un materiale dielettrico trasparente (come il ve-

tro) immerso in un campo magnetico

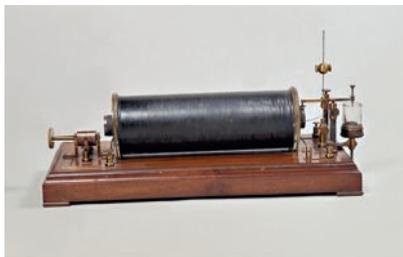
6. ROCCHETTO DI RUHKORFF

1865 circa

H. Ruhmkorff a Parigi

550×218×255 mm

inv. n. 721



6

In questo strumento una corrente interrotta periodicamente da un interruttore a martello passa in un avvolgimento con poche spire di filo (il primario). Questo è attorniato da un secondo avvolgimento (il secondario) con molte più spire. La corrente a bassa tensione nel primario induce nel secondario una corrente ad alta tensione capace di produrre forti scintille.

7. MOTORE MAGNETOELETTRICO DI FROMENT

1860 circa

Froment a Parigi

motore: 300×184×204 mm

inv. n. 613

È formato da una ruota cilindrica munita di settori di ferro che viene posta



7

in rotazione grazie all'azione successiva di tre coppie di elettromagneti.

8. MACCHINA MAGNETOELETTRICA DI CLARKE

1870 circa

Deleuil a Parigi

300×320×495 mm

inv. n. 592

Questo generatore è composto da una coppia di bobine che vengono fatte girare di fronte ad una forte calamita. Il suo campo magnetico genera nelle bobine una corrente elettrica. Questo ti-



8

po di generatore era utilizzato essenzialmente nei laboratori o per applicazioni nel campo dell'elettroterapia.

9. OSCILLATORE E RIVELATORE PER ESPERIENZE SULLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

1898 circa

450×300×300 mm

inv. n. 692



9

Con questi apparecchi è possibile ripetere alcune esperienze di Hertz. In uno degli specchi parabolici si trova uno spinterogeno che collegato ad un circuito oscillante genera una scintilla che produce un'onda elettromagnetica. Nel secondo specchio veniva inserito un coherer. Questo è un tubicino riempito di polvere metallica che, collegato ad un circuito con un galvanometro, permette di rivelare l'arrivo di un'onda elettromagnetica.

10. TRASFORMATORE AD ALTA FREQUENZA

1913 circa

di provenienza tedesca

900×900×1730 mm

inv. n. 717

Questo apparecchio comprende un circuito oscillante con quattro bottiglie di Leida, uno scaricatore a scintilla e alcuni solenoidi. Alimentato da una grossa bobina di induzione produce correnti ad alta frequenza e ad alto voltaggio dette correnti di Tesla. Apparecchi di questo tipo furono utilizzati sia nei laboratori di fisica che nei gabinetti medici per cure elettroterapiche.



10

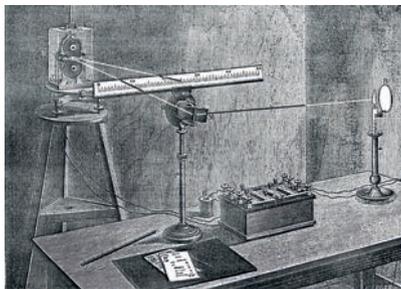
Misure elettriche

I primi strumenti di misura dell'elettrostatica risalgono alla fine del Settecento ed erano semplici elettrometri e elettroscopi nei quali una coppia di pendolini, di sottilissime foglie d'oro o altri leggeri equipaggi mobili se caricati elettricamente venivano deviate dalle forze elettrostatiche (Fig. 1).

In seguito all'invenzione della pila di Volta nel 1800 e alla scoperta dei fenomeni fondamentali dell'elettrodinamica, vennero ideati i galvanometri, strumenti atti a misurare deboli correnti elettriche. I primi galvanometri sfruttavano generalmente le azioni prodotte da un campo magnetico creato dalla corrente da misurare su di un ago magnetizzato (Fig. 2). Successivamente furono introdotti altri strumenti. Negli elettrodinamometri ad esempio una bobina mobile veniva deviata dal campo di una seconda bobina fissa ad essa collegata in serie. In altri apparecchi la bobina percorsa dalla corrente da misurare si trovava fra i poli di una potente calamita (Fig. 3). Questi strumenti permettevano solo misure relative (e cioè riconducibili solo a corrente di riferimento) mentre con le bussole dei seni e delle tangenti si potevano effettuare misure assolute (Fig. 4).

Per le misure di precisione delle tensioni, nella seconda metà dell'Otto-

cento, furono molto utilizzati gli elettrometri a quadrante. In tali strumenti le cariche accumulate su piastre metalliche fisse interagiscono con quelle di piastre mobili sospese che vengono così deviate (Fig. 5). Il design e le caratteristiche degli strumenti di misura variava grandemente in funzione delle correnti o delle tensioni da misurare e numerosissimi furono i modelli proposti. Per determinare il valore di resistenze e altre grandezze elettriche si utilizzarono circuiti speciali che, come il famoso ponte di Wheatstone (Fig. 6), erano dotati di resistenze campione di grandezza nota collegati ad un galvanometro e ad una pila. Furono inoltre perfezionate le pile campione, capaci di fornire una tensione debole, ma rigorosamente costante e perciò atta ad essere impiegata in misure di precisione. Gli strumenti da laboratorio generalmente non possedevano scale graduate per la lettura diretta, ma le mi-



Incisione che illustra il metodo di lettura a specchio

sure erano effettuate facendo riflettere un pennello di luce da uno specchio fissato all'equipaggio mobile dello strumento. Il pennello cadeva poi su di una scala separata dallo strumento e in tal modo la deviazione poteva essere notevolmente amplificata e osservata tramite un cannocchiale.

A partire dal 1870 circa, l'industria elettrotecnica ebbe un rapidissimo sviluppo grazie anche all'invenzione di generatori e motori più efficaci. Negli anni '80 si costruirono le prime centrali elettriche e lentamente si affermò l'uso dell'elettricità come forza motrice e per l'illuminazione. L'elettrotecnica, però, aveva bisogno di strumenti di misura diversi da quelli utilizzati nei laboratori: più solidi, capaci di resistere alle condizioni am-

bientali di centrali, fabbriche e officine. Inoltre tali apparecchi dovevano essere a lettura diretta e facili da utilizzare anche da personale non specializzato. Si idearono dunque gli amperometri (galvanometri per forti correnti) (Fig. 7), i voltmetri, i wattmetri (Fig. 8), che insieme ad altri strumenti si diffusero rapidamente nell'industria. Verso la fine del XIX secolo, l'uso sempre crescente delle correnti alternate richiese l'introduzione di nuovi apparecchi che, come gli strumenti detti "a filo caldo", erano utilizzabili con correnti il cui andamento variava periodicamente (Fig. 9). Al tempo stesso, con la distribuzione dell'elettricità in ambito domestico, furono introdotti i primi "contatori" capaci di quantificare l'elettricità utilizzata dagli utenti.

I. ELETTROSCOPIO CONDENSATORE

1860 circa

Deleuil a Parigi

altezza 580 mm, diametro 195 mm

inv. n. 405

In questo apparecchio una coppia di leggerissime foglie d'oro vengono divaricate grazie all'azione di una carica elettrica. Il condensatore posto sull'apparecchio permette di "moltiplicare" le cariche per induzione elettrostatica e rende lo strumento più sensibile.



I

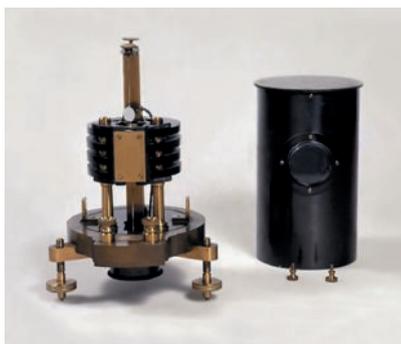
2. GALVANOMETRO ASTATICO
1860 circa
Deleuil a Parigi
altezza 290 mm, diametro massimo
218 mm
inv. n. 459



2

Questo strumento è munito di due aghi paralleli (detti astatici) sospesi ad un sottile filo di seta. Essi sono magnetizzati in direzioni opposte in modo da eliminare l'influenza del campo magnetico terrestre sul galvanometro. Uno degli aghi è posto al centro di una bobina in cui passa la corrente da misurare.

3. GALVANOMETRO DI DEPREZ-D'ARSONVAL MODIFICATO DA HOLDEN
1898 circa
Santarelli a Firenze
altezza 300 mm, diametro massimo
220 mm



3

inv. n. 462
In questo strumento del tipo Deprez-D'Arsonval una sottile bobina mobile è sospesa fra i poli di una serie di calamite. Quando viene percorsa dalla corrente da misurare subisce una rotazione.

4. BUSSOLA DEI SENI E DELLE TANGENTI
1860 circa
J. Salleron a Parigi



4

altezza 555 mm, larghezza massima 370 mm
inv. n. 470

In questo strumento la corrente da misurare percorre una bobina circolare al centro della quale si trova un ago magnetico. Conoscendo l'intensità del campo magnetico terrestre e le dimensioni della bobina è possibile determinare dalla deviazione dell'ago il valore assoluto della corrente.

5. ELETTRIMETRO DI BRANLY

1875 circa

M. Pierucci a Pisa

210×210×640 mm

inv. n. 467

In questo strumento per misurare le tensioni, una lamina metallica a for-



5

ma di "8" è sospesa fra quattro piastre metalliche cariche. Una tensione, applicata ai poli dell'apparecchio, fa ruotare la lamina le cui deviazioni vengono determinate grazie allo spostamento di un raggio luminoso che si riflette sullo specchietto attaccato alla sospensione.

6. PONTE DI WHEATSTONE

1890 circa

Elliott Brothers a Londra

254×145×155 mm

inv. n. 639



6

Questo apparecchio comprende una serie di resistenze elettriche. Opportunamente collegato a una pila e a un galvanometro, permette di determinare il valore della resistenza in esame. Strumento versatissimo, può essere utilizzato per un gran numero di misure elettriche diverse.

7. VOLTMETRO E MILLIVOLTMETRO

1897 circa

Weston U.S.A.

entrambi: 167×151×73 mm

inv. n. 642 e n. 643



7

E. Weston aveva brevettato degli strumenti di misura industriale che ebbero grandissimo successo. Questi strumenti sono dotati di una bobina mobile recante una lancetta e ruotante fra i poli di una calamita

8. WATTMETRO

1910 circa

Weston, U.S.A.

250×234×115 mm

inv. n. 661

Questo strumento portatile di uso industriale può essere utilizzato sia per misure con corrente continua che con corrente alternata.

9. AMPEROMETRO TERMICO SISTEMA

HARTMANN E BRAUN

1920 circa

Officine Galileo a Firenze

210×198×166 mm



8

inv. n. 647

Questo strumento molto probabilmente fu costruito dalla ditta tedesca Hartmann & Braun e solo rivenduto dalle Officine Galileo che vi appose la propria traghetta. La corrente da misurare percorre un filo che riscaldandosi si dilata. Dalla dilatazione è possibile determinare la corrente. Gli strumenti "a filo caldo", senza parti mobili, vengono utilizzati per correnti alternate anche di alte frequenze.



9

Applicazioni dell'elettricità

L'invenzione della pila non ebbe alcuna applicazione pratica nei primi anni del XIX secolo. L'elettricità galvanica, salvo un uso limitato in elettroterapia, restava confinata nei gabinetti scientifici. Solo a partire dagli anni '30 con l'invenzione dell'elettromagnete, vennero ideati i primi telegrafi elettrici. In Inghilterra Charles Wheatstone e William Cooke brevettarono i telegrafi ad aghi (Fig. 1) e in seguito apparecchi di tipo diverso. Samuel Morse in America propose un telegrafo capace di marcare su di una striscia di carta punti e linee rappresentanti lettere e numeri (Fig. 2). In Francia vennero introdotti invece i telegrafi a quadrante (Fig. 3). In un primo tempo la telegrafia si sviluppò parallelamente alle linee ferroviarie e in pochi decenni, grazie anche all'introduzione di telegrafi più rapidi e sofisticati, estese la propria rete terrestre e sottomarina in tutto il mondo occidentale raggiungendo successivamente le sue colonie. Fu certamente la prima applicazione dell'elettricità con un grande impatto economico, tecnico e sociale.

Negli anni quaranta prende piede anche la galvanoplastica e la galvanostegia. Grazie ad esse era possibile otte-

nere per elettrolisi oggetti metallici partendo da calchi (in gesso, legno, guttaperca) e ricoprire di metalli nobili oggetti di rame o di metalli meno pregiati. Con queste tecniche fu possibile produrre oggetti decorativi di uso domestico in grande quantità e a prezzi ridotti.

Dalla metà del XIX secolo furono costruiti anche generatori e motori elettrici (Fig. 4) e numerose furono le proposte per applicare l'elettricità a macchine di vario tipo: dall'orologeria (Fig. 5), ai sistemi di segnalazione ferroviaria, alle lampade ad arco dei fari costieri.

Nonostante molte esperienze e invenzioni che ebbero più o meno successo, l'illuminazione elettrica e l'uso dell'elettricità come forza motrice si affermarono su grande scala solo nell'ultimo quarto del XIX secolo. La costruzione di dinamo a corrente continua (Fig. 6) e motori sempre più efficaci da parte di Charles Wheatstone, Werner von Siemens, Antonio Pacinotti, Thomas Edison e molti altri apriva la strada all'elettrotecnica che, con la chimica, avrebbe marcato la seconda rivoluzione industriale. L'illuminazione elettrica fu dapprima limitata all'uso di lampade ad arco che per la loro luce vividissima erano ideali per l'illuminazione pubblica ma non erano adatte a quella domestica. Con l'invenzio-

ne delle lampadine a incandescenza (Fig. 7) l'elettricità entrò lentamente nelle case. Negli anni '80 del secolo scorso si costruirono le prime centrali elettriche a corrente continua. Ma solo con l'introduzione del sistema di corrente alternata polifase (Fig. 8), ideato indipendentemente da Nikola Tesla negli Stati Uniti e da Galileo Ferraris in Italia, e con il perfezionamento di alternatori, motori e trasformatori fu possibile realizzare centrali di grande potenza e lunghe linee di distribuzione. La trasmissione della parola attraverso l'elettricità (Fig. 9), frutto degli sforzi e delle lunghe ricerche di innumerevoli inventori come Antonio Meucci, Elisha Gray e Alexander Bell, si

affermò come tecnologia affidabile solo verso gli anni '80, quando vennero installate le prime linee telefoniche. Infine verso la fine del XIX secolo, le esperienze relative alle proprietà delle onde elettromagnetiche, fecero intravedere la possibilità di realizzare la telegrafia senza fili. Grazie a Guglielmo Marconi e ad altri, quelle che erano solo dimostrazioni da laboratorio (Fig. 10) si trasformarono in un nuovo mezzo di comunicazione. Dopo innumerevoli tentativi per ottenere distanze di trasmissione sempre più grandi, nel 1901 per la prima volta un segnale Morse lanciato dall'Europa varca l'Atlantico grazie alle onde elettriche e viene ricevuto sulle coste americane (Fig. 11).

I. TELEGRAFO AD AGO DI WHEATSTONE

1850 circa

W. Reid a Londra

335×250×645 mm

inv. n. 734

Questo telegrafo è essenzialmente costituito da un galvanometro ad ago e da un manipolatore. Grazie ad esso si può invertire il senso della corrente circolante nella linea. L'ago si orienta a destra o a sinistra indicando le lettere e i simboli sul quadrante.



1

2. RICEVITORE TELEGRAFICO MORSE
1850 circa
370×195×410 mm
inv. n. 727



2

In questo apparecchio gli impulsi elettrici provenienti dal trasmettitore a tasto azionano un elettromagnete che, attirando un braccio mobile munito di punta, marca in rilievo su un nastro di carta i punti e le linee formanti il messaggio. Il nastro è trascinato da un movimento a orologeria.

3. RICEVITORE TELEGRAFICO A QUADRANTE DI BREGUET
1850 circa
Breguet a Parigi
245×162×220 mm
inv. n. 723

In questo telegrafo gli impulsi elettrici fanno ruotare una lancetta che

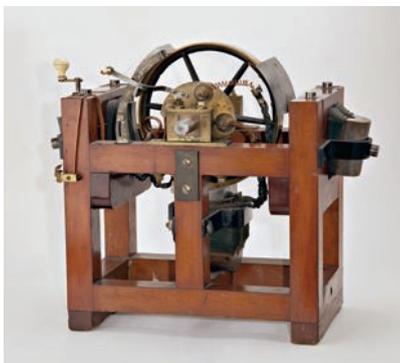
indica su di un quadrante circolare le lettere e i simboli che compongono il messaggio.



3

4. MOTORE MAGNETOELETTRICO DI TAYLOR
1850 circa
Watkins & Hill a Londra
630×390×530 mm
inv. n. 673

Una ruota munita di tre massicci settori in ferro è attirata periodicamente da tre coppie di elettromagneti



4

azionati in successione da contatti mobili.

5. OROLOGIO ELETTRICO DI HIPP

1870 circa

M. Hipp a Neuchâtel

280×133×540 mm

inv. n. 730

L'orologio è azionato da un elettromagnete che periodicamente attira il pendolo conferendogli l'impulso necessario a mantenere le sue oscillazioni.



5

6. MACCHINA DINAMOELETTRICA DI WHEATSTONE

1870 circa

537×193×385 mm

inv. n. 671

È un generatore ad auto-eccitazione: la corrente necessaria a produrre il campo magnetico viene fornita agli elettromagneti dalla macchina stessa



6

sa e non da un sistema di eccitazione separato.

7. LAMPADINA AD INCANDESCENZA CON SOSTEGNO

1890 circa

diametro 130 mm, altezza 330 mm

inv. n. 683

In questa lampadina, trattenuta da una molla, il filamento è collegato a due anellini che si fissano agli elettrodi.



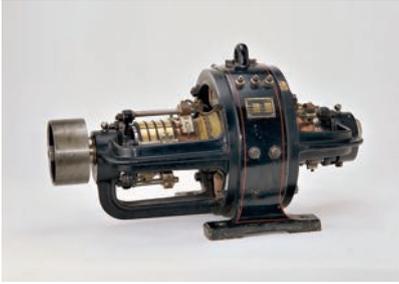
7

8. CONVERTITORE ROTANTE

1904 circa

700×350×370 mm

inv. n. 666



8

Questa macchina industriale funziona contemporaneamente da motore e da generatore. Infatti essa è alimentata da corrente continua, ma produce corrente alternata e permette anche di ottenere una corrente continua di tensione minore di quella di alimentazione.

9. COPPIA DI TRASMETTITORI E RICEVITORI TELEFONICI DI RIGHI

1880 circa

ricevitori: altezza 244 mm, diametro



9

210 mm; trasmettitori: diametro 104 mm

inv. n. 753

Questo tipo di telefono, che come molti ebbe diffusione assai limitata, ha un trasmettitore a polvere di carbone e un ricevitore munito di elettromagnete.

10. APPARECCHIO DIMOSTRATIVO PER TELEGRAFIA SENZA FILI DI BRAUN

1903 circa

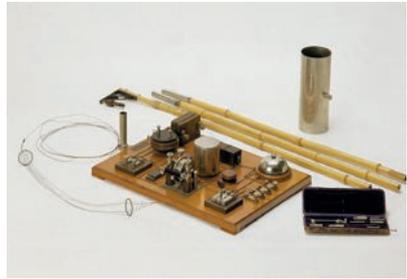
costruito a Berlino

trasmettitore: 200×270×215 mm

ricevitore: 505×320×99 mm

inv. n. 770

Il set è composto da un trasmettitore con un circuito oscillante e da un ricevitore con un rivelatore di onde



10

elettromagnetiche a polvere metallica (coherer). Entrambi sono muniti di antenna sostenuta da aste di bambù. Questo apparecchio di telegrafia senza fili permette di inviare e ricevere segnali ad alcune decine di metri di distanza.

II. RICEVITORE MARCONI PER TELEGRAFIA SENZA FILI

1899 circa

473×242×175 mm

inv. n. 777

È un apparecchio per la telegrafia senza fili che permette di ricevere i segnali morse. È munito di pile e relé



II

collegati ad un coherer (rivelatore). Questo è composto da un tubicino contenente limatura metallica, la cui resistenza elettrica diminuisce drasticamente quando è investita da un treno di onde elettromagnetiche.

Tubi a scarica, tubi di Geissler, di Crookes e tubi a raggi X

Fin dall'inizio del XVIII secolo i curiosi fenomeni prodotti dalle scariche elettriche nei gas rarefatti avevano attirato l'interesse degli studiosi. Successivamente i progressi fatti nella costruzione delle macchine elettrostatiche e soprattutto delle pompe pneumatiche permisero di ampliare tali osservazioni. "Aurora flasks" e uova elettriche (Fig. 1) erano ampolle di vetro che, riempite di gas o vapori vari a pressioni ridotte e collegate ad una sorgente di alta tensione, permettevano di produrre tutta una serie di bagliori, scariche, effluvi luminosi di colori e apparenze diverse. Tali fenomeni furono studiati sistematicamente nel corso dell'Ottocento e, nella seconda metà del secolo, Heinrich Geissler, abilissimo soffiatore di vetro tedesco, sviluppò una tecnica grazie alla quale realizzò tubi di vetro riempiti di gas a bassa pressione, sigillati e muniti di elettrodi (Fig. 2). I tubi di Geissler si diffusero rapidamente e vennero utilizzati sia per i bisogni della ricerca che a scopi puramente didattici e dimostrativi. Le scariche prodotte nei tubi da macchine elettrostatiche o da bobine di induzione vennero fatte agire su materiali diversi (Fig. 3), furono analizzate

otticamente con gli spettroscopi (Fig. 4) e sottoposte all'azione di campi magnetici ed elettrici. Queste esperienze, condotte in quasi tutti i laboratori scientifici dell'epoca, si rivelarono estremamente proficue per una migliore conoscenza della struttura intima della materia.

Il fisico inglese William Crookes, studiando le scariche nel vuoto con i tubi di sua invenzione (Fig. 5), teorizzò l'esistenza di un "quarto stato della materia". Nel 1895 il fisico tedesco Conrad Röntgen, utilizzando un tubo a vuoto collegato con una bobina di induzione, scoprì le radiazioni penetranti battezzate "raggi X" (Fig. 6). Immediatamente questa scoperta si rivelò di grandissima utilità sia per la diagnostica e la terapia medica che in campo scientifico e industriale. Un paio di anni dopo Joseph J. Thomson, studiando i raggi catodici prodotti nei tubi a scarica, scoprì che erano composti da particelle cariche negativamente: gli elettroni.

Dal punto di vista scientifico i risultati ottenuti dalle ricerche sulle scariche elettriche nel vuoto furono notevolissimi ed anche le loro applicazioni pratiche si rivelarono molto importanti. Da tali ricerche derivarono infatti le lampade fluorescenti, le valvole termoioniche, i tubi per gli oscilloscopi (Fig. 7) e per gli iconoscopi degli apparecchi televisivi.



1

I. UOVO ELETTRICO

1860 circa

Officina dell'Istituto Tecnico a Firenze

altezza 705 mm, diametro massimo 200 mm

inv. n. 410

In esso vengono introdotti gas o vapori la cui pressione è ridotta tramite una pompa pneumatica. Una scarica elettrica, che scocca fra gli elettrodi, produceva bagliori diversi in funzione della natura del gas e della sua pressione.

2. TUBO DI GEISSLER

inizio XX secolo

altezza 370 mm

inv. n. 782

In esso si trova un calice di vetro all'uranio, materiale fluorescente. Una



2

scarica elettrica illumina il gas contenuto nel tubo ed eccita la fluorescenza del calice che emette una luce verde.

3. TUBI DI GEISSLER

1875 circa

lunghezze: 540 e 565 mm

inv. n. 812 e n. 814

Uno di essi contiene delle polveri fluorescenti, l'altro dei liquidi. La scarica elettrica eccita la fluorescenza.



3

za di tali sostanze che si illuminano di colori diversi.

4. SOSTEGNO CON TUBI DI PLÜCKER 1875 circa

Alcuni di essi furono costruiti da Geissler a Bonn
tubi: lunghezza massima 260 mm
inv. n. 781

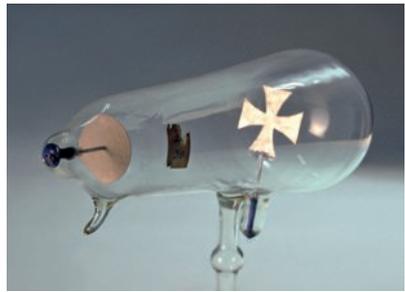
Questi tubi a scarica, composti da due fiale riunite da un capillare, sono utilizzati per osservare con uno spettroscopio la luce emessa da gas e vapori a bassa pressione eccitati da una scarica elettrica.



4

5. TUBO DI CROOKES CON CROCE DI MALTA 1888 circa

lunghezza 264 mm, altezza complessiva 198 mm
inv. n. 795



5

Questo tubo serve a dimostrare la traiettoria rettilinea dei raggi catodici. Infatti il fascio catodico viene parzialmente intercettato da una croce di Malta in alluminio. Sulla parete verticale del tubo, illuminata per fluorescenza, appare l'ombra oscura della forma della croce.

6. TUBO A RAGGI X 1936 circa

tubo: diametro 120 mm, lunghezza 430 mm
inv. n. 785



6

In questo tubo un fascio di ioni colpisce un bersaglio metallico che emette dei raggi X. È munito di un “rigeneratore” che permette di variare leggermente la pressione del gas all’interno dell’ampolla.

7. TUBO DI BRAUN CON ELETTROMAGNETI

1900 circa

tubo: lunghezza 650 mm, diametro 90 mm

inv. n. 69I

In questo tubo un fascio di raggi catodici colpisce uno schermo fluorescente producendo una macchia lu-



7

minosa. Tramite una coppia di elettromagneti è possibile deviare la direzione del fascio. Grazie a tubi simili a questo fu possibile realizzare i primi oscilloscopi.

Apparati

Darinda Pignati
V. Abate della Vergine.

Donde

Dopo l'arrivo per la scoperta di
... e oggetti di spanda. Si
... anche il rapporto, attenzione
... di prima il di confidenza, poi
... e sul punto della scena.

Fallida

Vano lavoro della superficie
... in terra e terra di un edificio,
... composti da un rimbombante e non
... dove poggiare in slancio e vola-
... a gli altri nel quale trova per-
... una cosa e un immagine anche

Esamples, esaltati

Dall'immagine, contrapposizione,
... questi esemplari sono raffigurati
... come creature alte e che possono
... animali. San Giustino (111) e un
... la figura Taciturnamente. Ge-
... milioni solo sono del Vangelo. M
... una rappresentazione di un angelo
... che il suo Vangelo inizia con l'U
... eccitata. Ma è un bene pe-
... scendere con la figura del be-
... che spunta nel deserto con un
... sono come quello del libro. Co-
... si è rappresentazione dell'angolo
... alle che solo più in altri in-
... perché la sua natura di Dio
... dizione. I suoi occhi sono ||
... molti miracoli, perché il
... più uomo con il sacrificio
... Non Zacaria, Costo E
... gli animali e l'angelo con
... al mondo rappresentati con
... simboli attribuiti. Anche
... il di tutti e questo è un
... tra il esempio.

Ex vivo

Oppure, spesso in
... e allora in dis-
... e tutti per quella cosa
... presenti di una parte

Filarete Antonio
no detto il Firenze
1470 circa

Solone e Achille
... e Achille

... tale determinazione, si vedeva
... immagine iconografica dell'Uomo
... dove, secondo il Canto che mostra
... meglio delle mani del costruttore
... solo salda la scultura e gli altri
... della pittura. Rappresen-
... come, spesso della tradizione devo-
... tanto l'esplicito non è narrato nel
Vangelo.

Amor
... formata da due sue, verticale e or-
... zontale, simmetricamente in base e di-
... stinte, con a testa il Cavaliere. Il
... simbolo principale del cristianesimo
... C. d'altare, posto in piedi e ap-
... poggiate all'altare, con Cristo al
... C. delle avventure di una Vergine, e
... prende a essere indicata per ogni
... le processioni. Ha due bei figure in
... quello anziano e solitamente rap-
... presenta il Cristo, in quello pos-
... sono i simboli evangelici.

Domine

... Tanta ispirazione di una sua realtà e
... tema della stessa coltura, che danno
... forma a diversi locali in fondo spe-
... re.

Della Bibbia, Luca Giordano (1675-1722)

... Nostrum intensione della prodigio-
... ne della scultura e l'impresa cogno-
... le di anni lineari e luminosi di Ebe-
... bene del chiaroscuro di Nanni di
... Basso, e dell'esperienza di Raffaello.
... Agli anni degli anni. Quanto del
... Strutturazione insieme i punti che
... e l'artista applicati in

Bibliografia essenziale

- C. CHEVALIER, A. FAU, *Manuel du physicien préparateur*, Manuel Roret, Paris, 1853.
- Annuario dell'I. e R. Istituto Tecnico Toscano ed della Accademia Toscana di Arti e Manifatture*, Stamperia Granducale, Firenze 1857.
- A. GANOT, *Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicata e di meteorologia*, Vallardi, Milano 1863 (VII ed.).
- J. MÜLLER, C. POUILLET, *Lehrbuch der Physik und Meteorologie*, F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1886-97 (IX ed.).
- A. DAGUIN, *Traité de physique élémentaire théorique et expérimentale avec application à la météorologie et aux arts industriels*, Ch. Delagrave, P. Privat, Paris, Toulouse 1878-79 (IV ed.).
- A. ROITI, *Elementi di fisica*, Le Monnier, Firenze 1891-94 (III ed.).
- L'Istituto Tecnico di Firenze. La sua storia ed i suoi gabinetti*, Salvatore Landi, Firenze 1900.
- J. FRICK, O. LEHMANN, *Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbsterstellung einfacher Demonstrationsapparate*, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1904-1909 (VII ed.).
- O. MURANI, *Trattato elementare di fisica*, U. Hoepli, Milano 1925 (VII ed.).
- R. BACCI, M. ZAMPOLI, *L'Istituto Tecnico di Firenze*, I.T.S. «G. Salvemini», Firenze 1977.
- Catalogo dell'esposizione di un saggio delle collezioni scientifiche dell'Istituto Tecnico Gaetano Salvemini (già Galileo)*, presentazione di Paolo Galluzzi, catalogo a cura dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, Parenti, Firenze 1977.
- G. L'E. TURNER, *Nineteenth-Century Scientific Instruments*, Sotheby, London, University of California Press, Berkeley 1983.
- Nineteenth-Century Scientific Instruments and their Maker Paper presented at the Fourth Scientific Instrument Symposium, Amsterdam 23-26 October 1985*, edited by P.R. de Clerq, Rodopi, Amsterdam, 1985.
- P. BRENNI, *Gli strumenti scientifici del gabinetto di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano. I: Acustica*, Provincia di Firenze, Firenze 1986.
- Le meraviglie dell'ingegno*, a cura di F. Gravina, Ponte alle Grazie, Firenze 1990.
- Gli Strumenti*, a cura di G. L'E. Turner, Einaudi, Torino 1991.
- E. BORCHI, R. MACII, F. VETRANO, *Strumenti di fisica e cultura scientifica nell'ottocento in Italia*, (Atti del Convegno

- nazionale su Strumenti di Fisica e Cultura scientifica nell'Ottocento in Italia*, Lucca 1991), IP, Firenze 1993.
- P. BRENNI, *Gli strumenti di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano. Ottica*, Giunti, Firenze, 1995.
- G. L'E. TURNER, *The Practice of Science in the Nineteenth Century Teaching and Research Apparatus in the Teyler Museum*, Teyler Museum, Haarlem 1996.
- P. BRENNI, *Gli strumenti di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano. Elettricità e Magnetismo*, Le Lettere, Firenze 2000.
- L'acustica e i suoi strumenti le collezioni dell'Istituto Tecnico Toscano*, a cura di A. Giatti e M. Miniati, Giunti, Firenze 2001.
- Le stanze della scienza. Le collezioni dell'Istituto Tecnico Toscano a Firenze*, a cura di Anna Giatti e Stefania Lotti, Provincia di Firenze, Firenze 2006.

Indice dei nomi

- Alvergniat* 23, 60
Amici Giovanni Battista 26
Amici Vincenzo 26
Ampère André Marie 74, 76
Archimedes Syracusanus 54
Aristoteles 57
Arsonval Arsène d' 81
Atwood George 27, 50, 51
Bartoli Adolfo 13
Bazzi Eugenio 13, 54
Beckmann Ernst Otto 63
Bell Alexander Graham 85
Bohnenberger Johann Gottlieb Friedrich von 53
Boltzmann Ludwig 62
Borchardt 73
Bourdon Eugène 33
Branly Édouard 82
Braun Ferdinand 30, 88, 93
Breguet 86
Bunsen Robert Wilhelm Eberhard 11
Cambridge Scientific Instruments 25
Carnot Nicolas Léonard Sadi 61, 62
Carpentier Jules 23
Carré Edmond 64
Chevreul Michel Eugène 13
Chladni Ernst 45, 48
Clapeyron Émile 62
Clarke Edward Marmaduke 77
Clausius Rudolf Julius Emmanuel 62
Cooke William 84
Corridi Filippo 4-6, 8, 10
Coulomb Charles Augustin 52, 70, 73
Crookes William 30, 90, 92
Dalton John 61
De Eccher Dall'Eco Alberto 25
Del Beccaro Tommaso 13
Deleuil 22, 51, 52, 55, 65, 67, 70, 73, 77, 80, 81
Deprez Marcel 81
Descartes René 54
Despretz César Mansuète 64
Donnan Frederick George 42
Duboscq Jules 23, 41-44
Ducretetot Eugène 23
Dulong Pierre 61
Dumas Jean Baptiste 64
Edison Thomas Alva 49, 84
Elliott Brothers 25, 82
Erone d'Alessandria 54
Faggioli Fernando 28
Faraday Michael 74, 76
Fahrenheit Daniel Gabriel 66
Fastré 23

In corsivo sono indicati i costruttori o le ditte che producevano strumenti scientifici.

Ferdinand Ernecke 24
 Ferraris Galileo 85
 Foucault Jean Bernard Léon 50, 52, 53
 Fourier Jean Baptiste Joseph 61
 Franklin Benjamin 69
Franz Schmidt & Haensch 24
 Fraunhofer Joseph von 40
 Frémy Edmond 13
 Fresnel Augustin Jean 40
 Frick Joseph 52
Fritz Köhler 42
Froment Gustave 77
Fuess 24, 42
 Galilei Galileo 7
 Gay Lussac Louis Joseph 61
Geissler Heinrich 25, 58, 90, 91, 92
 Gentile Giovanni 7
 Giatti Anna 29
Goetze 63
Golaz 23
 Gori Galgano 3
 Govi Gilberto 13
 Gray Elisha 85
 Guericke Otto von 57, 58
 Guglielmini Domenico 38
 Gülcher R.J. 76
 Haldat Charles Nicolas 55
Hans Heele 42
Hartmann & Braun 24, 83
 Helmholtz Hermann Ludwig
 Ferdinand von 45, 46, 48
 Hertz Heinrich Rudolph 75, 78
Hipp Mattäus 87
 Holden William 81
 Holtz Wilhelm Theodor 73
 Huygens Christiaan 40
 Jamin Jules Célestin 41
 Joule James Prescott 61, 65
 Laurent Léon 42
Leitz 24
 Leopoldo II, granduca di Toscana 4, 6, 8
Lerebours & Secretan 43
Leybold's Nachfolger 24
 Lissajous Jules Antoine 45, 48
Lüttig C. 63
 Mach Ernst 49
 Magnus Gustav 13
 Marconi Guglielmo 85, 89
Marloye Albert 22, 47
Max Kohl 24, 49, 52, 65
Max Wolz 24
 Maxwell James Clerk 40, 62, 75
 Melloni Macedonio 62, 65
 Meucci Antonio 85
 Mohr Karl Friedrich 55
 Morse Samuel Finley Breese 84-86
 Nicholson William 56
 Ørsted Hans Christian 74
Officina dell'Istituto Tecnico 25, 26, 36,
 38, 48, 91
Officina Galileo 27
 Ohm Georg Simon 74
 Pacinotti Antonio 84
 Pascal Blaise 54
 Petit Alexis 61
 Pierucci Mariano 27, 51, 82
 Plücker Julius 92
 Quare Daniel 14, 58
 Ramsden Jesse 14, 15
 Réaumur René Antoine Ferchault de 66
 Redtenbacher Ferdinand Jacob 22, 31
 Regnault Henri Victor 61
 Régnier Edme 33
 Reichenbach Georg Friedrich von 36, 37
 Reuleaux Franz 31
 Righi Augusto 88

Röntgen Wilhelm Conrad 90
Ruhmkorff Heinrich 23, 74, 76, 77
Salleron 22, 23, 33, 34, 37-39, 56, 59, 63, 81
 Salvemini Gaetano 7
Santarelli Giorgio 25, 64, 81
 Saussure Horace Bénédict de 67
 Savart Felix 45, 47
Schroeder 22, 32-34, 37
 Schumann Victor 12
 Seebeck Thomas Johann 76
 Sénarmont Henri Hureau de 41
 Siemens Werner von 84
Siemens & Halske 24
Soleil 23
 Sprengel Hermann von 58, 60
 Stevin Simon 54
 Strutt John William, Lord Rayleigh 45
 Targioni Tozzetti Antonio 3
 Taylor William 86
 Tesla Nikola 23, 75, 78, 85
The Gutta Percha Company 75
 Thompson Benjamin, conte Rumford 61
 Thompson Joseph John 90
 Thomson William, Lord Kelvin 62
 Torricelli Evangelista 57
 Turchini Lorenzo 26
 Turchini Raffaello 26
 Turchini Guido 26
 Tyndall John 45
 Van de Graaff Robert 70
 Villari Emilio 13
 Volta Alessandro 70, 74, 79
Watkins & Hill 86
 Watt James 32, 34
Weston Electrical Instrument 83
Westphal 55
 Wheatstone Charles 44, 79, 82, 84, 85, 87
 Woltman Reinhard 39
 Young Thomas 40
Zeiss 24

Indice

Presentazioni

- VII *di Michele Gremigni*
IX *di Claudio Martini*
XI *di Cristina Acidini*
XIII *di Guido Gori*

Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano

- 3 L'Istituto Tecnico Toscano
9 Il Gabinetto di Fisica
21 I costruttori di strumenti

Guida alla visita

- 31 • Meccanica applicata
36 • Idraulica
40 • Ottica
45 • Acustica
50 • Meccanica fisica
54 • Idrostatica
57 • Pneumatica
61 • Termologia
66 • Meteorologia
69 • Elettrostatica
74 • Elettrodinamica ed elettromagnetismo
79 • Misure elettriche
84 • Applicazioni dell'elettricità
90 • Tubi a scarica, tubi di Geissler, di Crookes e
tubi a raggi X

Apparati

- 97 Bibliografia essenziale
99 Indice dei nomi

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
Ottobre 2009

