

BICENTENARIO DEL LICEO CONVITTO MARCO FOSCARINI

IL MUSEO DI FISICA ANTONIO MARIA TRAVERSI

Recupero e valorizzazione di un patrimonio

Presentazione di
ROCCO FIANO

Volume a cura di
PIERANDREA MALFI

con contributi di
FEDERICO ANDREOLO
PAOLO BONAVOGLIA
PIERANDREA MALFI
DANIELA MAGNANINI
LEONARDO MEZZAROBA
PATRIZIA ZAMPIERI

Venezia 2007

A cura di: Pierandrea Malfi

Progettazione grafica e impaginazione: Paolo Bonavoglia e Pierandrea Malfi.

Immagini

Autore fotografie 6dx, 15(sfondo): Paolo Bonavoglia

Fotografia 4: fornita da Daniela Magnanini

Le altre fotografie sono di Pierandrea Malfi

In copertina:

Bussola di navigazione (N°226)

XVIII secolo - 36 x 36 x 31 cm

Finito di stampare nel mese di dicembre 2007
dalla tipografia «Grafiche Veneziane» di Venezia

© 2007 - Convitto Nazionale Marco Foscarini
www.liceofoscarini.it

Dedico questo volume, con commossa gratitudine, a tutti coloro che anni fa hanno creduto che si potesse portare concretamente avanti un impegnativo e faticoso progetto di recupero e valorizzazione del patrimonio strumentale di fisica del Liceo Marco Foscarini di Venezia e che con i loro preziosissimi contributi hanno reso possibile che il sogno di allestire un Museo permanente aperto al pubblico tra le mura dell'Istituto divenisse una realtà.

Pierandrea Malfi



J. A. Nollet, *Lezioni di fisica sperimentale*,
G. Pasquali, Venezia, 1762,
Frontespizio (Tomo I)

INDICE GENERALE

PRESENTAZIONE	9
PREFAZIONE.....	11
200 ANNI DI STORIA.....	13
ANTONIO MARIA TRAVERSI.....	17
FISICI IMPORTANTI DEL LICEO: BIOGRAFIE	21
UN PERCORSO TRA COLLEZIONI E STRUMENTI.....	23
RISCOPERTA DI UN PATRIMONIO	31
RECUPERO DI UN PATRIMONIO	35
UN MUSEO NATO SUL WEB.....	43
LA GESTIONE DEL MUSEO TRAVERSI.....	47
STRUMENTAZIONE.....	53
ELENCO DEGLI STRUMENTI DESCRITTI.....	54
PREMESSA ALLE SEZIONI DEL MUSEO	56
MISURA	59
MECCANICA.....	63
MECCANICA DEI FLUIDI	70
TERMODINAMICA.....	77
ACUSTICA	84
OTTICA.....	88
ELETTROMAGNETISMO	101
ALCUNI STRUMENTI NON ESPOSTI.....	120
LA PAROLA AI DOCENTI DEL PASSATO.....	124
ELENCO DELLE SCHEDE	124
NOTE DI FISICA.....	135
BIBLIOGRAFIA COLLEGATA AGLI STRUMENTI	141
GLI AUTORI.....	142

PRESENTAZIONE

del Rettore del Liceo Convitto Marco Foscarini

Il Liceo Marco Foscarini ha indubbiamente una lunga storia che assume le forme di un vero e proprio mosaico dalle numerosissime tessere. Esplorare questo mosaico coinvolge diverse discipline e spesso non è possibile occuparsi di una sua parte senza conoscere le tessere limitrofe, se non addirittura il tutto. E anno dopo anno alle tantissime tessere che formano questo mosaico altre se ne aggiungono continuamente, legando senza soluzione di continuità il passato con il presente.

Lapidi, busti e commemorazioni testimoniano soprattutto che al Liceo Foscarini la memoria del passato non si dimentica. In questo contesto trova posto questo volume che esce nel bicentenario della fondazione, cioè in occasione del massimo evento di celebrazione e di ricordo del passato del Foscarini.

Più che il catalogo del Museo, come ricordato in Prefazione dal Curatore Pierandrea Malfi, questa pubblicazione vuole essere da un lato un primo lavoro a stampa sul Museo, ma soprattutto una nuova piccola tessera da aggiungere a quel mosaico che precisi eventi storici nel Veneto dell'800 fecero sì che iniziasse esattamente duecento anni fa.

Rocco Fiano

PREFAZIONE

di Pierandrea Malfi

Non è la prima volta che considero l'idea di un lavoro a stampa sul Museo. Già diverso tempo fa, ancor prima della sua inaugurazione, coloro che mi sostennero nel lavoro di recupero della collezione di strumenti del Foscarini mi hanno spinto più volte a far sapere al di fuori delle mura dell'istituto quanto si stava facendo. Fu così che nel 1999 nacque il Museo Virtuale di Fisica, nonostante l'obiettivo primario fosse (come lo è tuttora) quello didattico.

Ora, a cinque anni dall'inaugurazione del Museo (20 dicembre 2003) l'allestimento delle vetrine espositive ha raggiunto un sufficiente grado di maturità per rendere possibile questa ulteriore fatica, soprattutto tenendo conto che il proseguimento dell'attività di recupero degli strumenti ha nel frattempo consentito di aggiungere nuove macchine a quelle già esposte.

Un tempo così lungo può sorprendere. Tuttavia nel Museo Traversi non esistono né i mezzi né tanto meno l'organico tipico dei grandi Musei. Il lavoro di recupero del patrimonio strumentale è il frutto del lavoro che ho portato avanti con l'aiuto di pochissime altre persone. Ognuno ha ritagliato con grandi difficoltà il tempo tra le ore (poche) lasciate libere dagli impegni lavorativi. Così con tempo e braccia limitatissimi, raramente si è potuto portare avanti lavori differenti in parallelo, ma spesso uno alla volta.

Nel scegliere il titolo del libro ho volutamente evitato di usare il termine catalogo, poiché esso non può certamente dirsi tale. Un catalogo è un'opera completa sulla collezione, mentre in queste pagine ho descritto solo il 38% degli strumenti esposti in Museo (ovvero il 20% del totale). Lo scopo di questo volume è, riprendendo la metafora usata dal Rettore nella Presentazione, descrivere con vari articoli le tessere più significative di quel variegato mosaico che è il Museo Traversi.

Nello specifico, il contributo di Federico Andreolo tratteggia in estrema sintesi la storia del Liceo Foscarini, mentre Leonardo Mezzaroba nel suo intervento dà uno rapido schizzo della figura del padre fondatore, Antonio Maria Traversi, cui è intitolato il Museo. Daniela Magnanini narra l'inizio del percorso di riscoperta e valorizzazione del patrimonio dell'Istituto e la prima esposizione di strumenti, mentre nel suo intervento Patrizia Zampieri, descrive il "dopo" che segue all'inaugurazione di una esposizione permanente aperta al pubblico. Nel suo contributo Paolo Bonavoglia racconta la nascita del Museo virtuale di fisica, cui fa seguire interessanti considerazioni sul rapporto Museo reale-Museo virtuale e semplici informazioni su questa particolare sezione del sito internet del Foscarini.

A integrazione della sezione del volume dedicata alla descrizione degli strumenti ho pensato opportuno scrivere delle note sullo sviluppo delle

collezioni scientifiche e sul recupero degli strumenti. A ciò si aggiungono sei brevi testi tratti dalle fonti del XIX secolo e delle semplici note di fisica.

Nel consegnare questo lavoro alle stampe, non posso non ricordare per un caloroso ringraziamento le numerose persone che mi hanno spinto e aiutato in questa avventura tra gli strumenti del mio Liceo.

Ho accettato con piacere il caloroso invito del Preside del Liceo Ginnasio Marco Foscarini, prof. Rocco Fiano, a curare nell'anno del bicentenario un volume totalmente dedicato al Museo di Fisica Antonio Maria Traversi, del quale ho coordinato nel 2003 l'allestimento e attualmente ho l'onore di esserne il Curatore. Sono ancora una volta grato al prof. Fiano per la stima che mi riconosce nell'affidarmi tale compito; desidero rinnovargli il mio più sincero ringraziamento per il suo impagabile impegno perché il Museo avesse un luogo stabile all'interno del plesso scolastico, nel mettere a disposizione mezzi e personale per il suo allestimento nel 2003 e per renderne possibile la gestione anno dopo anno.

Ma tutto ciò non sarebbe iniziato se la prof. Daniela Magnanini, quando ero suo studente, non mi avesse trasmesso l'amore per la scienza e la sua affascinante storia e, finito il liceo, non mi avesse chiamato come umile collaboratore per la pulizia dei pezzi da esporre nella Mostra che, con la prof. Andreina Naletto, organizzò e allestì nel 1994. Ho così scoperto un mondo, quello degli antichi strumenti, che mi ha colpito e appassionato. A lei va pertanto il mio più affettuoso ringraziamento, perché questa passione, come testimonia la cura del Museo Traversi e questo libro, continua tuttora.

Un occasionale incontro a scuola nel lontano 1999 con il prof. Paolo Bonavoglia mi ha permesso di affacciarmi con una particolare finestra nel vasto mondo del web. In lui ho trovato un maestro sempre disponibile e paziente nel spiegare i segreti, i "trucchi" e i linguaggi per realizzare il sito del Museo con l'annesso database e soprattutto a soccorrermi quando il computer si rifiutava di eseguire i miei errati comandi. Se alcuni esperti hanno espresso elogi e apprezzamenti per il lavoro fatto in rete, ciò è dovuto soprattutto ai suoi preziosi insegnamenti.

Occuparsi della gestione del Museo Traversi è un impegno oneroso da sommare alle non poche fatiche dell'insegnamento. Ho quindi un grosso debito di riconoscenza verso la prof. Patrizia Zampieri che con molta generosità e professionalità si è assunta l'incarico di Direttore del Museo.

Un sentito grazie al prof. Gilberto Gherardi per i preziosi suggerimenti per l'allestimento della sala espositiva del Museo e per le idee grafiche.

Se è stato possibile allestire i locali, esporre tanti strumenti recuperandoli dallo stato in cui si trovavano e mantenere attivo il Museo lo si deve alla fattiva collaborazione del personale non docente e in particolare dei signori Stefano Scattolin e Roberto Lanza.

200 ANNI DI STORIA

di Federico Andreolo

La fondazione del Liceo classico Marco Foscarini risale al 1807, per iniziativa napoleonica¹. Il decreto vicereale del 14 marzo di quell'anno stabilì infatti l'istituzione di un numero limitato di licei - otto - per il Regno d'Italia; fra questi quello veneziano, assieme ad altri tre, venne dotato di convitto per poter alloggiare gli studenti desiderosi di accedere a un sistema d'istruzione che aveva il preciso e dichiarato scopo di fornire una preparazione pre-universitaria. La parte esecutiva del decreto fu curata a livello locale e fu attuata in pochi mesi grazie alla indovinata scelta del direttore della nuova scuola nella figura dell'abate Anton Maria Traversi², noto scienziato dell'epoca, studioso di fisica e chimica e autore di importanti pubblicazioni, già da diverso tempo attivo nel settore dell'istruzione come insegnante e direttore di scuole. Spettò al nuovo direttore l'incarico di individuare gli insegnanti e soprattutto di reperire una sede adatta ad ospitare l'istituto.

La scelta del Traversi, che visionò per questo scopo parecchi complessi edilizi resisi disponibili dalle soppressioni di enti ecclesiastici, cadde sull'ex monastero di Santa Caterina: la sede tuttora occupata dal Liceo e dal Convitto Nazionale, vicino alla vecchia sede veneziana dei Gesuiti, dove anche dopo la soppressione di quell'ordine (avvenuta nel 1773) operava un complesso di scuole. L'abate Traversi inoltre trasportò nella scuola la sua ricca collezione personale di strumenti scientifici, che donò al Liceo. Gli strumenti del Traversi sono tuttora conservati presso il nostro Istituto e, incrementati da parecchie acquisizioni ottocentesche, costituiscono una delle più rilevanti, per quantità e valore, collezioni di strumenti scientifici del periodo fine Settecento-primi Ottocento.

Sempre il Traversi, che resse ininterrottamente la scuola fino al 1832, fu infine promotore della costituzione della biblioteca del Liceo, avvenuta riunendo diverso materiale, spesso di pregio, proveniente dai patrimoni librari di enti religiosi soppressi, in primo luogo la ricca biblioteca dei Gesuiti. L'abate curò personalmente anche il trasporto a Santa Caterina degli armadi della biblioteca di San Giorgio Maggiore, ritornati nella sede originaria solo pochi decenni fa. Annesso al Liceo, ma collocato altrove, a San Giobbe, era anche l'orto botanico del Liceo, che, a differenza del

¹ Per una trattazione più dettagliata della storia del Liceo e le indicazioni bibliografiche si rimanda a F. ANDREOLO, *Il Foscarini. Un Liceo nel suo tempo, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia 2007, pp. 9-39.

² Per la figura del fondatore dell'Istituto si consulti il contributo di L. Mezzaroba in questo stesso volume.

patrimonio librario e scientifico, non sopravvisse al primo periodo di vita dell'istituto.

Il Liceo di Santa Caterina (questa la sua denominazione iniziale) continuò la sua esistenza anche dopo la fine del periodo francese e il ritorno, nel 1814, del dominio austriaco. Nel corso della prima metà del XIX secolo il liceo, frequentato da studenti non solo veneziani, ma spesso provenienti dal Veneto e dalle altre province dell'impero austriaco, acquisì una considerevole fama soprattutto per la cura particolare posta nell'insegnamento delle materie scientifiche, oltre che di quelle umanistiche, tanto è vero che frequenti furono i casi di alunni divenuti poi esponenti di spicco della ricerca e dell'insegnamento universitario di tali discipline; sempre assai intensi furono i rapporti con l'Università di Padova, così come l'attività scientifica dei docenti del Liceo.

In questo periodo la grande maggioranza dei professori fu rappresentata da religiosi. Non si trattava di una peculiarità di questo Liceo, bensì di una situazione largamente generale nel quadro della scuola del tempo, che tuttavia al Santa Caterina forse era più accentuata. Ciò nonostante, il Liceo fu coinvolto dagli avvenimenti della rivoluzione veneziana del 1848-49, non solo amministrativamente, ma anche vedendo la partecipazione di un certo numero di studenti fra i combattenti a difesa della Repubblica (alcuni fra loro caddero sul campo).

La restaurazione del potere austriaco fu segnata da un'accentuata stretta censoria da parte delle autorità. In questo quadro, nel 1850 il Liceo e il Convitto furono separati amministrativamente: il Convitto continuò a operare con annesse le scuole che, con il variare dei governi e delle epoche, fornivano l'istruzione di base, ma al contempo continuò a ospitare diversi allievi del Liceo. Nel 1851, invece, una riforma dell'istruzione decisa a livello dell'amministrazione imperiale comportò la presenza, accanto al Liceo, del Ginnasio, strutturato nei suoi cinque anni di corso.

L'annessione del Veneto al Regno d'Italia, nel 1866, ebbe come principale effetto per il Liceo l'assunzione della nuova e definitiva denominazione: dal 1867 il vecchio Liceo di Santa Caterina divenne il Regio Ginnasio Liceo "Marco Foscarini", in onore del doge-storico della letteratura del XVIII secolo. Naturalmente il Liceo non si limitò a cambiare nome, in ossequio alla legge italiana che imponeva appunto la titolazione delle scuole a italiani illustri, ma rientrò pienamente nell'ordinamento scolastico italiano così come esso era stato disegnato pochi anni prima dalla legge Casati, uniformandosi quindi agli altri licei del regno.

Anche nei decenni seguenti il "Foscarini" confermò la tradizione di scuola caratterizzata da un livello particolarmente alto degli studi, confermato dalla presenza di nomi illustri fra i docenti, sia nell'ambito umanistico sia in quello scientifico; continuò a non essere infrequente il passaggio dall'insegnamento al "Foscarini" all'Università, come era avvenuto sin dai primi anni del Liceo, quando il "Santa Caterina" si era guadagnata la fama di avere una sorta di primato fra le scuole della regione, essendo nel *cursus honorum* dei professori l'anticamera della docenza all'ateneo di Padova.

Sarà soltanto in occasione della prima guerra mondiale che il “Foscarini” dovette temporaneamente abbandonare la propria sede, dal momento che il complesso di Santa Caterina era stato destinato dalle autorità militari a ospedale. Il Liceo però non dovette interrompere il proprio funzionamento, se non per poche settimane, come tutte le scuole veneziane, nei giorni immediatamente successivi a Caporetto, venendo ospitato da altre strutture. Nemmeno le più convulse vicende della seconda guerra mondiale comportarono l’interruzione delle lezioni, e anzi nel corso di quei lunghi anni il “Foscarini” continuò a funzionare nella sua sede storica.

L’avvento del regime fascista inevitabilmente fece sentire i suoi effetti anche sul Liceo, sottoposto anch’esso a quelle forme di irregimentazione tipiche del fascismo, specialmente quelle rivolte ai giovani adolescenti. Anche il “Foscarini” dunque partecipò ai riti propri del regime, e purtroppo anche in esso la legislazione razziale del 1938 fece sentire i suoi effetti, con l’espulsione degli studenti ebrei, la cui presenza aveva invece sempre accompagnato la storia della scuola.

La fascistizzazione del “Foscarini” non fu però mai totale. Parte del corpo docente operò un’adesione di facciata al regime, e preferì impegnarsi nel garantire la tradizionale serietà e qualità dell’insegnamento. Saranno anzi proprio queste caratteristiche a favorire il permanere della trasmissione dello spirito critico all’interno della scuola. In questo modo anche il “Foscarini” poté contribuire, fra 1943 e 1945, al movimento di opposizione al fascismo repubblicano e all’occupazione nazista, quando diversi suoi studenti entrarono a vario titolo nella Resistenza e lo stesso Liceo fu sede di episodi di antifascismo. Non è casuale che il primo sindaco della Venezia liberata, Giovanni Ponti, fosse un professore del “Foscarini”.

Nel periodo fra le due guerre, intanto, dal “Foscarini” nel 1931 era venuta l’iniziativa di costituire una sezione staccata a Mestre: alla fine del decennio queste classi daranno vita, come scuola autonoma, al Liceo “Franchetti”, primo istituto liceale della terraferma veneziana.

Il Convitto subì invece un’interruzione nel suo funzionamento: fu infatti soppresso nel 1938, per riprendere le sue attività dopo la conclusione della seconda guerra mondiale, anche se dovette aspettare il 1955 per poter ritornare nella sua sede di Santa Caterina, che nel frattempo era stata adibita, successivamente, a sede della GIL, caserma, sede di profughi di guerra.

Nel periodo più recente anche il “Foscarini” è stato investito dalle più ampie trasformazioni che hanno riguardato la società italiana e, in essa, il sistema scolastico, mantenendo delle dimensioni contenute (per la maggior parte del tempo due sezioni) ma aprendosi progressivamente sempre più all’esterno e alle nuove istanze culturali e pedagogiche.

L’unione di Liceo e Convitto è ritornata a essere operante nel 1995, quando il Liceo ha completato, assieme alle già annesse scuole elementare e media, l’offerta formativa del Convitto Nazionale “Marco Foscarini”, costituendo uno fra i rari esempi italiani di struttura scolastica integrata su tutti i tre diversi livelli.

Nel corso della sua storia il “Foscarini” ha rivestito un ruolo molto importante nella città di Venezia, divenendo presto rinomato per l’alto livello della sua didattica e per la serietà della formazione impartita agli allievi. Parecchie sono le personalità che sono passate per la nostra scuola, sia come insegnanti sia come studenti, di rilievo anche nazionale: fra esse si annoverano esponenti politici come Luigi Luzzatti e Silvio Trentin, scrittori e registi come i due fratelli Pasinetti, Pier Maria e Francesco, docenti universitari, storici dell’arte; di un lungo elenco piace ricordare almeno Cesare Musatti, il padre della psicoanalisi italiana, e Franco Basaglia, il riformatore della psichiatria nel nostro paese.

Il complesso scolastico del “Foscarini” è collocato nel centro storico di Venezia, nel sestiere di Cannaregio, a breve distanza dal cuore della città. Facendo perno sull’originale chiostro trecentesco del convento di Santa Caterina, la cui chiesa è pure pertinenza della scuola, si estende su un’ampia superficie che comprende anche spazi aperti con strutture sportive, fra cui un campo da gioco in superficie sintetica. Mentre l’istituto prosegue nel regolare rinnovo delle sue dotazioni infrastrutturali, a cominciare dai laboratori di informatica e di scienze, le sue due dotazioni di maggior rilievo sono la biblioteca, ricca di 26.000 volumi, di cui quasi 18.000 del fondo antico, con opere dal XVI al XIX secolo, spesso edizioni di pregio e in diversi casi rare, e appunto il museo di fisica, dedicato al primo direttore Anton Maria Traversi, che, aperto recentemente, espone al pubblico la ricca collezione di strumenti sette-ottocenteschi che ancora oggi vengono utilizzati a fini didattici: l’esistenza di questo non comune patrimonio ha dato il via a importanti collaborazioni con prestigiose istituzioni europee come il Deutsches Museum di Monaco.

Forte di questo importante passato, il “Foscarini” tuttavia si proietta nel presente e nel futuro, attento a garantire ai propri studenti una formazione il più possibile equilibrata tra l’asse umanistico e quello scientifico, solida ma allo stesso tempo aperta alla contemporaneità, ampliando la sua offerta formativa con molteplici iniziative.

ANTONIO MARIA TRAVERSI

di Leonardo Mezzaroba

Antonio Maria Traversi¹ nacque a Venezia il 21 febbraio 1765, in Corte Marcona (Parrocchia di San Pantalon), da Francesco, che svolgeva la professione di *fenestrer* e da Veneranda Majnon; la sua era una famiglia di estrazione modesta, ma mentre il fratello Giovanni continuò il mestiere paterno, Antonio Maria, ben predisposto allo studio, si volse alla vita religiosa. Nel settembre del 1787 si laureò brillantemente in teologia e, due mesi dopo, fu ordinato sacerdote; negli anni seguenti approfondì lo studio della fisica, sua vera passione, ottenendo, forse, il titolo di dottore.

Nel 1796 il Senato veneto gli conferiva la cattedra di Logica e Metafisica nelle *Scuole dei Chierici* nel sestiere di San Marco, ma il Traversi ne fu privato appena un anno più tardi, alla caduta della Repubblica. Oltre a tutto, in quegli stessi mesi, venne a mancargli anche il padre Francesco. Antonio Maria dovette allora volgersi all'insegnamento privato fondando un collegio maschile, destinato all'educazione di giovani "nobili", nella propria abitazione in Corte Marcona (anagrafico 3383). Nel frattempo egli esercitava l'ufficio di confessore nella vicina chiesa di San Tomà.

Il *Collegio Traversi* era già ben noto nel 1801, soprattutto per il suo "Gabinetto di fisica", dotato di preziosi strumenti matematici, fisici e astronomici, e per una ricchissima "Collezione di mineralogia", disposta in 18 grandi armadi; si trattava di due raccolte ben note anche al di fuori dell'ambito veneziano². Ad aumentare la fama del Traversi venne anche la realizzazione di un corso di *Lezioni di Fisica moderna teorico sperimentale* che Antonio Maria pubblicò in sette volumi fra il 1806 e il 1809. Così, quando il 14 marzo 1807 Eugenio Napoleone decretò la creazione di 8 licei "con convitto e senza convitto", Pietro Moscati, direttore generale della pubblica istruzione del Regno Italico, chiamò proprio il Traversi a organizzare e dirigere quello veneziano, che assunse il nome di *Santa Caterina*.

Il 1807-1808 costituì senza dubbio il periodo più intenso della vita del Traversi, anzitutto per gli impegni derivanti dalla fondazione e dall'avvio del Liceo-convitto. Sono ben note la determinazione e la tenacia con le quali il Traversi organizzò il *Santa Caterina* munendolo di arredi e di una ricca biblioteca, ma, soprattutto arricchendolo con la donazione delle sue

¹ Per un ulteriore approfondimento della biografia del personaggio e per indicazioni bibliografiche più precise, si rinvia a L. MEZZAROBA, *Antonio Maria Traversi fondatore del Liceo Santa Caterina, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia 2007, pp. 41-59.

² Cfr. G. MOSCHINI, *La Letteratura Veneziana del Secolo XVIII fino a' nostri giorni*, Venezia 1806, II, pp. 108-109, 111-112.

due grandi collezioni³. Il loro trasferimento dal *Collegio Traversi* al *Santa Caterina* avvenne a fine marzo del 1808; se la collezione di mineralogia, trasportata direttamente con i suoi 18 armadi originari, trovò immediata collocazione, per le macchine del *Gabinetto di fisica* dovettero essere realizzati, fra aprile e novembre, degli appositi contenitori muniti di grandi lastre⁴. Nel frattempo Antonio Maria aveva abbandonato definitivamente la sua antica abitazione in Corte Marcona, per occupare l'alloggio a lui riservato nel convitto, e affidato la direzione del “vecchio” collegio privato al suo “coadiutore” Lorenzo Gallo.

In questo biennio però il Traversi fu impegnato anche su altri fronti: il 31 ottobre 1807 fu nominato dal prefetto a presiedere la commissione esaminatrice dei maestri per le scuole pubbliche e private; l'8 dicembre 1807 venne chiamato a far parte del primo Consiglio Comunale di Venezia; il 22 dicembre fu eletto fra i 40 consiglieri generali del Dipartimento dell'Adriatico; il 10 maggio 1808, il prefetto Serbelloni lo pose nella commissione istituita dal Reale Governo per il conferimento dei cosiddetti *Premi d'Industria*. Non va poi dimenticato che il Traversi fu membro dell'Accademia dei *Filareti* e della *Società Veneta di Medicina*; inoltre, proprio nel Liceo Santa Caterina, lui stesso istituì, nel 1808, una *Accademia di scienze e lettere* composta di giovani che si riunivano il giovedì.

Dopo che il decreto napoleonico del 25 dicembre 1810 impose la trasformazione di tutte le accademie in atenei, il Traversi fu chiamato, fin dalla prima sessione (1812), a far parte dell'*Ateneo Veneto* e ne divenne poi membro onorario.

Il 19 aprile 1814 facevano ingresso a Venezia le truppe austriache; i nuovi governanti confermarono il Traversi nel suo mandato e anzi, successivamente, aggiunsero al titolo di *provveditore*, quello di *direttore dello Studio filosofico* (26 settembre 1817); inoltre incaricarono il Traversi di dar vita a un nuovo *Regolamento pei Licei-Convitti di Venezia e Verona*. Da parte sua, il governatore regionale delle Provincie Venete, Pietro Goëss, lo chiamò a far parte della *Commissione giudicatrice* per i premi d'Industria (23 ottobre 1817).

In questi stessi anni, per merito del Traversi, il Liceo Convitto veniva arricchito dell'importante collezione di storia naturale di Girolamo Ascanio Molin e del celebre manoscritto *Descrizione de' crostacei, de' testacei, e de' pesci che abitano le lagune e golfo di Venezia rappresentati in colori ed a chiaroscuro*, dell'abate Stefano Chiereghini di Chioggia⁵. Da parte sua, il

³ Il Viceré apprezzò molto il gesto del *provveditore* Traversi e dispose l'aumento del suo stipendio da 2000 a 3000 lire.

⁴ La messa in opera venne “naturalmente” affidata a Giovanni Traversi, fratello di Antonio Maria.

⁵ L'opera fu acquistata nel 1818, su istanza del Traversi, dal viceré Giovanni Ranieri, fratello dell'imperatore Francesco I, per 16000 lire italiane; proprio in considerazione del suo pregio essa è attualmente affidata in deposito alla Biblioteca Marciana di Venezia (*Fondo Chiereghin*).

patriarca Francesco Maria Milesi lo nominava membro del Concistoro patriarcale, *delegato sestierale*, esaminatore prosinodale e vicepresidente delle scuole maschili e femminili della dottrina cristiana⁶.

Frutto invece dell'antica passione per gli studi scientifici furono, nel 1822, la riedizione delle *Lezioni di Fisica* con il nuovo titolo di *Elementi di fisica generale*, e, nel 1827, le *Osservazioni meteorologiche del dottor Antonio Traversi provveditore del R. Liceo, Membro onorario del Veneto Ateneo*. Proprio nel 1827 al Pyrker subentrava il nuovo patriarca Jacopo Monico; da questi il Traversi fu nominato, nel 1829, direttore spirituale dell'Istituto delle figlie di Carità (*Canossiane*) e canonico onorario patriarcale della basilica di San Marco.

Il 6 febbraio 1831 Mauro Cappellari, monaco camaldolese legato da profonda amicizia con il Traversi⁷, veniva eletto al soglio pontificio con il nome di Gregorio XVI. Quando, il 2 giugno 1832, Antonio Maria si recò a Roma per felicitarsi con lui, il nuovo pontefice gli riservò grandi onori e cercò di convincerlo a trasferirsi nella città eterna; la cosa era comunque destinata a compiersi in seguito a una vicenda accaduta un paio d'anni prima.

In effetti nel maggio del 1830 la vita del Liceo Santa Caterina era stata turbata da un episodio di goliardia che aveva fatto molto scalpore: alcuni studenti del secondo anno degli studi filosofici, avevano composto e letto pubblicamente, presso il caffè *Vittoria*, una lunga satira⁸ che metteva in ridicolo insegnanti, superiori e, prima di tutti, il Traversi; si gridò allo scandalo, seguì un'inchiesta governativa, furono adottate punizioni severissime che suscitarono il malcontento degli studenti e provocarono disordini. Traversi fu fortemente criticato per come aveva gestito la cosa, tanto che il governatore rispose di rimuoverlo subito e di informare Vienna.

Motivi di opportunità e la difficoltà di trovare un successore adatto ritardarono però il suo allontanamento, che venne ufficializzato solo il 4 agosto 1832; al posto del Traversi fu chiamato l'abate vicentino Luigi Dalla Vecchia. Venne comunque accuratamente evitato ogni scandalo: il Traversi continuò a rimanere al Santa Caterina e proprio qui, il 27 febbraio 1833, fu persino decorato dal delegato imperiale, Giambattista conte di Thurn, per conto di Francesco I, con la *gran collana d'oro munita di medaglia al merito civile*.

In questa situazione maturò la decisione del Traversi di accettare i ripetuti inviti di Gregorio XVI a stabilirsi a Roma. Questo avvenne nella

⁶ In questa veste scrisse un Regolamento per le Scuole della Dottrina cristiana nella città di Venezia (pubblicato nel 1818).

⁷ Gregorio XVI amava definire il Traversi: "il più grande amico che io abbia al mondo". (G. MORONI, *Dizionario, cit.*, XCIII, p. 67).

⁸ "Satira. Fatta nel mese di Maggio, mese appunto in cui sogliono cantare i poeti". Si tratta di un componimento di 289 endecasillabi conservato presso l'Archivio di Stato di Venezia (II Dominazione Austriaca, Presidio di Governo, b. 735, Rapporto del direttore generale di polizia al governatore dell'11 giugno 1830).

primavera del 1835: il Traversi, che era già stato nominato *ablegato apostolico*, ricevette dall'amico pontefice un'interminabile serie di onori: poté abitare nel prestigioso palazzo Passarini, in via Panisperna, ebbe a sua disposizione una carrozza, fu nominato canonico della basilica di Santa Maria Maggiore, prefetto della Commissione dei sussidii, deputato ecclesiastico dell'ospizio di Santa Maria degli Angeli alle Terme di Diocleziano, superiore delle monache di S. Norberto dedicate alla educazione femminile, consultore delle primarie congregazioni cardinalizie, consultore della Inquisizione, consultore del Concilio, consultore dei Riti, consultore nella Congregazione degli affari straordinari ecclesiastici, presidente dell'Accademia di Religione.

Il 17 luglio 1836 Gregorio XVI lo consacrò vescovo di Nazianzo e vescovo assistente al soglio pontificio. Infine, il 21 febbraio 1839, Antonio Maria venne eletto patriarca di Costantinopoli.

Tutto questo non impedì al Traversi di svolgere il proprio apostolato e di impegnarsi con generosità nel portare conforto spirituale alla popolazione nel corso delle epidemie di colera e di vaiolo. E proprio a causa del vaiolo egli morì il 23 settembre 1842; negli ultimi giorni di vita il pontefice si era recato per due volte a fargli visita a palazzo Passarini.

Antonio Maria aveva chiesto di essere sepolto nel cimitero pubblico e ricordato da una semplice iscrizione, ma Gregorio XVI volle che all'amico fossero tributati funerali solenni nella basilica di Santa Maria Maggiore, dove gli venne riservato un grande sepolcro con un busto realizzato dallo scultore vicentino Giuseppe De Fabris. Una copia in marmo del busto fu poi donata nel 1844 da Gregorio XVI al Santa Caterina; essa è attualmente ancora visibile nel Liceo Convitto Marco Foscarini.

FISICI IMPORTANTI DEL LICEO: BIOGRAFIE

di Pierandrea Malfi

E' logico che con 200 anni di storia¹, vi sia notevole materiale riguardante schizzi biografici di diversi professori, presidi e di tantissimi studenti del Liceo, certuni divenuti famosi, alcuni morti da eroi nei moti del '48, altri nella Grande Guerra, uno di stenti col padre ad Auschwitz².

Per quanto riguarda il Museo Traversi, in aggiunta chiaramente al padre fondatore³ dell'Istituto, altre persone sono state particolarmente significative perché due secoli fa la loro attività presso il Liceo fu rimarchevole per la collezione di strumenti di fisica. Le assai sintetiche biografie che seguono sono quelle relative ai personaggi più significativi e per ciò citati in questo volume.

Francesco Cobres (1800-1846), macchinista

E' da una lettera dell'ing Colombini⁴ che conosciamo alcuni dettagli della vita del macchinista Cobres. Figlio di Giovanni Battista, Francesco Cobres nacque a Venezia il 9 gennaio 1800. Con patente di macchinista entrò alle dipendenze del Liceo S. Caterina intorno al 1821. Nell'a.s. 1841/42 figura ancora nell'organico dello "studio filosofico" con stipendio di circa 120 fiorini (quello dei docenti era di 800-900 fiorini). Cobres "passò a dirigere l'officina dell'I.R. Scuola Tecnica, ... con sede provvisoria a S. Procolo". Egli figura sicuramente assente già nell'ottobre del 1844 e il prof. Zantedeschi perse un collaboratore validissimo⁵. Morì di vaiolo a Venezia il 25 ottobre 1846. Le sue macchine sono tuttora esistenti ed esposte nel Museo.

Luigi Magrini (1802-1868), professore

Luigi Magrini, predecessore di Francesco Zantedeschi, insegnò al S. Caterina per due soli anni scolastici (1836/37 e 1837/38) in qualità di "professore supplente di fisica"⁶. Magrini "abbozzò ... un sistema per

¹ Si veda il contributo di F. Andreolo in questa pubblicazione.

² Cfr F. ANDREOLO, *Il Foscarini. Un Liceo nel suo tempo, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 9-39.

³ Per approfondire la figura dell'abate Antonio Maria Traversi, si consulti il contributo di L. Mezzaroba in questo stesso volume.

⁴ G. COLOMBINI, "Scheda biografica relativa al Cobres", Lettera al Preside Giovanni Franco, Venezia, 27 dicembre 1984.

⁵ Cfr P. BONAVOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 136-138.

⁶ Così infatti il professore si firma nel "Catalogo delle Macchine esistenti nel Gabinetto di Fisica dell'I.R. Liceo-Convitto di Venezia" (Venezia, 1818) in calce a

ispiegare la natura del *principio elettrico*, e lo svolse con un linguaggio che ben poco differisce da quello che si usa oggi⁷ e fece importanti esperimenti sulla trasmissione degli impulsi elettrici, tanto che i suoi discendenti lo consideravano come il vero inventore del telegrafo⁸.

Stefano Marianini (1790-1866), professore

Marianini seguì nel 1817 i corsi tenuti da Alessandro Volta all'Università di Pavia. Volta lo nominò Aggiunto alla Cattedra di Fisica e di Matematica. Dal 1822 al 1835 occupò la cattedra di Fisica presso il Liceo S. Caterina di Venezia. In questo periodo si occupò di elettricità, galvanometria, elettrochimica, elettro-fisiologia e magnetismo, studi ed esperienze che nel 1836 continuò all'Università di Modena. Lo sostituì Luigi Magrini.

Francesco Zantedeschi (1797-1873), professore

Studio di vasti e differenziati interessi⁹, tenne la cattedra di Fisica assieme a quella di Storia Naturale (cui competeva anche la direzione e la conservazione dell'orto botanico) dal 1838 al 1849. Contribuì in modo rimarchevole a incrementare il numero di strumenti di fisica sia didattici che per effettuare la propria attività di ricerca, avvalendosi della preziosa collaborazione del macchinista Francesco Cobres. Alcuni dei suoi strumenti di ricerca si sono conservati e sono esposti nel Museo.

Bernardino Zambra (1812-1859), professore

Si laureò ingegnere architetto a Pavia nel 1832. Nel 1842 fu nominato ordinario di fisica e storia naturale nel liceo di Udine. Al posto di Francesco Zantedeschi, passato all'insegnamento universitario, nel 1851 fu trasferito al Santa Caterina, di cui divenne vice-rettore nel 1852. Quindi tenne la cattedra di fisica presso l'Università di Padova¹⁰. Venne sospettato, probabilmente a ragione, di sentimenti antiaustriaci. "Zitti Austria Muore Bella Risorge Ausonia": questo l'acrostico che provocava l'applauso degli studenti ogni volta che il professore entrava in aula¹¹.

ciascuna lista degli strumenti acquistati negli anni scolastici 1835/36, 1836/37 e 1837/38.

⁷ G. FRANCESCHINI, *Un secolo di cultura nazionale nel Liceo-Ginnasio M. Foscarini: primo centenario dalla fondazione (1807-1907)*, Venezia, 1907, pag. 70.

⁸ Cfr <http://www.liceomagrini.it/25anni/Magrini25.pdf>. BIANCA AGARINIS MAGRINI, *Un certo... Luigi Magrini*, saggio contenuto nella pubblicazione per i 25 anni del Liceo Scientifico Luigi Magrini di Gemona del Friuli, Gemona del Friuli, 2002.

⁹ Per approfondirne la figura e l'attività si rimanda a P. BONA VOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 121-138.

¹⁰ Cfr G. GULLINO, *L'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, Venezia, 1996, p 446.

¹¹ G. FRANCESCHINI, *Un secolo di cultura nazionale nel Liceo-Ginnasio M. Foscarini: primo centenario dalla fondazione (1807-1907)*, Venezia, 1907, pag. 91.

UN PERCORSO TRA COLLEZIONI E STRUMENTI

di Pierandrea Malfi

Nel Museo Traversi è esposta una selezione di strumenti di fisica facenti parte di una collezione scientifica. Tuttavia sia i concetti di museo e di collezione che gli oggetti che entravano a farne parte hanno avuto un percorso evolutivo che abbraccia più secoli, all'interno del quale trovano una precisa collocazione i “reperti” del Liceo Foscarini.

In analogia con l'archeologia, in un certo senso tutti gli antichi strumenti di fisica possono essere considerati i reperti di una particolarissima archeologia: quella della storia della scienza e della tecnologia¹. Una storia che, strettamente connessa allo sviluppo del pensiero, della cultura, delle scienze e del progresso tecnologico, ha prodotto preziose raccolte di oggetti e laboratori specializzati nella costruzione di strumenti di fisica. E' conoscendo questa storia che ogni collezione può essere adeguatamente valutata e gli oggetti che la costituiscono essere meglio compresi sia nel funzionamento del tutto che di ogni singola parte.

LO SVILUPPO DELLE COLLEZIONI

Tornando indietro nel tempo, alla ricerca del cosiddetto inizio delle collezioni, si giunge al '500, ma la paura/interesse per il pezzo strano, misterioso e dai magici poteri ha origini ancora più remote e precisamente medievali. Infatti nel Medioevo ciò che è inquietante, misterioso, inspiegabile, pauroso, mostruoso è letto e rivisto nell'ambito della Chiesa e fatto rientrare nel disegno divino. Tutto ciò acquista così un senso che solo Dio può giustificare e spiegare e per questo accettato dal fedele, pur non comprendendolo. Così, in mezzo a ori e reliquie custoditi dal clero, a volte si trovano anche oggetti diversi, testimoni naturalistici della varietà del creato².

Nel Rinascimento, in cui si ebbe l'affermarsi di un nuovo ideale di vita e il rifiorire degli studi umanistici e delle belle arti, esplose l'interesse sempre maggiore per le antichità, per i capolavori d'oreficeria, per le opere d'arte e per gli oggetti singolari, insoliti, bizzarri, incomprensibilmente strani, rari e, chiaramente per coloro che se lo potevano permettere, si ebbe la spinta a collezionare, anche a caro prezzo, tali oggetti.

Si passò insomma da un collezionismo selettivo, riservato alla Chiesa, a un collezionismo poliedrico che si estese ai privati e ai principi di ogni nazionalità. Erano nati dei veri “musei prima dei musei” ovvero un filone di

¹ Cfr. R. Marotti, Introduzione al restauro della strumentazione di interesse storico scientifico, Collana “I Talenti”, N° 15, Il Prato, Padova, 2004.

² Come il cocodrillo che pende dalla sommità della navata della chiesa S. Maria delle Grazie di Mantova.

collezionismo che andava sotto il nome di “Wunderkammer” (camera delle meraviglie). Tali collezioni trovavano posto in stanze o ali di palazzi e residenze arredate in modo fastoso e denso, ricche di scaffalature, vetrine e armadi. Perfino ai soffitti erano appesi oggetti³.

Ma che cosa avrebbero ammirato gli occhi del proprietario in questi locali? Praticamente di tutto, dai libri ai bezoar⁴ e ai corni del mitico liocorno⁵. Secondo una classificazione tipica dell'epoca vi erano i “*Naturalia*, cioè oggetti forniti all'uomo direttamente dalla natura⁶... gli *Artificialia*, cioè le creazioni dell'uomo, che grazie alla sua perizia modifica i *naturalia* secondo le proprie esigenze o estro” e “i *Curiosa*, cioè tutto ciò che può incuriosire o stupire in quanto *monstra*”⁷, cioè al di là del normale.

Tuttavia, se il denominatore comune è il gusto per le rarità, i pezzi bizzarri, le preziose opere d'arte, un distinguo è d'obbligo, poiché nel secondo Cinquecento vi sono due filoni principali di collezioni: quelle all'interno delle corti signorili e dei palazzi dei nobili e le raccolte di alcuni facoltosi e colti proprietari non nobili⁸. Le prime, come per esempio quella dei Medici a Firenze, non sono specializzate: continuamente accresciute sia dai dispendiosi acquisti che dai pezzi ricevuti come prezioso dono o raffinato omaggio, in esse si mescolano *naturalia* e *artificialia*, principalmente da contemplare, al principio nel segreto di un luogo appositamente attrezzato⁹, poi messe in esposizione come segno di potenza del casato.

Invece particolari collezioni allestite da alcuni medici o botanici, cioè da persone colte non nobili, dal percorso di studi universitario, sono diverse sia per scopo che per contenuti. Esse sono specializzate, cioè largamente naturalistiche. Queste collezioni hanno una finalità pratica legata alla professione: cioè sono “musei” allestiti soprattutto con *naturalia*, luoghi

³ Per delle immagini <http://pages.infinet.net/cabinet/representation.html>.

⁴ Già noti ai tempi dei califfi e considerati dotati di capacità antivenefiche, erano un agglomerato tondeggianti costituito da minerali, fibre di natura vegetale e animale che si trovano particolarmente all'interno dello stomaco dei ruminanti. In genere si trovano montati su preziosi basamenti che aggiungevano a tali rarità il valore dell'opera d'arte che li sosteneva.

⁵ In realtà si trattava del dente del maschio di narvalo.

⁶ Rientrano in questa voce le raccolte di piante essiccate, immagini del mondo naturale, gli orti botanici, collezioni organizzate di piante viventi, zoo e gli animali impagliati. Ma le stesse piante venivano anche disegnate con risultati interessanti dal punto di vista artistico.

⁷ <http://www.storiadimilano.it/Personaggi/Milanesi%20illustri/settala/manfredosettala.htm>.

⁸ Cfr. http://ppp.unipv.it/musei/pagine/sezstorica_01.htm.

⁹ Per avere un'idea, limitatamente a una categoria di pezzi “scientifici”, della qualità, ricchezza, fattura artistica di certi oggetti (che di fatto all'epoca erano in buona parte da ammirare più che da usare) si può vedere sul web <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=403036> con [ibidem?c=401071](http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=401071) e [ibidem?c=407030](http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=407030).

appositamente ideati dal proprietario per essere utili strumenti per svolgere al meglio il proprio mestiere. In altre parole, si tratta di “teatri della natura, suoi strumenti di conoscenza”¹⁰, disponibili al pubblico e dove trova spazio anche la didattica. Restando in ambito italiano, famose collezioni di questo tipo sono quelle di Calzolari¹¹, Aldrovandi¹² e Imperato¹³.

Fino al periodo della cosiddetta rivoluzione scientifica¹⁴ gli strumenti erano essenzialmente di calcolo e rilevamento. Con l’adozione del metodo scientifico assunse un peso determinante il ricorso alla sperimentazione, una volta superata l’opinione dell’impossibilità di riprodurre artificialmente i fenomeni della natura. Fu così che videro la luce nuovi strumenti derivanti dalle ricerche sulla natura le cui linee costruttive di base sono rimaste tali fino ai nostri giorni. Si ricordano, oltre al microscopio e al telescopio, il barometro, derivato dagli esperimenti torricelliani del 1644. Altro oggetto che nacque nel Seicento fu il termometro. Presso l’Accademia del Cimento (1657-1667) si effettuarono, “provando e riprovando”¹⁵, ricerche sul vuoto e sul calore. Quest’ultime portarono appunto alla costruzione dei primi termometri¹⁶.

Durante il ‘600 si verificò un cambiamento del gusto con l’ingresso nelle collezioni di oggetti non fatti esclusivamente con materiali preziosi (come oro, argento, avorio, legni pregiati), ma anche realizzati con materiali poveri, però ritenuti di grande importanza perché consentirono nuove scoperte o perché legati a nomi di scienziati famosi¹⁷.

Il ‘700 fu il secolo delle grandi raccolte¹⁸, nel quale si ebbe il forte sviluppo delle collezioni scientifiche e si fecero diverse scoperte e invenzioni. Grazie alle intense indagini sulla natura le scienze si modificarono: nacquero nuovi mondi del sapere e si costruirono le macchine

¹⁰ http://ppp.unipv.it/musei/pagine/sezstorica_01.htm.

¹¹ Francesco Calzolari (1521-1600) allestì il suo museo intorno alla metà del ‘500. Per un approfondimento <http://www.museostorianaturaleverona.it/d.html>

¹² Ulisse Aldrovandi (1522-1605) enciclopedico, naturalista e medico. Per alcune note si veda <http://www2.geomin.unibo.it/Musei/capellini/storiacap3.htm>.

¹³ Ferrante Imperato (1550-1631), farmacista, allestì un museo naturalistico presso la sua casa di Palazzo Gravina a Napoli. Per dettagli si può consultare <http://www.imss.firenze.it/milleanni/cronologia/biografie/imperat.html>

¹⁴ Convenzionalmente l’inizio di questo periodo è posto in corrispondenza della pubblicazione del “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (1543) di Nicolò Copernico, mentre l’uscita a stampa (1687) dell’opera “Philosophia Naturalis Principia Mathematica” di Isaac Newton ne segna il termine.

¹⁵ Questo motto è presente sullo stemma dell’Accademia.

¹⁶ Tali termometri però non erano comparabili. I modelli di termometri a mercurio sono infatti della prima metà del ‘700.

¹⁷ Basti pensare per esempio ai due cannocchiali di Galileo Galilei che entrarono a far parte della collezione medicea. Ancora esistenti, si possono vedere in rete in <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=405001> e [ibidem?c=405002](http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=405002).

¹⁸ Per esempio quella di Bonnier De La Mosson (1702-1744).

che di questi mondi rivelavano fenomeni ed effetti, ancor prima di capirne appieno il funzionamento (si pensi alla panoplia di diavolerie elettriche).

Il gusto per la scienza conquistò l'interesse di una ampia fascia della popolazione: per la diffusione delle conoscenze scientifiche si organizzavano incontri, corsi e conferenze. Di particolare importanza fu la figura del "conferenze-dimostratore" che nei gabinetti di fisica privati dei nobili, nei caffè, nelle Accademie e nelle Società scientifiche, con dimostrazioni ed esperienze, intratteneva e divertiva i più svariati uditori facendo uso di diversi strumenti.

L'aumento degli strumenti scientifici seguì pari passo la diffusione di questa fisica newtoniana adattata, in cui la parte matematica era tenuta nascosta, mentre tutto era presentato in termini di causa-effetto servendosi di strumenti appositamente ideati per mostrare tali effetti. Alcuni personaggi (Keill, Whiston, s'Gravesande, Nollet), autori di testi diffusissimi all'epoca, segnarono profondamente le modalità di divulgazione delle scienze e di costruzione delle macchine scientifiche. Di conseguenza si svilupparono i laboratori nei quali si eseguivano riproduzioni delle macchine presenti nei trattati divulgativi e anche strumenti fatti appositamente costruire da facoltosi committenti per ostentarli come segno del loro interesse per la scienza e della loro ricchezza.

Con la rivoluzione industriale il metodo di produzione e organizzazione del lavoro cambiò, grazie all'introduzione delle macchine. Gli strumenti scientifici si estesero anche all'interno delle officine e delle fabbriche per effettuare controlli e misurazioni.

L'industria di precisione, ovvero della produzione di apparecchi e strumenti scientifici, non è certo paragonabile per importanza economica e sociale ad altre industrie dell'epoca (metallurgica, mineraria, tessile). Comunque, nonostante il numero relativamente ridotto di tecnici e operai, per il suo alto contenuto tecnologico, lo studio dell'industria di precisione permette di valutare il livello tecnico raggiunto in un certo periodo da una certa nazione. Nel XVIII secolo furono indubbiamente predominanti i costruttori inglesi di strumenti; del resto fu in Inghilterra che nacque la rivoluzione industriale. Alcuni sommi costruttori furono John Bird (1709-1776)¹⁹, John Dollond (1706-1761)²⁰, Jesse Ramsden (1735-1800)²¹, James Short²² (1710-1768), George Adams²³ (1750-1795).

¹⁹ Eccezionale costruttore di strumenti astronomici e maestro nella divisione (gradazione) dei cerchi.

²⁰ La sua produzione fu vastissima: è ricordato per aver introdotto le lenti (doppietti) acromatiche nei telescopi.

²¹ Ebbe delle officine con decine di persone. E' noto per l'invenzione di una macchina a dividere dei cerchi "a misura di operaio" e per la macchina elettrostatica a strisciamento che porta il suo nome (si veda il pezzo N° 396).

²² Apprezzato per i suoi telescopi a riflessione.

²³ Fu il costruttore di Giorgio III.

Alla fine del '700 imponenti collezioni scientifiche, non necessariamente solo private, pur non essendo dei musei nell'accezione attuale del termine, vi assomigliavano molto nell'organizzazione dei pezzi.

L'invenzione della pila consentì nell'800 la scoperta di nuovi fenomeni²⁴ coinvolgenti le correnti elettriche. Lo studio dell'elettrodinamica richiese la costruzione di nuovi dispositivi sperimentali e poi degli strumenti didattici necessari per l'esecuzione delle esperienze di laboratorio. Infatti nel XIX secolo aumentò il numero dei laboratori per la nascita di molteplici istituzioni (università, scuole), cui evidentemente servivano gli strumenti scientifici di divulgazione, ricerca e lavoro.

Per soddisfare la domanda sempre crescente di strumenti scientifici nacquero diversi laboratori di costruttori: prima dei quotati costruttori francesi (Pixii, Soleil, Dubosq, Lerebous et Sécretan), che in pochi decenni raggiunsero livelli d'eccellenza, poi dei tedeschi (Merz, Zeiss, Weinhold), favoriti dalla stretta collaborazione tra scienza e industria. Queste attività, con il passare dei decenni, da artigianali si trasformarono in industriali. I costruttori italiani, sprovvisti delle indispensabili conoscenze scientifiche e dei mezzi economici necessari, non riuscirono a guadagnare i mercati internazionali, operando da semplici artigiani sul modesto mercato locale²⁵. E nonostante i miglioramenti negli ultimi decenni dell'800, l'industria di precisione italiana restò comunque dipendente da quella straniera anche all'inizio del XX secolo²⁶.

Nella seconda metà dell'800 l'elettricità, prima confinata nei laboratori, modificò profondamente l'industria. Con la nascente industria elettrica cambiò lo stile di una classe di strumenti, quelli industriali. In questo caso lo strumento doveva essere utile, solido, compatto, affidabile, di facile impiego e duraturo. Cadde quindi la vecchia visione dello strumento da laboratorio, difficile da regolare, fragile, utilizzabile solo da chi, come lo scienziato, possiede specifiche conoscenze.

Alla fine dell'800 in tutte le grandi istituzioni scientifiche (università, politecnici, istituti di ricerca) di Germania, Inghilterra, Francia, Italia si sarebbero potute vedere grandi collezioni ben fornite di strumenti scientifici, usati sia per la ricerca che per l'insegnamento in edifici appositamente allestiti. All'epoca, la lunghezza della scarica elettrica delle bobine di induzione, icone per eccellenza delle apparecchiature ottocentesche, "quantificava" l'importanza di un laboratorio, così come al giorno d'oggi lo è l'energia degli acceleratori. Consultando i cataloghi si può avere un'idea dell'alto numero di strumenti acquistabili.

²⁴ Si veda l'introduzione alla sezione di elettromagnetismo nella parte dedicata alla strumentazione del Museo.

²⁵ Cfr www.esteticainfisica.it/catalogo/htm/cottoc.htm

²⁶ La "Filotecnica" del costruttore Ignazio Porro (1801-1875) può essere considerata la sola ditta italiana per strumenti geodetici capace di commercializzare strumenti di qualità paragonabile a quella dei dispositivi tedeschi.

Inoltre lo strumento scientifico di fatto entrò in tutti i campi delle attività umane, uscì quindi dai laboratori di ricerca e dai gabinetti didattici per passare anche nell'industria e pure in ambito domestico. E questa tendenza accelerò nel corso del XX secolo.

Con il '900, nell'arco di una cinquantina d'anni avvennero delle trasformazioni tali per cui gli strumenti tipici dei gabinetti di fisica divennero irriconoscibili. Entrarono nuovi materiali: plastiche e ceramiche sostituirono i materiali tradizionali come vetro, legno e ottone. Le parti elettromeccaniche diminuirono, mentre quelle elettroniche crebbero. Le teorie sviluppate studiando il "mondo microscopico" assunsero un ruolo sempre maggiore nella costruzione di strumenti. Si consideri che verso il 1947 si inventarono i transistor, l'equivalente di una valvola termoionica, ma decisamente più compatti e con minor assorbimento di energia. Si aprì così la strada della miniaturizzazione... e nei laboratori le collezioni di dispositivi si rinnovarono radicalmente, perché gli ingombrati, fragili, meno efficienti strumenti del passato vennero inevitabilmente rimpiazzati con gli equivalenti moderni²⁷.

Le ditte costruttrici si trasformarono profondamente. Fino alla prima guerra mondiale gli strumenti scientifici erano prodotti da ditte piccole, con alcune decine, al massimo centinaia di operai, che avevano un carattere di tradizione familiare con manager ingegneri un po' tutto fare. Ma con l'aumento della domanda e della complessità degli strumenti, la maggior parte di queste ditte entrarono a far parte di compagnie molto più grandi con produzioni multi-prodotto. Del resto la Prima Guerra Mondiale mostrò chiaramente l'importanza della strumentazione diffusa e di precisione come oggetto strategico. Di qui la forte accelerazione in tal senso anche nella ricerca e sviluppo che è ancora in atto.

Fino agli inizi del XX secolo la maggior parte degli strumenti era semplice, da tavolo, potevano essere abbastanza facilmente smontati, rimontati, riparati, modificati. E tali sono anche gli strumenti del Liceo. Grazie a queste caratteristiche il rapporto tra l'utilizzatore degli strumenti e lo strumento stesso era molto stretto: non solo, ma molto spesso l'utilizzatore era anche l'ideatore, se non in alcuni casi il costruttore. Addirittura la costruzione e la modifica degli strumenti facevano spesso parte del *curriculum* dei fisici di inizio '900. Oggi, data la complessità, si hanno degli strumenti che sono delle "scatole nere impenetrabili". L'utilizzatore non è tenuto a saper riparare un apparecchio (e la cosa spesso non è certo a portata di "cacciavite"), ma basta che lo sappia usare.

E' interessante osservare che gli strumenti per certi campi d'indagine della fisica si ingigantirono richiedendo per funzionare più persone, anche decine. La loro costruzione mette in gioco volumi di denaro rilevanti: e una

²⁷ La meccanica però non scomparve del tutto: quella di alta precisione infatti è ancora oggi importante in diversi strumenti (bilance, giroscopi, macchine calcolatrici).

volta costruito lo strumento è tenuto come uno “status simbol” di potenza al pari degli oggetti che arricchivano le collezioni dei principi del passato.

CRITERI DI ORGANIZZAZIONE DEGLI STRUMENTI DI UNA COLLEZIONE

Osservando una collezione di strumenti di fisica, ci si trova di fronte a una varietà piuttosto ricca di tipologie. E' evidente che sia opportuno procedere a una classificazione degli oggetti per avere informazioni quantitative sulla consistenza della collezione stessa. Ogni sistema ha chiaramente i propri limiti, ma è comunque utile per capire gli strumenti dei laboratori e dei gabinetti di fisica.

Poiché la fisica, per la sua vastità, viene di solito divisa in più rami e sezioni (meccanica, meccanica dei fluidi, termodinamica, ecc.), un primo più che logico criterio di organizzazione degli strumenti è quello appunto di ripartirli secondo i rami della fisica all'interno dei quali ogni singolo pezzo rientra per il principio fisico messo in evidenza, per la legge sfruttata nel funzionamento o per la grandezza che viene con esso rilevata e misurata.

Tuttavia le macchine di fisica possono essere anche suddivise in base a categorie più generali e valide per tutti quegli strumenti ideati e costruiti a partire dal '600 e grossomodo fino agli inizi del XX secolo.

In via del tutto generale la classificazione può essere fatta secondo le due grandi categorie che seguono.

Strumenti passivi: essi operano senza interferire con la natura, cioè nel loro funzionamento non ne producono modifiche (chiaramente secondo la visione della fisica classica). Tipici strumenti passivi sono, per esempio, i telescopi e i microscopi.

Strumenti attivi: sono quelle macchine capaci di produrre nuovi fenomeni o di modificare quelli naturali. Questi strumenti nacquero con la rivoluzione scientifica, per poi essere migliorati nelle parti costituenti e per efficienza. Classici esempi di strumenti attivi sono le pompe pneumatiche (modificano le condizioni fisiche dell'aria atmosferica) e i vari modelli di macchine elettriche (producono una più o meno consistente separazione delle cariche a partire dal naturale stato di neutralità).

Un'altra possibilità è operare una classificazione per tipo che individua cinque categorie. Si hanno:

Strumenti di ricerca e di misura: si tratta di quegli apparecchi, tipicamente da laboratorio, attraverso i quali si è potuto aumentare le conoscenze sulla natura. Essi erano i più sofisticati e innovativi strumenti all'epoca disponibili. E' questo il caso, per esempio, dei due cannocchiali di Galileo Galilei con cui il grande scienziato effettuò le proprie osservazioni celesti e alla cui morte entrarono a far parte della collezione medicea, degli elettrometri e della pila costruiti da Alessandro Volta, dei galvanometri astatici commercializzati dallo stesso ideatore di questo innovativo oggetto di misura, Leopoldo Nobili (si veda il N° 293).

Strumenti didattici: ovviamente numerosissimi e realizzati in diverse piccole varianti per forma e gusto artistico del costruttore, sono quei dispositivi che, pur derivando spesso da quelli di ricerca e misura

precedentemente ideati, tuttavia non permettevano un aumento delle conoscenze scientifiche, ma consentivano la trasmissione di tali conoscenze. Il loro importante compito era quindi quello di visualizzare i vari fenomeni fisici in modo chiaro, curioso, paradossale, spettacolare. A questa categoria appartengono anche certi modelli, come quelli degli occhi umani al fine di consentire lo studio del meccanismo della visione.

Strumenti professionali: in questa categoria rientrano tutti quegli oggetti collegati all'esercizio di particolari professioni nelle quali era necessario effettuare osservazioni e misurazioni scientifiche. E' questo il caso per esempio dei teodoliti, degli strumenti chirurgici del passato, di amperometri e voltmetri di fabbricazione industriale, dei goniometri, dei microscopi da laboratorio, ecc.

Le macchine-modello: si tratta di tutti quei dispositivi in grado di conciliare in loro il fascino dell'osservazione di un qualcosa realmente funzionante con l'impossibilità di disporre delle vere macchine a grandezza naturale. E' evidente che nel gabinetto di fisica di una scuola difficilmente si sarebbe potuto mostrare certe meraviglie del progresso della scienza e della tecnica, come le macchine a vapore e le locomotive. Allora per illustrare le applicazioni pratiche delle leggi e dei fenomeni fisici si fece ricorso ai modelli in scala delle macchine vere che, dimensioni a parte, erano per tutto il resto identiche agli originali. Nelle collezioni si trovano, per esempio, macchine-modello di telegrafi, di varie macchine a vapore, di locomotive, ecc.

I giochi scientifici: in questo caso non si tratta di strumenti veri e propri, ma appunto di oggetti ludici basati su fenomeni fisici e costruiti (o commercializzati) per attrarre e stupire. Possono derivare dagli studi particolari compiuti da uno scienziato oppure essere appositamente ideati. Tra i tanti, si citano le varie anamorfosi, lo stereoscopio, il caleidoscopio, il prassinoscopio, ecc.

Queste classificazioni non sono reciprocamente esclusive, anzi. Possono essere usate contemporaneamente. Per esempio, il prisma del prof. Zantedeschi (pezzo N°294) è descrivibile sia come un dispositivo appartenente a quel particolare settore della fisica che è l'ottica, che come uno strumento attivo, in quanto disperde la luce. Inoltre, essendo stato impiegato per eseguire degli esperimenti sullo spettro solare (si veda la Scheda N°294), è anche uno strumento di ricerca e misura.

Questi criteri di classificazione sono stati utilizzati nei testi descrittivi degli strumenti contenuti nella sezione dedicata alla strumentazione presente in questo volume.

RISCOPERTA DI UN PATRIMONIO

di Daniela Magnanini

“Ma guarda che belli! Non funzionano più, ormai; di alcuni non si riesce nemmeno più a comprendere a che cosa servivano. Vedi questo? Chissà in che contesto veniva utilizzato: per dimostrazioni didattiche o per lavori di ricerca? Quanto sapere che rischia di andare perduto, se non lo è già, dopo tanti anni di dimenticanza! Eppure, sono così belli questi oggetti anche se non ce ne è giunto neanche il nome.

Sono sicura che questo piacere estetico sia percepibile anche da altri: non voglio che questi strumenti muoiano, con la loro storia, in un magazzino polveroso e, infine, in una discarica perché non servono più a nulla o come strumenti scientifici sono ormai superati.

Che ne dici? Li puliamo e li esponiamo perché i ragazzi, e i colleghi, pure quelli di discipline non scientifiche, possano ammirarli?”

1993: comincia così l'avventura di una serie di capolavori, sì, proprio tali sono in alcuni casi, che rischiavano, appunto, “la morte” nella storia sia della didattica del XIX secolo sia della scienza, ma anche del vecchio Imperial Regio Liceo Convitto Santa Caterina, fondato nel 1807 per decreto napoleonico¹.

Il motore del salvataggio e del recupero alla memoria degli antichi strumenti delle collezioni scientifiche di quello che ormai era, dal 1867, il Liceo Ginnasio Marco Foscarini è stata Andreina Naletto, docente di Matematica e Fisica e allora responsabile del laboratorio di Fisica dell'istituto.

La sua prima, limitata e modesta idea di una esposizione diretta agli studenti del Liceo e ai colleghi, per l'entusiastica adesione e il personale sostegno al progetto dell'allora preside, prof. Giuseppe Fabbri, trovò realizzazione nell'allestimento, di una Mostra, inaugurata l'anno successivo, che ebbe un rimarchevole impatto, non solo all'interno del Liceo ma anche presso un pubblico esterno, che comprendeva esperti e conoscitori degli antichi strumenti scientifici (Foto 1, 2 e 3).

Certo, il nostro lavoro fu nell'insieme dilettantesco sia per quanto riguardava il recupero e la pulizia degli oggetti sia sul piano della ricerca e dell'interpretazione dei documenti storici: tutto era nuovo per noi. Fortunatamente ci fu chi, come il prof. Gian Antonio Salandin dell'Università di Padova, creatore del Museo di Storia della Fisica presso il Dipartimento di Fisica “Galileo Galilei”, con la modestia tipica dei veri conoscitori e la generosità degli appassionati, ci diede delle preziose indicazioni sul metodo da seguire per un primo recupero materiale degli oggetti. Anche alcuni colleghi ci sostennero e parteciparono con i loro

¹ Per la storia del Liceo Marco Foscarini si rimanda al contributo di F. Andreolo in questo stesso volume.

consigli al lavoro di allestimento della mostra, tanto era l'entusiasmo che Andreina riusciva a comunicare quando parlava degli strumenti.

Ci affiancava anche il tecnico dei laboratori del Liceo, il signor Rombolotto, con la discrezione, la modestia e l'estrema competenza nel trattare questi oggetti a volte molto fragili, e sapeva sostituire parti andate perdute, come le sottilissime foglie d'oro degli elettroscopi ottocenteschi. E poi uno studente della Facoltà di Ingegneria di Padova, che solo l'anno prima era uscito dal Liceo Foscarini, ci dedicò parecchio del suo tempo libero dagli studi partecipando con precisione e costanza al lavoro di pulizia (Foto 4), appassionandosi, anche lui, alla bellezza di quegli oggetti. Era Pierandrea Malfi...

La consultazione dei vecchi inventari, necessaria per trovare il nome con cui venivano indicati gli oggetti al tempo del loro uso nella scuola, e la lettura di qualche nota e lettera dei docenti che insegnavano la Fisica nel Liceo Convitto nell'Ottocento ci prese quanto il "contatto fisico" con gli strumenti stessi: era come se si aprisse uno spiraglio sulla vita non solo dei laboratori dell'Imperial Regio Liceo, ma sul clima sociale, culturale, politico del tempo. I documenti ci dipingevano in modo estremamente vivace, con il linguaggio e lo stile ampolloso dell'epoca, una scuola molto diversa da quella che conoscevamo, un ambiente nel quale l'attività didattica era spesso accompagnata da quella scientifico-sperimentale. E il livello di quest'ultima non era trascurabile, anzi, alcuni docenti erano scienziati noti in ambito europeo.

E i "macchinisti" (ossia i tecnici di laboratorio) che li affiancavano non erano da meno: la realizzazione degli strumenti, richiesti e a volte ideati dagli scienziati-insegnanti che lavoravano nel Liceo Convitto, a volte produceva dei piccoli gioielli nei quali il rigore scientifico non escludeva la grazia e l'eleganza dei particolari; e ricevevano, infatti, encomi internazionali².

Ma emergeva anche, dallo scambio di lettere tra i docenti e il Direttore o altri *illustrissimi* un ambiente nel quale proprio questi personaggi di levatura scientifica e culturale europea non sfuggivano a meschinità e ripicche.

Il nostro lavoro veniva seguito da colleghi e amici alcuni dei quali, o direttamente o attraverso altri amici che avevano messo al corrente del nostro lavoro e che erano in qualche modo interessati alla storia del periodo, recuperavano notizie sul vecchio Liceo in altri luoghi come, per esempio, l'Archivio di Stato o, addirittura, registri parrocchiali. Venimmo così a conoscenza di resoconti di informatori-spie alle autorità sulle azioni, al di fuori della scuola, di professori sospettati di nutrire sentimenti antiaustriaci. Non erano sicuramente documenti strettamente attinenti al nostro lavoro che doveva sfociare velocemente nell'allestimento della

² La notissima macchina-modello di locomotiva a vapore realizzata da Francesco Cobres (→140) è l'esempio più eclatante.

mostra, ma contribuivano a farci sentire vivi questi “collegli” che godevano di una maggiore libertà, rispetto a noi, in campo didattico e organizzativo (potevano acquistare per la scuola gli strumenti che avessero trovato interessanti per esempio durante i loro viaggi e, senza grandi formalità burocratiche, ottenevano il rimborso delle spese -così, da queste note, si poteva risalire al costo degli oggetti...-) ma, d’altro canto, venivano spiati non appena varcavano i confini del Lombardo Veneto...

E che sorpresa per noi scoprire che il nome di un insegnante di Fisica responsabile del gabinetto scientifico del Liceo, Bernardino Zambra, offriva agli studenti, con il suo nome, la possibilità di sfogare i sentimenti antiaustriaci!³

Insomma, quella che sembrava una piccola digressione dalla normale attività di un Liceo Classico del XX secolo, stava aprendo delle prospettive alla ricerca nel campo della stessa didattica non solo delle discipline scientifiche e, più in generale, della storia della scuola Italiana.

E infatti, molte persone hanno continuato e stanno continuando, pur con difficoltà (la nostra nazione non è tra quelle riconosciute come tra le più generose nel sostenere la ricerca, qualunque sia il campo di indagine) il lavoro iniziato, con competenze ancora poco adeguate, mezzi quasi nulli ma con tanto entusiasmo da due amiche affascinate da vecchi oggetti polverosi, abbandonati negli armadi di un antico e glorioso Liceo veneziano nel lontano 1993.

Il successo della mostra “Un gabinetto di Fisica nell’Ottocento”, confermò l’idea che quegli strumenti, e tutto quello che rievocavano non solo nell’ambito della storia della didattica e della scienza, interessavano non solamente pochi addetti ai lavori e appassionati, ma anche un pubblico più eterogeneo che si era dimostrato sensibile alla bellezza, in senso pieno, di quei manufatti (pochi gli strumenti realizzati industrialmente) e incuriosito al loro significato. Alcuni strumenti (Foto 5) vennero anche richiesti per l’allestimento di altre mostre non di carattere strettamente scientifico⁴.

E Andreina e io avemmo anche l’occasione di entrare in contatto con altri collegli che, animati dai nostri stessi sentimenti di ammirazione, curiosità e rispetto nei confronti di patrimoni ignoti e misconosciuti che giacevano nei

³ Le lettere del nome costituivano l’acronimo della frase: Zitta Austria Muore, Bella Risorge Ausonia. Cfr G. FRANCESCHINI, *Un secolo di cultura nazionale nel Liceo-Ginnasio M. Foscarini: primo centenario dalla fondazione (1807-1907)*, Venezia, 1907, pag. 91.

⁴ All’URL <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale/db/prestitiexpo.shtml> sono reperibili le informazioni relative alle mostre nelle quali sono stati esposti alcuni degli strumenti del gabinetto di fisica, ora appartenenti al Museo Traversi. In questa stessa pagina (facente parte del database in rete degli strumenti del Museo) si possono anche consultare le liste con gli apparecchi prestati. Nella pagina <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale/db/prestitiinatto.shtml> sono in più indicati in tempo reale gli strumenti eventualmente assenti, perché oggetto di prestito.

magazzini di molti istituti, volevano salvare dalla distruzione questi “documenti” che dimostravano la ricchezza culturale di tante Scuole Italiane.

Si fece allora strada l’idea di una sorta di “mostra permanente” che avrebbe dovuto assicurare la visibilità degli strumenti a chiunque entrava nell’Istituto preservandoli nello stesso tempo dal ricadere nel totale abbandono e oblio.

Per anni gli strumenti vennero collocati negli antichi armadi che li avevano ospitati anche nel secolo precedente e non mancavano, anche se occasionali e sporadici, i visitatori che rimanevano affascinati dalle pile, dagli elettrofori o dall’antica bussola settecentesca.

Dopo dieci anni dalla loro “rinascita”, gli strumenti hanno trovato, grazie all’interessamento del prof. Fiano, il dirigente scolastico del Liceo, una sistemazione adeguata. Ma questa è storia di oggi.

Il titolo di Rettore che spetta al prof. Fiano rende onore a chi ha saputo riconoscere il valore del patrimonio storico-scientifico del Liceo Convitto Marco Foscarini.

RECUPERO DI UN PATRIMONIO

di Pierandrea Malfi

Le Università (in particolare i loro Gabinetti Scientifici), gli Osservatori Astronomici e i Musei della Scienza sono spesso creduti essere i soli luoghi in cui vengono conservati antiche ed eleganti macchine e preziosi dispositivi ben curati esteticamente, i “reperti” insomma delle scoperte e del progresso delle conoscenze scientifiche. Infatti gli strumenti scientifici di fatto rappresentano la tecnologia della Scienza, sono gli utensili da essa utilizzati nel corso del proprio sviluppo.

Ma i “siti archeologici” di antichi strumenti sono molti di più di quanto si possa immaginare, perché oltre che negli armadi o nei magazzini delle Università e Musei, reperti si trovano (meglio ritrovano) pure nei Licei, negli Istituti Tecnici, nei Seminari ecclesiastici, ovvero negli altri luoghi in cui nel passato venivano svolte in differenti forme attività di carattere scientifico (didattica e anche ricerca). “Agli inizi degli anni ottanta, grazie ad un nuovo interesse per la storia della scienza, e in particolar modo per la fisica, si è riscoperto il “valore” degli antichi strumenti scientifici e l’importanza delle esperienze storiche che attraverso essi si possono attuare, analizzare e ripetere anche per una migliore comprensione della fisica stessa”¹.

Tale riscoperta si concretizzò prima nelle Università, poi molto lentamente anche negli istituti scolastici, in particolar modo negli Anni '90, ed è tutt’ora in corso. Nel nostro Istituto il progetto di studio e recupero degli strumenti iniziò nel 1993, cui seguì un Mostra temporanea nel 1994². Poiché il Foscarini non è un raro caso isolato già nel solo Veneto, ne segue che molto più ampio e ricco è il patrimonio strumentale di tipo scientifico del nostro Paese che merita la massima attenzione a tutti i livelli istituzionali per essere conservato e soprattutto valorizzato.

Il periodo 1993-1994 fu dunque il punto di svolta di un “prima” che ha logicamente condizionato gli interventi di recupero sia del 1994 che negli anni successivi.

Nell’ultimo quarantennio del XIX secolo la ricerca scientifica condotta tra le mura del laboratorio di fisica si ridusse drasticamente (perché demandata alle Università), per poi arrestarsi completamente. Di conseguenza cessò l’impiego di quegli apparecchi specificatamente costruiti per la ricerca e per l’effettuazione delle accurate misurazioni sperimentali e che per vari motivi non poterono essere “riciclati” per le dimostrazioni didattiche.

Negli Anni '20 il Gabinetto di Fisica era in pieno declino. Al riguardo il preside Carlo Contessa scrive: “[...] chi volesse esaminare un po’

¹ R. MAROTTI, *Introduzione al restauro della strumentazione di interesse storico scientifico*, Collana “I Talenti”, N° 15, Il Prato, Padova, 2004, p.11.

² Per maggiori dettagli si rimanda al contributo di D. Magnanini nel volume.

minutamente apparecchi ed impianti [...] potrebbe notare l'esistenza di strumenti certamente utili per studi particolari - ma inservibili per uso scolastico [...]. E resterebbe anche impressionato della poca modernità del materiale; [...] Certo una cinquantina d'anni fa il gabinetto doveva essere completo ed interessante³".

Emerge chiaramente come "nel Novecento la tradizione matematico-scientifica del Foscarini appare ridotta ai minimi termini". E non servì "per rovesciare questa situazione il pur ottimo lavoro di riorganizzazione del laboratorio del prof. Giulio Pavanini negli anni '20 e il fatto che negli anni '30 alla presidenza del Foscarini tornasse un fisico-matematico, il prof. Luigi Sante Da Rios⁴". Prova più che eloquente di ciò è il fatto che, con la riorganizzazione del laboratorio, esso venne trasferito dall'attuale Aula Magna in un altro luogo attrezzato solamente per svolgere attività didattica.

Dunque nel XX secolo tutti gli antichi strumenti di fisica della collezione del Liceo Foscarini furono gradualmente abbandonati, ad eccezione di un ristrettissimo numero di dispositivi (meno di 15) che generazioni di studenti del Liceo ricordano molto bene, perché usati durante le ore di laboratorio di fisica. Tutto ciò è perfettamente comprensibile: quando possibile gli insegnanti preferivano sostituire i vecchi strumenti, magari ancora funzionanti, con gli equivalenti moderni, più facili da mantenere in efficienza e da utilizzare. E gli inevitabili danneggiamenti più o meno gravi contribuirono al declassamento di molte macchine a semplici "pezzi vecchi".

Per fortuna una gestione lungimirante portò a custodire una parte degli strumenti non più utilizzabili negli armadi del locale noto come "retro⁵" del laboratorio di Fisica (dunque al caldo e in un ambiente protetto) e ad ammassarne un'altra in una stanza-magazzino umida e fredda⁶. Oltre alle perdite e agli accidentali danneggiamenti, vi furono anche casi di strumenti "cannibalizzati", cioè utilizzati come fonte di pezzi di ricambio per ripararne altri; e su pochi dispositivi furono compiute trasformazioni alquanto discutibili impiegando materiali moderni.

Questo era dunque lo stato della collezione scientifica del Liceo allorché nel 1993 la si riscoprì e venne organizzata una Mostra (Foto 1, 2 e 3) nel

³ CARLO CONTESSA, *Annuario del Liceo Foscarini per l'A.S. 1923/24*, Venezia, 1924.

⁴ P. BONA VOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, p. 96. Sulla figura e l'opera del preside Da Rios si veda *ibidem* pp. 137-145.

⁵ Con l'aumento del numero delle classi e la necessità di reperire spazi da trasformare in aule, dopo i lavori del 2005 questo locale ospita l'attuale laboratorio di fisica del Liceo.

⁶ Il locale, di circa 20 m² e ubicato sotto l'Aula magna, fu definitivamente sgomberato nel 2002. Di tutti gli strumenti presenti nel 1994 vennero presi e sistemati per l'esposizione solamente i tre oggetti più ingombranti (anche perché questi impedivano di avanzare oltre). Si trattava di due macchine elettriche (una di queste è il N° 396) e di una pompa a vuoto a due cilindri.

1994⁷. Dopodiché, terminata la Mostra, vi era ancora molto da fare. Infatti di diversi dispositivi esposti la datazione era ancora incerta, altri non erano stati identificati con assoluta certezza per la mancanza di un numero sufficiente di fonti. Nessuna macchina era stata fotografata, classificata in relazione allo stato di conservazione e tanto meno si era avuto il tempo di effettuare delle prove di funzionamento, nemmeno per i pezzi più semplici. Inoltre mancavano gli altri strumenti del “retro” di fisica e tutti quelli del magazzino⁸.

Trasferiti gli strumenti di nuovo nel “retro” di fisica per lasciar libera la biblioteca, nel periodo dal 1996 al 1998 con una piccola parte (circa 60 pezzi) dei dispositivi esposti nella Mostra del 1994 vennero allestiti 5 armadi e quindi organizzate, a cura dello scrivente, delle visite guidate per scolaresche.

Dal 1999 prese concretamente il via lo studio sistematico della collezione. Per prima cosa si stabilì un confine tra “vecchio” e “nuovo”: venne così deciso che erano da considerarsi fondo antico tutti gli strumenti antecedenti al 1928⁹. Si partì dagli strumenti esposti nella Mostra del 1994, sanando le lacune rimaste. Quindi si passò agli strumenti mai toccati. Nel settembre del 2000 il numero degli strumenti recuperati era di poco inferiore ai 180 pezzi, numero più che sufficiente per poter prendere seriamente in considerazione la realizzazione di una esposizione permanente all’interno del plesso scolastico.

Questa iniziativa trovò subito l’entusiastico avvallo del nuovo Rettore, prof. Rocco Fiano. I problemi che egli dovette risolvere furono molti, ma alla fine i finanziamenti si trovarono e la Provincia di Venezia avviò nel mese di maggio 2002 i lavori di ristrutturazione dei due locali al piano terra destinati ad ospitare il Museo di Fisica (Foto 6). A lavori ultimati (settembre 2002), si passò all’allestimento del Museo.

Per prima cosa si reperirono le vetrine espositive. Quindi si procedette al loro montaggio e a far eseguire i collegamenti elettrici necessari. A sala ultimata, gli strumenti da esporre vennero tutti trasferiti dal retro di fisica nel nuovo locale: qui essi vennero tutti puliti nel giugno-luglio-settembre 2003. Per portare a termine tutte queste operazioni è stato determinante il lavoro dal personale non docente del Liceo-Convitto, coordinato dal Sig. Stefano Scattolin. Infatti sarebbe stato impossibile realizzare il Museo senza

⁷ Per approfondire si rimanda all’articolo di D. Magnanini in questo libro.

⁸ All’epoca si valutò sommariamente che i dispositivi ancora da individuare per la prima volta fosse pari agli strumenti esposti nella Mostra del 1994, ossia circa 140-150 pezzi. In realtà il loro numero si rilevò essere di poco inferiore a 300, cioè il doppio!

⁹ E’ possibile che in futuro questo confine sia spostato più avanti, estendendo così il fondo antico di fisica di pertinenza del Museo Traversi. Ma all’epoca si optò per questa data, perché fino a lì si estende l’inventario redatto nel 1870 e per di più, andando oltre, si sarebbe spogliato il laboratorio di fisica di strumenti che ancora sono utilizzati con una certa frequenza.

il loro importantissimo aiuto e il determinante contributo del Sig. Roberto Lanza. Tra ottobre e novembre gli strumenti vennero sistemati nelle vetrine (Foto 7) e il Museo Traversi fu inaugurato il 20 dicembre 2003.

Inaugurato il Museo, il progetto sulla collezione non si fermò. Infatti tanti strumenti dovevano essere recuperati e questo lavoro è ancora in atto, nonostante siano passati diversi anni. Ma ciò è facilmente comprensibile se si considera che il lavoro di recupero del patrimonio strumentale è portato avanti non a tempo pieno, ma nei ritagli di tempo lasciati liberi dagli impegni lavorativi, e con forze limitatissime. Allo stato attuale il numero complessivo degli strumenti è di 442 pezzi¹⁰.

Entrando più nel merito di che cosa significhi affrontare il recupero di una collezione di strumenti di fisica, qui di seguito sono riportate, per ragioni di sintesi, solamente alcune note relative alle principali operazioni svolte.

Come premessa generale, “il problema della conservazione, del restauro e con esso del ripristino della funzionalità pone problemi delicatissimi, vista anche la varietà di materiali che compongono un antico strumento”¹¹. La collocazione di una macchina nel contesto storico della fisica, la comprensione delle caratteristiche costruttive, della specifica funzione delle singole parti di uno strumento, delle modalità d’utilizzo del dispositivo stesso sono conoscenze essenziali da sapere preliminarmente.

Per far questo, oltre ovviamente alla conoscenza delle leggi e principi della fisica, serve lo studio attento di fonti specifiche che non si trovano consultando i libri di testo scolastici o universitari. Queste fonti sono da un lato le pubblicazioni che trattano la storia della scienza, dall’altro i trattati di fisica dei secoli passati, ricchissime miniere di informazioni. Di tutto ciò bisogna essere consci fin da subito, prima di mettere le mani su un qualsiasi dispositivo. Infatti un lavoro maldestro può arrecare danni maggiori di quelli provocati dal tempo!

Un’altra difficoltà è la valutazione preliminare di quali interventi di recupero effettuare subito e quali eventualmente in un secondo momento, tenendo conto che, da un lato la “filosofia del restauro” ha più correnti all’interno di linee guida comuni, dall’altro che non tutte le azioni possono essere portate a compimento senza consultare un esperto e/o ricorrere a restauratori specializzati, il cui costo è rilevante, spesso irraggiungibile per una scuola in assenza di opportuni finanziamenti e/o sponsorizzazioni. Nel caso del Liceo Foscarini, già nel 1993-94, ancor prima di iniziare, si fece tesoro dei preziosi consigli e suggerimenti di un esperto¹² (cui si aggiunsero

¹⁰ Si deve però precisare che il numero indicato corrisponde in realtà al valore centrale di un assai limitato intervallo di variazione. Ciò è dovuto al fatto che vi sono da un lato alcuni dubbi di appartenenza di certi pezzi alla originaria strumentazione del Liceo, dall’altro che attualmente il censimento non è completato. Questo lavoro si stima possa essere terminato entro giugno 2008.

¹¹ R. MAROTTI, *Introduzione al restauro...*, p. 6.

¹² Si trattò del prof. Gian Antonio Salandin dell’Università di Padova. Cfr. il contributo di Daniela Magnanini in questo stesso volume.

quelli espressi dai “luminari” che vennero in visita alla Mostra), che furono messi in pratica con molta attenzione anche negli anni successivi.

DATAZIONE DEGLI STRUMENTI

È assai raro che uno strumento della collezione rechi l’informazione precisa della data di costruzione¹³. Quindi essa è stata determinata seguendo un metodo di ricerca affinato sulla base dell’esperienza maturata con l’allestimento della Mostra del 1994. I risultati ottenuti sono soddisfacenti: infatti la quantità di strumenti per i quali allo stato attuale la datazione è ancora incerta ammonta solamente al 3%.

Il desiderio di datare uno dispositivo non è solamente una questione di sapere quanto vecchio esso sia, ma è della massima importanza per capire prima di tutto certi aspetti legati all’attività di ricerca che nel XIX secolo aveva luogo nel Liceo. Una datazione, la più precisa possibile, consente di sapere se una certa macchina poteva o no essere utilizzata da uno specifico docente per i suoi studi sperimentali.

Inoltre può essere valutato il periodo che intercorre tra l’invenzione di uno strumento e l’anno di acquisto del modello presente nella collezione. In alcuni casi trascorsero solo pochissimi anni, segno che i docenti all’epoca erano particolarmente attenti a mantenere costantemente aggiornato il Laboratorio di Fisica.

Molti strumenti necessitano per funzionare di altri apparecchi (si pensi ad esempio a quelli che richiedono l’accoppiamento con una pila). Conoscere la data di acquisto delle macchine della collezione implica automaticamente sapere con quali altre un dato dispositivo poteva essere unito in un esperimento e con quali no. Dopodiché lo studio dello sviluppo della fisica consente di collocare storicamente ogni macchina e di collegarla con gli altri strumenti all’epoca già realizzati.

Il metodo seguito per la datazione degli strumenti è piuttosto complesso. In estrema sintesi esso consiste ancora adesso in una paziente ricerca tra varie fonti che prende le mosse dall’etichetta col numero di catalogazione relativo all’inventario del 1870¹⁴.

Per gli strumenti antecedenti al 1875 (per gli altri la datazione è immediata) la ricerca prosegue su binari paralleli consultando sia i trattati

¹³ Ad esempio i N° 13, 42, 126.

¹⁴ L’inventario del 1870 (redatto dalla nuova amministrazione italiana) fotografa nel primo tomo la situazione del “parco macchine” del Gabinetto di Fisica nel periodo 1870-1874, includendo, senza indicare l’anno, anche gli strumenti che si aggiunsero alla collezione proprio in tale periodo. Ciò ha comportato la presenza di una lacuna non colmabile. Tale inventario si estende fino al 1928: qui le macchine acquistate vengono catalogate indicando, oltre ovviamente all’anno, anche il mese e perfino il giorno.

di fisica del passato che, andando a ritroso nel tempo, tutte le altre liste di strumenti che sono state compilate dalla fondazione¹⁵ del Liceo.

Una complicazione rilevante è dovuta al fatto che nell'inventario del 1870 moltissimi nomi sono stati cambiati rispetto a quelli con cui i dispositivi furono scritti negli inventari precedenti o sono stati tolti importanti dettagli che completavano la vecchia voce¹⁶. Per questo motivo è richiesta la consultazione dei trattati di fisica, al fine di ottenere il maggior numero possibile di informazioni, compresi gli eventuali diversi nomi con cui all'epoca era conosciuta una particolare macchina.

Per ogni strumento è redatta una scheda cartacea (poi di fatto sostituita da quella informatica generata dal database¹⁷) regolarmente aggiornata man mano che proseguiva la consultazione dei trattati di fisica. Di particolare importanza è l'elenco con i rimandi alle varie fonti: da esso si ricavano preziose notizie sulle parti costituenti ciascuna macchina, la loro funzione, i principi fisici su cui si basa il funzionamento, il fenomeno fisico messo in evidenza o la grandezza misurata: insomma tutte quelle nozioni della massima importanza per poter procedere in sicurezza sia alla pulizia del dispositivo che all'eventuale verifica del suo funzionamento.

Si osserva che negli inventari del 1818 e del 1838 le aggiunte dei nuovi acquisti venivano quasi sempre scritte di proprio pugno dal titolare della cattedra di fisica: se da un lato restò così traccia delle loro diverse grafie, per gli anni dal 1840 al 1849 si sono incontrati diversi problemi d'interpretazione per la scrittura del prof. Francesco Zantedeschi, particolarmente ostica. Alcuni specifici termini usati per descrivere particolari strumenti sono stati "decifrati" solo grazie della consultazione del suo Trattato¹⁸.

Infine, per i pochi strumenti senza etichetta, il metodo seguito è leggermente diverso: si inizia infatti prima dalla consultazione dei trattati di fisica. Una volta ricavati dei possibili nomi della macchina, si cerca di trovare il dispositivo nel catalogo del 1870, ricavando così da questo il numero andato perduto. Dopodichè l'operazione di datazione prosegue come detto.

¹⁵ Si tratta dei Programmi Annuali (aa.ss. dal 1851 al 1867), l'inventario del 1838, che si estende fino all'anno 1857 e l'inventario del 1818, il primo redatto dalla fondazione dell'Istituto (1807), che prosegue fino al 1838. Per le macchine preesistenti all'anno 1818 la datazione non può essere precisa.

¹⁶ Alcuni esempi: lo strumento N° 324 nell'inventario del 1838 figura come "Apparato di Arago pel magnetismo di rotazione", voce che nell'inventario del 1870 fu semplificata in "Apparecchio per il magnetismo di rotazione", facendo perdere il nome dell'ideatore; il dispositivo N° 295 nell'inventario del 1838 è indicato come "Spirali di Watkins con supporto d'ottone", voce trasformata in "Apparato per la rotazione delle correnti di F. Cobres" nel catalogo del 1870.

¹⁷ Per un approfondimento sul database si rimanda all'articolo di P. Bonavoglia in questa stessa pubblicazione.

¹⁸ F. ZANTEDESCHI, *Trattato di Fisica elementare*, Tipografia Armena di S. Lazzaro, Venezia, 1843-1846.

PULIZIA E RIPARAZIONE DEGLI STRUMENTI

Gli strumenti del Vecchio Gabinetto di Fisica del Liceo presentano materiali assai vari: ottone, rame, ferro, diversi tipi di legni, vetri, cuoio, carta, mastici, lacche, vernici, placcature dorate e piccoli componenti in platino. A seconda dello stato di un vecchio apparecchio gli interventi possono essere molteplici e più o meno complessi. Non è questa la sede per considerare i singoli dettagli di specie, preferendo invece mettere in evidenza alcuni aspetti.

Ogni materiale e ogni parte (semplice o complessa) ha ovviamente una precisa funzione in uno strumento. Come ampiamente sottolineato, prima di prendere in mano lo straccio, si deve essere sicuri di conoscere il pezzo che si va a toccare; se non si hanno sufficienti informazioni o se i possibili rischi risultano essere troppo alti, è meglio evitare di provocare danni maggiori di quelli dovuti all'abbandono per decenni.

Ad esempio si può credere che per il trattamento dell'ottone sia banalmente sufficiente utilizzare il classico prodotto specifico di pulizia reperibile con facilità in commercio. Questo è sicuramente vero, a patto però che lo strumento non sia laccato! Infatti "il caratteristico colore aureo di questo materiale veniva reso ancor più suggestivo da uno strato di lacca che aveva lo scopo di preservarlo dalle ossidazioni¹⁹".

Quindi la laccatura, che proteggeva e al contempo conferiva luminosità e lucentezza all'ottone, fu grossomodo utilizzata dal 1750 al 1920²⁰. I pulitori commerciali per gli ottoni sono troppo aggressivi nei confronti delle superfici ricoperte dalla lacca: il risultato è che utilizzandoli ne risulterebbe l'irreparabile rimozione. Così, dopo parecchio olio di gomito, si otterrebbe sì un pezzo pulito e splendente, ma al contempo danneggiato, perché alterato rispetto alla costituzione originaria. Ne segue che la verifica ispettiva preliminare di uno strumento è operazione della massima importanza al fine di adottare la tecnica corretta d'intervento.

Com'è comprensibile, il lavoro di pulizia è particolarmente gravoso per quasi tutti quei pezzi che furono accatastati nel magazzino. In questo caso, sotto a un consistente strato di polvere e sporcizia, le varie superfici metalliche erano interessate da tenacissimi strati di ossido. Ma a volte lo strato di lacca applicato sulle superfici d'ottone aveva egregiamente svolto il suo compito protettivo (Foto 8 e 9). Tutti gli strumenti non più utilizzati e finiti nel "retro" di fisica presentano anch'essi strati di ossidi più o meno tenaci, ma risultano nell'insieme meno coperti di sporcizia, essendo stati protetti dalla polvere dall'armadio.

In generale l'intervento di pulizia si apre con una fase di studio preliminare per vedere se una simile operazione può in qualche modo risultare troppo invasiva e/o causa di danni. Viene inoltre scattata una

¹⁹ R. MAROTTI, op. cit., p. 40.

²⁰ Cfr. R. MAROTTI, op. cit., p. 24.

fotografia ogni qual volta si prevede lo smontaggio dell'apparato nelle sue parti costituenti (sempre se la cosa è fattibile), per assicurarne poi il corretto rimontaggio. Dopodichè si passa all'intervento vero e proprio.

In ogni caso si è preferito concentrare gli sforzi sulla semplice pulizia, preferendo rimandare in un secondo momento gli interventi decisamente più impegnativi e che vanno lasciati alle mani esperte del personale specializzato. Tra queste operazioni vi sono, ad esempio, la ricostruzione di parti mancanti, la rilaccatura delle superfici d'ottone di quegli strumenti che già all'ispezione del 1994 si presentavano totalmente senza o con elevati gradi di deterioramento (più del 50%), la rilaccatura dei legni.

In modo molto semplice e assolutamente non invasivo deve intendersi l'intervento di "riparazione" che a volte è stato fatto. Esso si è limitato a cose veramente semplici come per esempio l'incollaggio dei vetri trovati rotti e la sostituzione degli spaghi e dei fili che per vari motivi si sono spezzati, naturalmente conservando in apposite buste i pezzi originali.

VERIFICHE DI FUNZIONAMENTO

Moltissimi strumenti del Vecchio Gabinetto di Fisica sono "nati" per la didattica: nell'allestire il Museo non si è voluto spogliarli di questo importante compito, ma semmai, una volta puliti ed eventualmente riparati, usarli ancora, con le dovute cautele s'intende, in occasione di eventi importanti (Foto 14 e 15) o per qualche semplice e significativa dimostrazione che viene eseguita da un piccolo gruppo di studenti²¹ del Liceo, durante le visite guidate delle scolaresche.

La verifica dell'efficienza di uno strumento non sempre è operazione facile ed eseguibile in poco tempo e comunque è l'ultima tappa (per altro non fondamentale) del percorso di studio su uno strumento. La prova viene effettuata in un luogo opportunamente attrezzato e con strumenti adatti, adottando le dovute precauzioni in materia di sicurezza.

L'operazione di verifica di funzionamento prevede:

- 1) una fase di studio a tavolino delle fonti (i trattati di fisica), per le procedure e le tecniche di preparazione;
- 2) un completa ispezione, finalizzata a verificare che la prova non comprometta l'integrità e/o sia causa di irreparabili danneggiamenti;
- 3) l'esecuzione della verifica vera e propria con documentazione fotografica e registrazione dei risultati sulla scheda cartacea che accompagna ogni strumento (Foto 10,11,12 e 13).

La percentuale di strumenti ancora funzionanti è piuttosto alta, tuttavia non tutti possono essere concretamente utilizzati per le dimostrazioni pratiche. Da un lato infatti, per alcuni, i tempi di preparazione sono decisamente più lunghi di quelli dei loro equivalenti moderni; dall'altro vi sono strumenti troppo preziosi e delicati dei quali la prudenza suggerisce di evitare l'uso.

²¹ Per i dettagli si rimanda al contributo di P. Zampieri all'interno del volume.

UN MUSEO NATO SUL WEB

di Paolo Bonavoglia

Il Museo di Fisica "A. M. Traversi" è un caso singolare di museo nato prima sul web come museo virtuale e solo quattro anni dopo come museo reale.

Tutto ebbe inizio quasi per caso, quando nel 1999 mi capitò di trovare nel magazzino del laboratorio di Fisica Pierandrea Malfi ex-studente del Foscarini e appassionato di strumenti scientifici antichi che, armato con una reflex Canon, stava fotografando alcuni strumenti del laboratorio appena ripuliti e restaurati.

Il magazzino era allora un deposito polveroso e caotico pieno di strumenti abbandonati da decenni, deteriorati, sporchi e ossidati fino a farli somigliare a rottami.

In realtà già nel 1994 vi era stato un primo tentativo di recuperare e valorizzare quel patrimonio abbandonato: le prof. Magnanini e Naletto avevano allestito con una piccola scelta di strumenti una mostra "Un laboratorio di Fisica dell'800" che ebbe molto successo¹. Quell'iniziativa sarebbe verosimilmente rimasta senza seguito, se Pierandrea Malfi, che aveva collaborato alla preparazione della mostra, non avesse continuato tra mille difficoltà e con ben pochi aiuti l'opera di pulitura e recupero degli strumenti abbandonati in magazzino.

Quel giorno del 1999 mi spiegò che stava fotografando gli strumenti per mettere insieme una serie di schede sugli stessi: fotografia, numero d'inventario, spiegazione o ipotesi su funzionamento e scopo dello strumento.

Io dal 1996 curavo il sito web del Foscarini e sin dall'inizio vi avevo inserito alcune pagine sulla mostra del 1994. Nel vedere quegli strumenti, mi venne subito l'idea che quelle schede degli strumenti avrebbero potuto trovare una migliore collocazione in rete, andando a formare una piccola esposizione virtuale.

Malfi si entusiasmò subito all'idea e si mise al lavoro con la piccola fotocamera digitale della scuola: poco più di un milione di pixel, uno strumento che oggi pare già preistorico, ma era comunque sufficiente per quel lavoro.

Nel giro di poche settimane nasceva una nuova sezione del sito web del Foscarini: l'esposizione virtuale di strumenti di Fisica. L'indirizzo URL era www.provincia.venezia.it/mfosc/fisica94²; quel *fisica94* rimasto nell'URL sottolinea la continuità con la mostra del 1994. La sezione continuò a crescere nei mesi seguenti man mano che nuovi strumenti venivano ripuliti,

¹ Per approfondire si rimanda al contributo di D. Magnanini in questo volume.

² Dal 2001 www.liceofoscarini.it/fisica94 e da settembre 2008 <http://museo.liceofoscarini.it/virtuale>

restaurati e fotografati. Tanto da giustificare un cambiamento del nome; nasceva il *Museo virtuale di Fisica* del Liceo Foscarini.

Un museo virtuale non deve assolutamente vedersi come un ripiego rispetto al museo tradizionale; ha anzi diversi punti a suo favore: è visibile immediatamente in tutto il mondo, il visitatore può soffermarsi sullo strumento per tutto il tempo che vuole, leggere il testo con calma, ritornarci in seguito senza alcun vincolo di tempo.

Nonostante questo però restava vivo in noi il desiderio, nato già nel 1994, di allestire anche un museo reale, un po' perché vedere uno strumento dal vero è pur sempre, psicologicamente almeno, tutta un'altra cosa, un po' per dare una degna sistemazione agli strumenti che venivano un po' alla volta restaurati.

Quando nel settembre del 2000 il prof. Rocco Fiano assunse la direzione del Liceo Convitto, diversi docenti di materie scientifiche, prima tra tutti la prof. Daniela Magnanini, che sarebbe poi diventata la prima direttrice del museo, pensarono di proporre al nuovo rettore questo progetto. Toccò al sottoscritto di fare formalmente la proposta nel primo collegio docenti. Il nuovo rettore dimostrò subito un grande interesse per l'idea e con grande energia riuscì a metterla finalmente in movimento; furono individuati i locali sul lato ovest del chiostro, allora ridotti a una topaia piena di materiale fatiscente. Fu coinvolta la provincia che nel 2002 diede inizio ai lavori e nel dicembre del 2003 veniva solennemente inaugurato il Museo di fisica "A. M. Traversi".

Naturalmente la nascita del museo reale non significava affatto la morte del museo virtuale, tutt'altro. Mentre nasceva anche un sito specificamente dedicato al museo reale³ (orari di visita, presentazione, storia), il museo virtuale continuava ad esistere ed a crescere fino a divenire una piccola enciclopedia della Fisica.

Lo sviluppo più importante del museo virtuale in questi ultimi anni si è avuto con la realizzazione, sempre a opera di Malfi, di un data-base degli strumenti esposti; buona parte del sito del liceo Foscarini è da anni realizzato con software LAMP⁴ e in particolare con il data-base MySQL⁵; è stato quindi relativamente facile allestire uno schema di data-base che consentisse di trasportare in formato elettronico gli inventari e tutte le informazioni utili sugli strumenti; molto più laborioso è stato inserire tutti i dati fino ad avere un data-base completo di tutti gli strumenti. Quello che nel 1999 poteva apparire come un sogno ai limiti della fantascienza è diventato realtà nel giro di pochi anni.

³ <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale>

⁴ LAMP è un acronimo per la combinazione di software Linux-Apache-MySQL-Php.

⁵ Il sistema di data-base relazionale MySQL consente di organizzare le informazioni in modo efficiente e di poterle reperire in modo veloce; il linguaggio PHP permette di generare dinamicamente pagine HTML sulla base dei dati memorizzati nel data-base; è così possibile generare al volo una scheda con testi, dati e fotografie degli oggetti richiesti.

Oggi il data-base⁶ consiste di una pagina dinamica "Scheda strumento" che mostra la fotografia, la descrizione, la datazione, i numeri di inventario di tutti gli strumenti esposti. Un esempio (pompa aspirante di Cobres) è riportato a lato; vi sono poi pagine con gli elenchi degli strumenti di ogni singola vetrina, pagine di ricerca in base agli inventari o alle fonti bibliografiche che parlano del singolo strumento e, importante per la memoria del museo, una pagina con l'elenco degli strumenti dati in prestito ad altri musei ed esposizioni.

Del data-base esiste anche una versione in inglese.

Il museo virtuale continua ad essere una delle sezioni più visitate del nostro sito. Analizzando i dati sulle visite al museo negli ultimi sei mesi, si nota che mentre la *home-page* ha un discreto ma non elevatissimo numero di visitatori (un po' meno di 600 al mese) molto più elevato è il numero di visite complessive al museo come è evidente dalla tabella a lato, basata sugli *upload* del foglio di stile del museo⁷.

Da questo dato si deduce che la maggior parte dei visitatori del museo vi arriva senza passare dall'ingresso principale, ma portati direttamente qui da una ricerca con Google o direttamente da

Una scheda del data-base in italiano e in inglese

Mese (2007)	Hits
maggio	15583
giugno	16643
luglio	8197
agosto	5836
settembre	11299
ottobre	16381

Visitatori del museo virtuale nel 2007

⁶ <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale/db/index.phtml>

⁷ Il foglio di stile contiene lo stile della pagina; è quindi caricato ogni volta che viene richiesta una pagina dal sito del museo; non viene più ricaricato se il visitatore visita altre pagine con lo stesso foglio di stile; è quindi un buon indicatore del numero di visitatori del sito.

altri siti. Questo del resto è tipico delle strutture ipertestuali e reticolari dove non esiste in verità alcun ingresso che possa essere decretato come principale e tanto meno come obbligatorio. Che è poi la struttura tipica delle opere di consultazione.

L'andamento delle visite con un minimo nei mesi di luglio e agosto e in parte a settembre lascia pensare che sia considerevole il numero di visitatori provenienti dal mondo della scuola.

Il museo virtuale di fisica è insomma divenuto un'opera di consultazione a portata di clic per tutti gli appassionati e gli studiosi di storia della Fisica. Un ruolo quindi diverso e complementare a quello del museo reale destinato principalmente a visite guidate di gruppi e scolaresche. Complementare perché una visita al museo virtuale può fornire la motivazione a visitare anche il museo reale; e d'altra parte una visita al museo reale può accendere il desiderio di rivedere questo o quello strumento, di tornare su questo o quell'argomento in modo più approfondito; un ritorno reso oggi facile per tutti grazie al museo virtuale.

Nel momento in cui il nostro liceo celebra i 200 anni di età, l'esistenza dei due musei, reale e virtuale, è un segno tangibile del rilancio del Foscarini e della sua attenzione per la cultura scientifica.

LA GESTIONE DEL MUSEO TRAVERSI

di Patrizia Zampieri

Una raccolta così completa di strumenti di laboratorio di fisica come quella che il Museo Traversi si trova a gestire costituisce una ricchezza culturale e contemporaneamente uno strumento didattico di enorme potenzialità per un Liceo come il nostro con duecento anni di vita alle spalle¹, ma evidentemente anche per tutti. Essa testimonia con numerosi esempi come nell'Ottocento in questa Scuola la didattica e la ricerca scientifica², cui si legano necessariamente l'acquisto e la costruzione su commissione dei supporti tecnologici per portarle avanti, fossero all'epoca moderni e all'avanguardia. Gli stessi strumenti parlano di quello stretto rapporto tra lo sperimentatore-divulgatore della fisica³ e i costruttori dei dispositivi, artigiani specializzati nella produzione di strumenti avanzati, ma anche artisticamente belli e curati⁴.

La raccolta è così vasta da coprire quasi tutti gli ambiti di studio della fisica ed ha l'innegabile vantaggio di essere custodita all'interno dell'Istituto, così da poter essere usata dai nostri alunni durante la normale attività didattica. Ad essi si aggiungono gli studenti delle altre scuole i cui insegnanti decidono di inserire la visita al Museo nel loro programma didattico.

Con queste premesse, si può capire come, realizzato il progetto di recupero e di valorizzazione del patrimonio strumentale con l'allestimento del Museo Traversi, il lavoro non si possa certo considerare concluso. Sicuramente si è raggiunta una tappa importante, ciò è innegabile, ma evidentemente c'è anche un "dopo", che va organizzato e gestito nel

¹ Per la storia del Liceo Marco Foscarini si rimanda al contributo di F. Andreolo in questo stesso volume.

² Per un approfondimento si rimanda a P. BONAVOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007.

³ Chiaramente nel nostro caso si tratta dei docenti di fisica del XIX secolo, uomini di scienza di alto profilo, sapienti e capaci ricercatori oltre che insegnanti, sempre aggiornati e molto attenti agli sviluppi della fisica e alle sue applicazioni sia sperimentali che tecnologiche.

⁴ Sui molti pezzi si possono riconoscere firme quali Steffani, Soleil, Dubosq, Tecnomasio. Sono costruttori e ditte esterni all'istituto, ma va osservato che fino a oltre il 1850 nell'organico del personale dello "Studio Filosofico" (il gabinetto di fisica) era prevista la presenza in pianta stabile di un "macchinista", esperto aiutante e preparatore delle esperienze didattiche che per essere assunto veniva attentamente valutato sia per conoscenza dei principi della fisica che soprattutto in relazione alle doti di artigiano costruttore di macchine. Il più valido macchinista fu Francesco Cobres, i cui dispositivi si trovano esposti nel Museo.

tempo. Altrimenti la ristretta cerchia di persone che, condividendo un progetto comune, ha investito tanto tempo e impegno per far diventare un sogno una realtà, avrebbe prodotto un fuoco d'artificio, bello e spettacolare quanto si vuole, ma di breve durata. Fuor di metafora, non si sarebbe fatto altro che pulire con fatica tanti strumenti per poi lasciarli, dopo un'inaugurazione in pompa magna, dimenticati e inutilizzati in eleganti vetrine in un'altra ala della scuola.

Quanto segue vuole essere una testimonianza, un rapido tratteggio dei vari aspetti e dei progetti che seguono quel "dopo" che prima la collega Daniela Magnanini e poi la scrivente si sono trovate a organizzare, gestire e realizzare per valorizzare il patrimonio strumentale del Liceo attraverso il Museo Traversi. Si tratta di un lavoro poco consueto per un insegnante, di un'attività da creare-adattare all'interno della propria realtà scolastica, di un qualcosa di totalmente nuovo (per questo di per sé problematico, ma allo stesso tempo anche molto stimolante) che va ad aggiungersi a tutto il resto.

E' abbastanza ovvio che l'obiettivo primario è quello di inserire il Museo Traversi nelle attività didattiche dell'Istituto e di farlo conoscere all'esterno. Entrambi questi aspetti presentano problematiche la cui soluzione implica scelte dirette di gestione.

Lo spazio espositivo a disposizione è poco (Foto 18), pertanto in ogni caso è stato necessario limitare le visite al pubblico solo su prenotazione negli orari di apertura della scuola, poiché solamente durante queste ore si può garantire la sorveglianza da parte del personale ausiliario, che è stato coinvolto in questo progetto, e offrire anche eventuali visite guidate.

Il pubblico del Museo è costituito sia dal singolo visitatore che da gruppi organizzati, in maggior parte scolaresche. Chiaramente questo "pubblico" ha esigenze diverse. Il primo infatti visita il Museo senza particolari vincoli, il secondo, soprattutto le classi in visita, ha spesso esigenze sia tematiche che temporali (ritorno per una certa ora al proprio istituto, altri successivi appuntamenti culturali, ecc.).

Non essendo possibile fare da guida a tutti, si è pensato in che modo attrezzare la sala per consentire la visita autonoma del Museo. Dei cartelloni affissi alle pareti narrano in estrema sintesi la storia dell'Istituto, il recupero della collezione strumentale e come essa è stata organizzata in sala, suggerendo un possibile percorso, peraltro non vincolante. A breve saranno collocati presso ogni vetrina dei testi esplicativi che permettano di avere sintetiche informazioni sul funzionamento di ogni singolo strumento e di seguire degli itinerari tematici all'interno dell'esposizione. Questi testi potranno consentire a un gruppo di effettuare autonomamente una visita, anche se gli insegnanti fino a oggi non hanno mai fatto una simile richiesta, preferendo invece sempre la presenza di qualcuno che guidasse le loro classi.

Va però precisato che il Museo Traversi non costituisce un centro per esperienze di fisica aperto al pubblico, né è nato per sostituire l'aula di fisica del Liceo o sopperire alle mancanze di aule didattiche di altri istituti; è pensato per integrare la didattica che nei laboratori viene condotta per

mezzo degli esperimenti. Ciò significa che, mentre sotto la guida dell'insegnante gli studenti possono osservare i principi della fisica in laboratorio con i consueti strumenti didattici moderni, nel Museo si possono integrare gli argomenti trattati seguendo il percorso storico dello sviluppo della fisica e osservare gli apparecchi con cui si insegnava e si faceva fisica in passato, con i quali sono state effettuate le ricerche e le scoperte scientifiche e dai quali derivano le macchine moderne usate a lezione. In questo contesto si inserisce la consultazione del museo virtuale di fisica sul web⁵, per rileggere con calma gli strumenti visti, avere ulteriori esempi applicativi e stimoli per ulteriori approfondimenti sul programma svolto in classe.

Diversi apparecchi (nell'esporsi non si è voluto chiuderli per sempre in una vetrina!) con le dovute cautele possono sicuramente essere messi in funzione in sala per accendere la curiosità, stimolare gli allievi, vedere direttamente il fenomeno invece di descriverlo virtualmente a parole (si pensi allo spettro della luce), ma non certo con la stessa frequenza delle macchine moderne!

Nel Museo dunque non si sono solo “la storia di un laboratorio”, il nostro, ma soprattutto le tracce dello sviluppo di un'importante disciplina scientifica, le cui leggi e principi non sono nati dal nulla e soprattutto non costituiscono affatto concetti aridi e inutili, privi di implicazioni pratiche, da imparare e poi dimenticare al più presto, come può accadere che vengano percepiti dagli studenti. L'aspetto storico viene volutamente sottolineato anche attraverso un insieme di cartelloni appesi alle pareti della sala espositiva⁶ (Foto 17).

Nei mesi successivi all'inaugurazione si è posto il problema di individuare chi dovesse svolgere il ruolo di guida del Museo. All'inizio l'attività è stata svolta dalla prof. Magnanini e dal Curatore Pierandrea Malfi, ma è apparso evidente che non era possibile continuare a lungo con forze così limitate.

Si pensò allora di coinvolgere attivamente una parte di nostri studenti, quelli particolarmente interessati e capaci di mantenere un impegno nell'arco degli ultimi tre anni di scuola. Lo scopo era (ed è) la partecipazione attiva e propositiva alla vita del Museo di un gruppo di allievi, che preveda sì un necessario momento formativo, ma finalizzato a una pratica caratterizzata da ampi spazi di realizzazione personale delle tracce del progetto, cioè in cui sia lo studente che decide, organizza e

⁵ <http://museo.liceofoscarini.it/virtuale>. Per un ulteriore approfondimento sul Museo e il web si consulti il contributo di P. Bonavoglia in questo stesso volume.

⁶ In essi sono riportati passi collegati ad alcuni strumenti ricavati dai trattati di fisica di Antonio Maria Traversi (1822) e di Francesco Zantedeschi (1843-1846), insegnanti del Liceo nel XIX secolo (si veda il paragrafo “La parola ai docenti del passato”). In rete è inoltre prevista l'estensione di tali richiami alle fonti, aggiungendo testi provenienti da altri trattati, anche del XVIII secolo. A tale scopo è stata realizzata nel 2006 la Sezione “Archivio testi” del Museo Virtuale. URL: <http://museo.liceofoscarini.it/virtuale/archivio.phtml>

realizza tali tracce sulla base delle proprie capacità, del proprio gusto e dei propri interessi nella storia della fisica e soprattutto in cui l'insegnante sia una guida, un referente, non colui che decide tutto il da farsi senza possibilità d'appello.

Può sembrare fantascienza scolastica; in realtà è ciò che dal 2004 viene attuato nel progetto "guide del Museo". Il corso è aperto agli studenti del triennio del Liceo e ha come obiettivo la loro formazione a svolgere il ruolo di guida per coloro che prenotano la visita alla collezione.

Gli allievi sono preparati con un corso teorico-pratico che viene svolto nell'arco di un anno scolastico, di pomeriggio, al di fuori delle ore di lezione. In esso si svolgono due percorsi. Il primo affronta la conservazione e la sistemazione degli strumenti ovvero si toccano con "prove sul campo" questioni quali la ricerca sulle fonti di uno strumento (Foto 16), la sua pulizia, il suo recupero e la sua collocazione nella storia della fisica. Il secondo consiste nel cammino di preparazione all'attività di guida vera e propria. In questo caso le lezioni teoriche sono orientate alla conoscenza delle leggi fondamentali della fisica dal punto di vista generale, piuttosto che attraverso le loro formulazioni matematiche, in modo da privilegiare l'esposizione dell'uso sperimentale (ove possibile) dello strumento adatto allo studio della legge specifica. Per entrambi questi percorsi è stato appositamente realizzato del materiale didattico di supporto messo a disposizione degli studenti in rete in un sezione riservata del sito. Esso, con testi e documenti, costituisce nel suo insieme il "manuale della guida", sulle cui basi ogni studente è chiamato a mettere il suo personale contributo nel fare poi concretamente la guida del Museo.

Per tenere viva l'attenzione e la curiosità le guide sono abilitate a mostrare, quando possibile, qualche strumento in funzione. In questo caso è basilare una corretta formazione, poiché utilizzare un vecchio strumento non implica solamente saperlo presentare e spiegare con linguaggio scientificamente corretto, ma anche proteggerlo e spostarlo con la dovuta attenzione, prepararlo e/o collocare correttamente i vari dispositivi ausiliari che ne consentono il funzionamento, nonché acquisire la manualità necessaria per portare a buon fine la dimostrazione sperimentale.

Dopo quattro anni si può dire che l'esperienza è risultata sicuramente positiva: gli alunni che hanno partecipato ai corsi si sono dimostrati coinvolti, assidui e motivati, spesso propositivi nel creare possibili percorsi "a tema" che potessero essere interessanti o divertenti e nel presentare in modo originale qualche dispositivo della rosa di strumenti utilizzabili in sala.

Particolarmente interessante è lo stupore da parte delle scolaresche, soprattutto liceali, nel trovarsi di fronte a uno studente che dà loro le spiegazioni e non a un docente (spesso ritenuto noioso a priori!). L'interesse si è rilevato essere così mediamente più vivo, manifestato con interventi, maggiore partecipazione alle esperienze fatte con un vecchio strumento, tenendo conto che risulta più facile fare domande a un coetaneo. Le guide talvolta hanno parlato a visitatori stranieri, usando quindi la lingua inglese, oppure si sono trovati di fronte a persone particolarmente competenti; in

ogni caso si sono dimostrate all'altezza della situazione e il loro lavoro è stato apprezzato.

Per quanto riguarda il nostro Liceo, durante lo svolgimento in classe di alcuni argomenti di fisica, la didattica interna ha trovato, attraverso l'intervento delle guide, validi spunti e integrazioni, offrendo concreti esempi della storia della fisica e delle applicazioni dei suoi principi al di là delle formule del libro di testo. Per qualcuno infine l'esperienza vissuta ha costituito un ottimo argomento per iniziare il colloquio orale dell'esame di Stato; quale migliore conclusione di un percorso iniziato tre anni prima?

Per far conoscere il Museo anche all'esterno, il museo virtuale in rete, già attivo anni prima dell'inaugurazione del Museo Traversi, è stato per un po' di tempo un buon biglietto da visita, ma è apparso ben presto più che evidente che si dovessero percorrere anche altre vie. Una sezione del sito del Liceo dedicata al Museo Traversi⁷ (con orari e informazioni varie) è stato il primo passo, ma la sola visibilità sul web non basta. Serve il contatto con i centri di divulgazione della scienza e con le altre scuole coinvolte in percorsi di recupero del proprio patrimonio, per scambiare idee, soluzioni e altro.

Nel giugno 2004 un evento decisivo. La dott.sa Raffaella Morichetti, all'epoca "Direttrice del Progetto Italiano" del Deutsches Museum di Monaco, al termine di una serie di contatti, venne a visitare il Museo Traversi con l'allora Direttore del Deutsches, prof. Wolf Peter Fehlhammer. L'incontro si concluse con l'invito della Direzione del Museo Traversi a Monaco e con la partecipazione nel mese di settembre dello stesso anno a una conferenza presso il Ministero della Pubblica Istruzione in cui fu presentato il Museo Traversi. Si era costruito un importante contatto destinato a portare significativi sviluppi di cui si dirà a breve. A Roma, sempre tramite la dott.sa Morichetti, la Direzione del Museo Traversi ebbe i primi contatti con un'altra scuola superiore, il Liceo E. Q. Visconti, che dieci anni prima era riuscito ad allestire un museo con i suoi antichi e preziosi strumenti di fisica.

Sulla base degli spunti e dei suggerimenti acquisiti da questo confronto con un altro istituto, si decise di investire fortemente nel progetto guide, di realizzare una brochure di presentazione del Museo e di potenziare il sito con un database⁸ in cui raccogliere tutte le informazioni in nostro possesso su ciascuno strumento della collezione. Si tratta di un elemento importante facilmente consultabile da ricercatori, curatori di mostre ed esperti del settore attraverso il quale è possibile presentare il Museo anche come centro di studio e di ricerca. E le prime richieste di accesso alla documentazione dell'archivio del museo e di studio degli strumenti non tardarono a venire, così come le visite di docenti di fama.

⁷ <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale>

⁸ URL <http://museo.liceofoscarini.it/museoreale/db/index.phtml>. Per delle brevi note tecniche sul database degli strumenti si rimanda ancora al contributo di P. Bonavoglia in questo stesso volume.

Il percorso seguito dal Liceo Foscarini non è un caso isolato. Altre scuole stanno lavorando al recupero del proprio patrimonio. Molte delle difficoltà emerse sono comuni, specialmente quelle che riguardano i problemi gestionali, organizzativi e di visibilità.

La Direzione del Museo ritiene che il modo migliore di affrontare problemi comuni consista nella collaborazione. Per questo, nel contesto del “Progetto 100 Classi⁹”, il Museo Traversi si è fatto promotore di un’iniziativa rivolta alle “scuole storiche”, cioè a quegli istituti che hanno una collezione di strumenti di fisica. Si tratta del “Progetto 100 Classi - Scuole Storiche” il cui fine è l’instaurazione di rapporti collaborativi alla pari appunto tra le scuole storiche¹⁰. Partner del progetto 100 Classi è l’Associazione RES¹¹ (della quale è presidente la dott.sa Morichetti e presidente onorario il prof. Fehlhammer) che si è fatta carico di dare opportuno spazio all’iniziativa.

Non solo. A dimostrazione che una scuola non può rimanere isolata a gestire il proprio patrimonio, ma che deve necessariamente allacciare contatti per meglio valorizzarlo, lo stesso prof. Fehlhammer ha fatto da tramite tra il Museo e il Curatore della mostra Genius I¹², allestita nel Weltkulturerbe Völklinger Hütte presso Völklingen/Saarbrücken (D). Così dal 13/5/2007 al 30/3/2008 18 strumenti del Museo Traversi sono esposti in una mostra di portata internazionale. Un’occasione di visibilità che si è spinta ben oltre ogni nostra immaginazione e che ci ha dato la carica per andare avanti, perché il lavoro non è finito!

⁹ Per i dettagli si consulti www.100classi.net

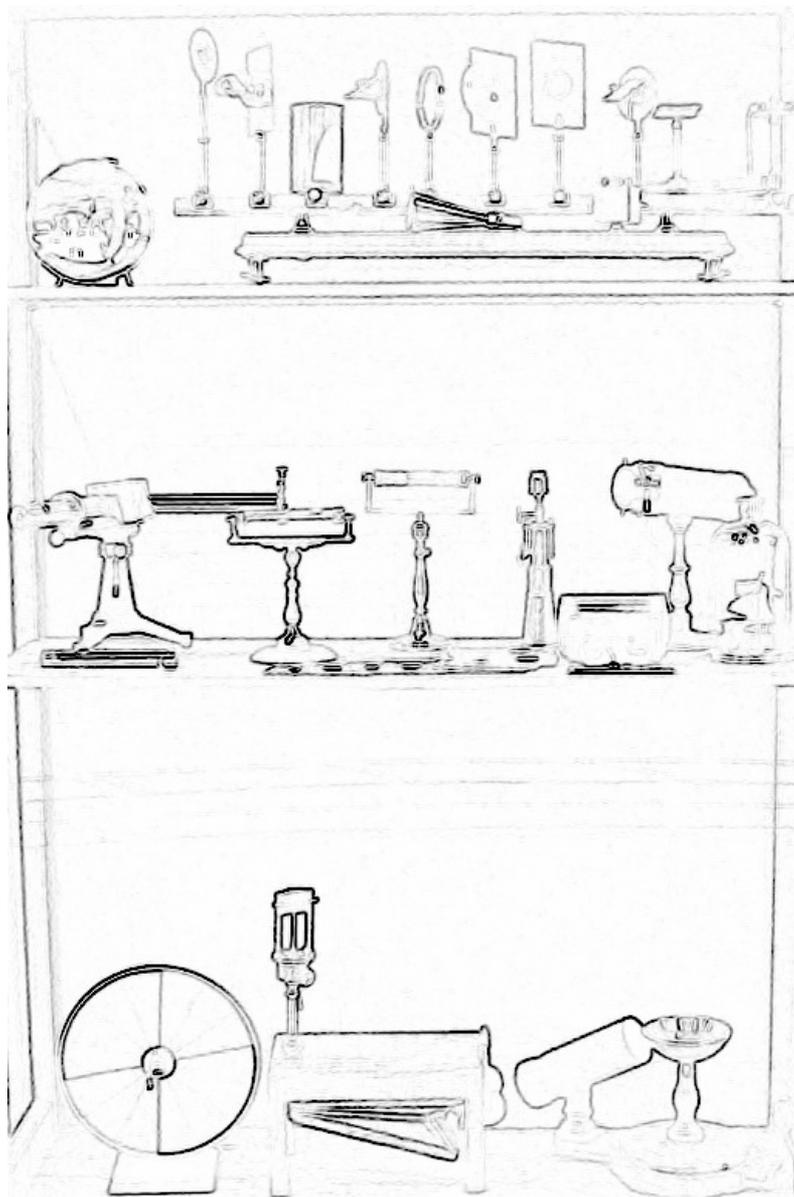
¹⁰ Per dettagli: www.100classi.net/public/files/foscarini.pdf

¹¹ Associazione Ricerca Educazione Scienza. URL www.associazioneres.org

¹² <http://www.voelklinger-huette.org/en/genius-i/the-mission/> La mostra fa parte dell’iniziativa Capitale Europea della Cultura 2007.

STRUMENTAZIONE

di Pierandrea Malfi



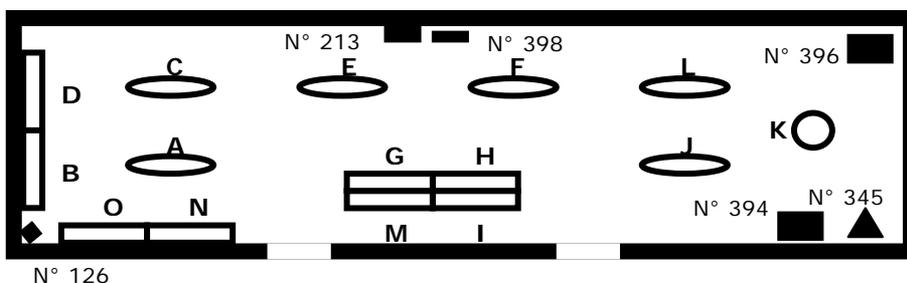
ELENCO DEGLI STRUMENTI DESCRITTI

N° 2a Grafometro d'ottone di Rousselot.....	61
N° 9 Regolo correttore in legno.....	61
N° 10 Strumento d'ottone ad uso di balistica.....	61
N° 12 Compasso per misurare i diametri delle palle.....	62
N° 13 Compasso di proporzione di Lusverg.....	62
N° 20 Parallelogramma delle forze.....	66
N° 22 Piano inclinato per lo studio dell'attrito.....	66
N° 24 Apparecchio per le forze parallele.....	66
N° 28 Dinamometro di Regnier.....	67
N° 34 Apparato per il moto parabolico.....	67
N° 35 Paradosso meccanico (doppio cono).....	68
N° 38 Apparato per il centro di gravità in tre pezzi.....	68
N° 60 Tubo di Newton.....	68
N° 126 Macchina di Atwood con corredo.....	69
N° 398 Sostegno con pendoli.....	69
N° 42 Endosmosometro.....	73
N° 48a Pesa acido di Beaumé.....	73
N° 49 Areometro di Nicholson.....	73
N° 51a Bilancia idrostatica.....	74
N° 61 Fontana nel vuoto.....	74
N° 64 Baroscopio.....	75
N° 65 Emisferi di Magdeburgo.....	75
N° 262 Apparecchio di Pascal.....	76
N° 757 Vasi comunicanti.....	76
N° 77 Tubo di Mariotte.....	80
N° 81 Igrometro di Daniell.....	80
N° 85 Pirometro a quadrante.....	80
N° 91 Igrometro di Bellani.....	81
N° 93 Igrometro di Saussure a capello.....	81
N° 94 Psicrometro di Cavalieri.....	81
N° 119 Apparecchio di Tyndall.....	82
N° 127 Barometro Fortin con astuccio.....	82
N° 140 Gran modello di locomotiva.....	83
N° 548 Apparecchio di Ingen-Hausz.....	83
N° 147 Sirena di Cognard de la Tour.....	86
N° 149 Timbro di Savart con risonatore.....	86
N° 163 Apparecchio di Chladni.....	86
N° 160 Modelli per i difetti della vista.....	94
N° 167 Vecchio prisma su piede di legno.....	94
N° 168 Poliprisma su piede.....	94
N° 169 Vecchia lente su piede di legno.....	95
N° 190 Eliostato di Silbermann.....	95
N° 194 Spettroscopio di Bunsen con accessori.....	96
N° 200 Polariscopio di Nörrenberg.....	96
N° 201 Goniometro di Babinet.....	96
N° 211 Banco di diffrazione col suo corredo.....	97
N° 212 Tavola con spettro solare.....	97

N° 294 Prisma a lenti per le strie	98
N° 451 Prisma a visione diretta (di Amici).....	98
N° 469 Apparato di Melloni completo	99
N° 500 Praxinoscopio	99
N° 666 Disco di Newton con roteggio.....	100
N° 846 Apparecchio sul funzionamento degli occhiali	100
N° 215 Ago di inclinazione	107
N° 218 Bussola per le variazioni della declinazione.....	107
N° 223 Calamita naturale armata.....	107
N° 225 Fascio magnetico a ferro di cavallo	108
N° 226 Bussola di Navigazione di Cannini.....	108
N° 228 Apparecchio di Biot	108
N° 230 Elettroscopio a pile secche	109
N° 235 Pistola di Volta in vetro	109
N° 240 Spinterometro di F. Cobres	110
N° 247 Dischi d'ottone isolati	110
N° 248 Ovo elettrico	111
N° 252 Elettrometro a paglietta	111
N° 268 Bottiglie di Leida	111
N° 270 Pendolo di Zamboni	112
N° 272 Vecchie pile a colonna.....	112
N° 275a Pila a corona di tazze	113
N° 283 Calamita scintillante.....	113
N° 293 Galvanometro astatico di Nobili	114
N° 295 Spirali di Watkins	114
N° 298 Apparecchio di Oersted.....	114
N° 324 Apparecchio di Arago	115
N° 326 Vecchio rocchetto d'induzione	115
N° 330 Tubi di Geissler	116
N° 337 Accendilume elettrico	116
N° 396 Macchina elettrica di Ramsden.....	117
N° 492 Elettroforo di ebanite.....	117
N° 514 Bilancia di Coulomb	118
N° 563 Voltmetro di Bertrand	118
N° 638 Macchina "per i disturbi nervosi".....	119
N° 19 Nonio.....	120
N° 33 Apparecchio per il tautocronismo della cicloide.....	120
N° 158 Tubo acustico per le interferenze foniche	121
N° 177 Camera fotografica per dagherrotipi	121
N° 281 Galvanometro moltiplicatore	122
N° 615 Tubo scintillante.....	122
N° 898 Cassetta di resistenze.....	123

PREMESSA ALLE SEZIONI DEL MUSEO

Alla data di pubblicazione di questo libro la sala espositiva del Museo di Fisica “A. M. Traversi” ospita 229 strumenti in 15 vetrine, secondo la disposizione illustrata schematicamente nella pianta che segue.



SEZIONE	VETRINE	OGGETTI IN SALA	N°
Misura	A	Macchina di Atwood	126
Meccanica	B, C	Sostegno con pendoli	398
Meccanica dei fluidi	D, E	Camera oscura	213
Termodinamica	F, G	Macchina di Holtz	394
Ottica e Acustica	H, I, J	Gran cannocchiale con sostegno	345
Bussola, Figure in legno	K	Macchina elettrica di Ramsden	369
Elettromagnetismo	L, M, N, O	Macchina di Palmieri (*)	342

(*) Nella sala d'ingresso all'Aula Magna del Liceo (I piano)

Il numero di strumenti non è rigorosamente fisso: nel tempo saranno sicuramente introdotti dei mutamenti a quanto qui riportato. Ciò non è solamente logica conseguenza del fatto che si ha l'intenzione, quando sarà possibile, di incrementare l'area espositiva aggiungendo un'altra sala, ma già ora trova la sua causa in quel “divenire” che ha sempre caratterizzato il Museo fin dalla sua inaugurazione. Essendo infatti una “creatura” viva, i vari percorsi che collegano i dispositivi esposti sono continuamente aggiornati e/o aggiustati pari passo con il progredire del lavoro di recupero dell'intera collezione del Liceo. Quindi si considerino tutte le liste di strumenti al pari di uno scatto fotografico, cioè con tutti i limiti derivanti dall'aver immortalato un soggetto in lento e continuo mutamento.

Ogni Sezione, tranne quella di acustica¹, si apre con la citazione di un breve passo tratto dagli “Elementi di Fisica Generale” (1822) dell'Abate Traversi, che, oltre il primo “Provveditore” del Santa Caterina, fu anche insegnante di matematica e fisica². Nell'anno del bicentenario della fondazione del Liceo si tratta di un omaggio più che dovuto al padre

¹ Argomento non trattato nelle Lezioni del Traversi.

² Per approfondirne la figura si rimanda al contributo di L. Mezzaroba nel volume.

fondatore dell'Istituto, nella consapevolezza che pure il tomo superstite del trattato del prof. Bernardino Zambra e soprattutto il Trattato del prof. Francesco Zantedeschi sono fonti altrettanto preziose e ricchissime miniere di molteplici informazioni sia di fisica che sull'impiego di diversi strumenti.

Può lasciare perplessi la citazione scelta per la sezione di elettromagnetismo. Il fatto è che tale materia si trovava al di fuori degli argomenti della cosiddetta "fisica generale", oggetto delle lezioni del Traversi. Che questo settore della fisica negli Anni '20 del XIX secolo fosse in frenetico sviluppo lo testimoniano le varie scoperte di fenomeni importantissimi in ambito di elettrodinamica che fisici e matematici furono chiamati a spiegare e a interpretare teoricamente. E' noto che le varie teorie avranno nel 1864 il loro massimo punto di sintesi nelle equazioni di Clerk-Maxwell dell'elettromagnetismo.

Anche la citazione della sezione di termodinamica, pur richiamando un fenomeno attinente a tale ramo della fisica, in realtà proviene da una Lezione del Trattato che si occupa delle proprietà dei corpi. Infatti nel Traversi anche la termodinamica in senso lato è argomento di indagine della "fisica particolare", quindi al di fuori della sua opera. Del resto le "Réflexions sur la puissance motrice du feu" di Carnot videro la luce nel 1824, cioè due anni dopo la seconda edizione degli Elementi del Traversi.

La citazione d'apertura di ogni sezione è poi seguita da una breve introduzione alla sezione stessa, dalla lista degli strumenti attualmente esposti nel Museo e quindi da un testo che considera gli apparecchi descritti in questo volume, chiaramente una selezione. Il rimando a uno strumento e alla relativa fotografia si presenta nel modo seguente: ➔60. Per agevolare il lettore, nel volume è presente l'elenco degli strumenti descritti e la relativa pagina in cui figura il testo esplicativo.

Per ciascuno strumento descritto le informazioni che precedono il testo sono così organizzate.

N° Inventario del 1870 Nome dello strumento

Datazione³

Costruttore (se noto)

Dimensioni in cm, collocazione nel Museo

Principali materiali costituenti

Caratteristiche tecniche

Le parole che descrivono le caratteristiche tecniche hanno i seguenti significati.

Integro / Danneggiato

E' integro uno strumento che non presenta parti rotte o con evidenti segni di cedimento. Danneggiato non implica necessariamente che un dispositivo

³ Per alcuni dettagli sul criterio di datazione si rimanda al paragrafo "Datazione degli strumenti" del capitolo "Recupero di un patrimonio".

sia incapace di funzionare: un elemento rotto può infatti non comprometterne il funzionamento.

Funzionante (P * R), Non funzionante, Funzionamento (X ?)

Se dalla prova di funzionamento⁴ emerge che uno strumento non è ancora utilizzabile (quindi capace di dimostrare il fenomeno fisico per il quale è stato costruito o consentire la misura di una grandezza), esso è dunque non funzionante. Esso è invece funzionante in caso contrario e possono poi eventualmente esserci dei simboli integrativi. Se l'utilizzo è solo parziale, ciò viene specificato con la lettera P. La presenza del segno (*) indica che lo strumento è utilizzabile nel Museo o in occasione speciali per semplici dimostrazioni didattiche. La lettera R specifica che l'apparato è stato riparato con intervento semplice (parti ricollegate e/o meglio fissate, aggiunta di fili, ecc.).

Il simbolo (?) indica che allo stato attuale la verifica di funzionamento non è ancora stata eseguita. Quando invece l'operazione potrebbe comportare danni al dispositivo, la preparazione della macchina per la prova sarebbe decisamente onerosa e problematica oppure comporterebbe per gli operatori l'inevitabile esposizione a eccessivo rischio (chimico o da radiazione ad alta energia), è evidente che la verifica di funzionamento non viene presa in considerazione. Questa situazione è indicata dal simbolo (X).

Completo / Completo (?) / Incompleto

Uno strumento è completo quando ovviamente costituito da tutte le sue parti e/o da tutti i suoi accessori. In caso contrario è incompleto. Eventuali dubbi sulla effettiva numerosità dei componenti costituenti sono segnalati con il simbolo integrativo (?)

Nei testi esplicativi vi possono essere vari richiami ai principi o alle leggi della fisica, i cui enunciati non vengono però richiamati per ragioni di sintesi. Ma per agevolare il lettore, alla fine del volume sono presenti delle "Note di Fisica" (organizzate in modo alfabetico). Esse sono relative ai soli principi o leggi cui viene fatto cenno nelle spiegazioni degli strumenti. In esse sono previsti dei rimandi a tali note. Per esempio, il rimando all'enunciato del *principio di Archimede* → si presenta graficamente come appena mostrato.

Infine nella sezione "La parola ai docenti del passato" sono riportati per pochissimi strumenti alcuni passi tratti dalle opere del Traversi e dello Zantedeschi. I rimandi a tali testi sono così indicati: → Scheda N° 28.

⁴ Per altre informazioni su tale verifica si veda il paragrafo "Verifiche di funzionamento" sempre del capitolo "Recupero di un patrimonio".

MISURA

Ecco il calcolo. Un Miglio è uguale a 1000 Passi. Dunque Miglia 233 equivalgono a Passi $233 \times 1000 = 233000$. Un Passo è uguale a 5 Piedi. Dunque Miglia 233 equivalgono a Piedi $233000 \times 5 = 1165000$. Un Piede è uguale a 12 Pollici. Dunque Miglia 233 equivalgono a Pollici $1165000 \times 12 = 13980000$.
A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. I, pag. 36.

Può sorprendere la presenza nel Museo di una sezione che non rientra nei classici rami in cui si è soliti dividere scolasticamente la fisica (meccanica, termodinamica, ecc.) e che per di più, se si decide di seguire il percorso suggerito, s'inizi la visita proprio da questa vetrina apparentemente anomala. E' evidente che si tratta di una scelta motivata.

Il Museo Traversi è stato allestito anche per assolvere una funzione didattica e un simile *incipit* vuole marcare un aspetto essenziale delle scienze applicate: l'importanza delle misure, ovvero il ruolo essenziale che ha l'espressione dei risultati attraverso valori quantitativi ripetibili frutto di misurazione diretta o indiretta delle grandezze in gioco.

Tale aspetto è una componente essenziale del cosiddetto metodo scientifico, del quale Galileo Galilei (1564-1642) è universalmente riconosciuto come il padre fondatore e che trovò nel filosofo inglese Francis Bacon (1561-1626) una prima precisa definizione. Insomma non c'è scienza senza dati derivanti da misurazione e del resto non c'è misura senza scienza.

Strumenti esposti

1	Squadra di Francesco Manfredotti	Antecedente 1818 (XVII sec.)
2a	Grafometro d'ottone di Rousselot	Antecedente 1818 (XVII sec.)
2b	Compasso si proporzione di Blondeau	Antecedente 1818 (XVII sec.)
3	Tavoletta pretoriana in ottone	Antecedente 1818 (XVII sec.)
4a	Serie di figure geometriche in legno	Antecedente 1818
7	Quadrante d'ottone graduato	Antecedente 1818 (XVII sec.)
8	Riga d'ottone per tirar parallele	Antecedente 1818 (XVII sec.)
9	Regolo correttore di legno	1868 - 1874
10	Strumento d'ottone ad uso di balistica	Antecedente 1818 (XVII sec.)
11	Misura in palmi romani	Antecedente 1818 (XVII sec.)
12	Compasso per misurare i diametri delle palle	Antecedente 1818 (XVII sec.)
13	Compasso di proporzione di Lusverg	1677
13a	Compasso di proporzione di Steffani	Antecedente 1818
14	Lunghezza di due piedi romani	Antecedente 1818 (XVII sec.)
15	Nonio in legno di bosso	1868 - 1874
18	Metro in legno con testature metalliche	Antecedente 1818
21	Misura in legno di cinque piedi	1868 - 1874
54	Bilancia a un sol piatto	1862 - 1863
55	Bilancia ordinaria	1858 - 1859

Non è certo una novità che l'arte della guerra e della difesa sia stata (e lo è ancora oggi) un potente motore per studi, invenzioni e applicazioni. Ma senza pensare a macchine complicatissime, le esigenze di misura e calcolo tecnico militare (→10, 12) hanno dato ben presto vita a veri e propri *kit* di strumenti.

I calcoli non sono ovviamente esclusiva dei genieri militari. Molti altri li devono eseguire per la soluzione dei più disparati problemi. Nel '500 e '600 si ebbe una "ossessione del misurare", volta a comprendere quali fossero i confini entro cui l'uomo poteva muoversi. Confini spaziali, ed ecco i diversi strumenti "per levar piante", cioè per i rilievi topografici (→2a), per i calcoli matematici (→13)¹. E, in questo contesto, sempre nel '600 si adottarono sistemi per riuscire a misurare con maggiore precisione le frazioni dell'unità di misura riportata, anche in proporzione, su una scala graduata. Uno di questi è il verniero, detto anche nonio (→19), che fu poi applicato in diversi strumenti (→190, 194, 201) ideati nei secoli successivi.

Vi erano poi i confini temporali, da cui i numerosi modelli di orologio², per sapere le scadenze civili e religiose.

Si deve osservare che nel XVII secolo, accanto agli oggetti d'uso comune, nei quali la componente funzionale (resistenza, praticità, affidabilità) si fonde al gusto artistico, vi sono pezzi di rara bellezza e raffinatezza delle parti lavorate che degli oggetti d'uso hanno il disegno, ma non la funzione. Essi sono belli da vedere, tipicamente da collezionare ed esporre³.

Con la rivoluzione industriale si ebbe un enorme incremento di strumenti scientifici i quali, oltre che nei laboratori, fecero gradualmente sempre più il loro ingresso all'interno di fabbriche e officine (per consentire l'effettuazione di misure e controlli), per poi entrare anche nelle prime abitazioni come oggetti d'arredo (termometri, barometri, igrometri).

Quindi tavole di conversione e tabelle entrarono a far parte dei ferri del mestiere degli scienziati e tecnici, per rendere più rapide specifiche operazioni ricorsive, come ricavare con il calcolo grandezze fisiche di interesse (→81, 94) per l'uso di alcuni strumenti di misura oltre che per la correzione dei dati forniti da certi apparecchi (→127) per tener conto di specifici effetti perturbanti (si pensi alle distorsioni dovute alle dilatazioni termiche). Questi strumenti possono essere anche semplicissimi per fattura (→9), ma comunque di grande e indubbia praticità.

¹ E' evidente che all'epoca i calcoli si facevano a mano. Ma per quelli più frequenti venne ideato l'antenato sia del nostro ormai superato regolo che delle moderne calcolatrici: il compasso di proporzione. Giova ricordare che il compasso "geometrico e militare" fu perfezionato da Galileo Galilei che pubblicò a Padova nel 1606 un trattato sull'uso di questo strumento. Altri costruttori di costosi dispositivi di tale genere apportarono poi modifiche e aggiunte.

² Cfr <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=23290&xsl=1> sala XII.

³ Per vedere un'ampia galleria di questo tipo di strumenti si esplorino in <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=23290&xsl=1> le sale da I a III.

N° 2a Grafometro d'ottone di Roussellot

Antecedente 1818 (XVII sec.)

F. Roussellot

32 x 10 x 34 cm, Vetrina A

Ottone, ferro, legno

Integro, Funzionante (P), Incompleto

Lo strumento, firmato “F. Roussellot Paris”, si nota per bellezza e raffinatezza di lavorazione delle parti in ottone. Esso si usava per esempio in posizione orizzontale e con la bussola di cui è dotato (ancora funzionante!) per ottenere misure d'angoli per i rilievi cartografici sia militari che per la mappatura dei terreni. Su una “Tavoletta pretoriana” i rilevamenti goniometrici si trasformavano facilmente in mappe.

N° 9 Regolo correttore in legno

1686 - 1874

26 x 2,2 x 0,5 cm, Vetrina A

Legno

Integro, Funzionante, Completo

Questo strumento consentiva l'esecuzione di calcoli ripetitivi basati sulla stessa relazione matematica. Cioè si tratta di un regolo per l'effettuazione di un calcolo specifico e non di un oggetto multifunzionale (→13).

Per quanto ne riguarda l'utilizzo, esso probabilmente serviva a correggere la pressione barometrica, espressa in millimetri di mercurio (mmHg), fornita da un barometro di tipo torricelliano o sua evoluzione (→127), per tener conto degli effetti (dilatazioni) dovuti alla temperatura. I valori numerici incisi sulle guide laterali sono tipici di una scala barometrica in mmHg, mentre quelli sull'elemento mobile centrale sono compatibili con i valori di temperatura ambiente espressi in gradi centigradi.

N° 10 Strumento d'ottone ad uso di balistica

Antecedente 1818 (XVII sec.)

22,5 x 5 x 0,4 cm, Vetrina A

Ottone

Integro, Funzionante, Completo

Questo strumento veniva impiegato in campo balistico. Vi è scritto infatti sul circolo graduato “Pro Eleuatione Bombardae”, cioè qui si impostava l'angolo d'inclinazione (eleuatione) della canna della bombarda (bombardae), un tipo di cannone.

I bracci in ottone sono ricchi di scale graduate nelle unità “Semipalmus Romanus” e “Semipes Geometricus”. Si trattava di uno strumento per i calcoli ripetitivi costruito per ottenere facilmente la gittata della bombarda noto l'angolo d'inclinazione e, probabilmente, anche l'inclinazione da dare alla canna del pezzo d'artiglieria a partire da una stima della distanza (gittata) che il proiettile doveva percorrere.

Merita osservare su uno dei due bracci la particolare costruzione di linee detta scala ticonica, dal nome del celebre astronomo Tycho Brahe (1546-1601) che la inventò. Era un sistema per incrementare la sensibilità.

N° 12 Compasso per misurare i diametri delle palle

Antecedente 1818 (XVII sec.)

22 x 10 x 0,8 cm, Vetrina A

Ottone

Integro, Funzionante, Completo

Questo strumento era usato in balistica appunto per misurare i diametri delle palle da cannone. Se la palla aveva un diametro troppo piccolo rispetto a quello della canna, la spinta impressale era scadente. Se invece la tolleranza dimensionale tra i diametri era insufficiente, la dilatazione termica dei gas sviluppati dalla combustione della polvere da sparo rischiava di far incastrare il proiettile, con il pericolo di esplosione del pezzo d'artiglieria. Ovviamente le palle da cannone non presentavano tutte esattamente lo stesso diametro per inevitabili imprecisioni nella lavorazione e quindi il loro preventivo controllo era un'operazione della massima importanza.

N° 13 Compasso di proporzione di Lusverg

1677

Giacomo Lusverg (1636-1689)

22,5 x 4,5 x 0,6 cm, Vetrina A

Ottone

Integro, Funzionante, Incompleto

Lo strumento è firmato e datato "Jacobus Lusverg Mutinensis faciebat prope Coll. Rom. A° 1677". Il compasso di proporzione era un dispositivo per l'effettuazione di calcoli (geometrici, aritmetici e non solo). Si poteva, per esempio, estrarre la radice quadrata e cubica di un numero, calcolare il quadrato e il cubo di un numero, determinare il diametro del cerchio con area equivalente a quella di un poligono regolare di n lati.

Giacomo Lusverg (1636-1689), costruttore di strumenti matematici a Roma, trasformò il compasso di proporzione in un strumento per il puro calcolo, arricchendone le scale ed eliminando il quarto di cerchio (da incastrare tra i bracci e tipico degli strumenti galileiani) utilizzato con un filo a piombo come misuratore di pendenze.

MECCANICA

[...] la voce Meccanica trovasi adoperata da Autori diversi in significati di varia estensione. [...] Altri però restringono il significato di questa voce in maniera, che per essa null'altro intendono fuorché quella parte della Fisica, la quale ha per iscopo unicamente [...] il Moto Artificiale: ossia quella, la quale tratta delle Macchine [...]. Meccanica in fatti viene dal Greco μηχανή [mekané], che significa Macchina. La Meccanica per tanto, quale noi la consideriamo, è quella parte della Fisica, che tratta della Macchine, col mezzo delle quali una data Potenza può rendersi vittoriosa di una data Resistenza.

A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. V, pagg. 5-6.

Non si afferma certamente nulla di sensazionale dicendo che la meccanica fu il primo ramo della fisica ad essere sviluppato. In un certo senso in ciò c'è qualcosa di perfettamente logico, quasi banale. Tuttavia, quando ci si addentra storicamente nella meccanica, ci si accorge che alla fine la lunga storia della fisica ci presenta più meccaniche e che, conseguentemente, si deve specificare a quale meccanica si vuol fare riferimento per fissare il punto di partenza.

Con la rivoluzione scientifica la fisica compì un salto di qualità: si affermò il metodo sperimentale. Così dal Seicento, oltre allo sviluppo degli strumenti scientifici, soprattutto si affiancò alla fisica un uso sempre più massiccio e sistematico della matematica. Vi è insomma la meccanica, detta "classica", che dal Seicento si estende fino agli inizi del XX secolo, in cui la matematica ha un forte peso, una meccanica che a volte dà l'impressione di essere, per formalismo e astrazione, più parte della matematica che della fisica. Questa è la meccanica dello studio dell'equilibrio e del moto dei corpi basata sul principio di inerzia, sui principi della dinamica e sulla legge di gravitazione universale. Nel XX secolo si ebbe poi la rivoluzione che portò all'ingresso di altre differenti meccaniche nella fisica.

Ma i temi trattati, cioè gli argomenti ai quali la meccanica classica fornì risposte originali e formalmente rigorose, non erano affatto nuovi. Non si può infatti trascurare che lo studio dei problemi del moto ebbe una storia che affonda le sue radici a più di duemila anni fa, nella scienza greca. Vi è dunque anche una definizione più estesa di meccanica, che non considera fondamentale e determinante la presenza del rigore matematico come discriminante, una meccanica legata allo sviluppo storico del pensiero scientifico, che la vede in generale come la scienza che studia il moto e l'equilibrio dei corpi materiali. Questa meccanica a partire dal XVII secolo si trasformerà profondamente, "matematizzandosi".

C'è poi un ultimo aspetto che riguarda la meccanica: quello di averla fin qui presentata solo come scienza del movimento, sebbene nel nome, di ovvia origine greca, vi sia chiaramente il rimando alla macchina. E in effetti

il calcolo del vantaggio meccanico delle macchine semplici non è certo nato nel '600! E tale dualismo della meccanica di essere la scienza del movimento, ma anche la scienza delle macchine, è ancora presente. Del resto parte degli stessi strumenti della collezione testimonia il ricorso a macchine e dispositivi vari per veicolare i concetti teorici, consentendone così un'immediata e mirata applicazione pratica e un verifica empirica.

Strumenti esposti

20	Parallelogramma delle forze	1865 - 1867
22	Piano inclinato per lo studio dell'attrito	Antecedente 1818
23	Modello di verricello con vite perpetua	1838 - 1839
24	Apparecchio per le forze parallele	1868 - 1874
25	Sistemi di leve in ottone	1838 - 1839
26	Sistema di pulegge in ottone con pesi	1827 - 1828
28	Dinamometro di Regnier	Antecedente 1818
29	Pesiera in legno	1868 - 1874
31	Polispasti in legno	Antecedente 1818
34	Apparato per il moto parabolico	Antecedente 1818 (II ½ XVIII sec.)
35	Paradosso meccanico (doppio cono)	Antecedente 1818
36	Trottola giroscopica di Foucault	1855 - 1856
38	Apparato per il centro di gravità in tre pezzi	1840 - 1841
39	Elica da timone	1868 - 1874
60	Tubo di Newton	Antecedente 1818
126	Macchina di Atwood con corredo	1806
398	Sostegno con pendoli	1868 - 1874
481	Fenomeno paradosso	aprile 1881
550	Apparecchio per il centro di gravità	Febbraio 1886

I dispositivi di meccanica della collezione sono strumenti di tipo didattico risalenti in larga parte all'Ottocento, con pezzi appartenenti al primo ventennio del XX secolo e con due macchine certamente della seconda metà del '700 (→33, 34), tenendo conto del periodo in cui visse il costruttore, Vincenzo Miotti (1712-1787)¹.

Consultando in calce ai volumi degli Elementi di Fisica Generale del Traversi le tavole che presentano macchine e strumenti di meccanica, se da un lato si riconoscono alcuni degli apparecchi esposti nel Museo (→22, 28, 35, 60, 126), dall'altro, incrociando i dati con i cataloghi, si può soprattutto avere un'idea del numero di strumenti derivanti dalla sua personale collezione² che sono andati perduti o che sono stati costruiti per il gabinetto di fisica dopo la stampa della seconda edizione degli Elementi .

¹ Tuttavia per gli oggetti più antichi la datazione non sempre può essere fatta con elevata precisione, poiché il primo catalogo delle macchine del gabinetto di fisica fu redatto solo nel 1818, cioè 10 anni dopo la fondazione dell'Istituto. Nella prima parte esso fotografa lo *status quo* dello "studio filosofico" senza fornire indicazioni aggiuntive circa l'effettivo periodo di costruzione di ogni singolo apparecchio. Solo dopo il 1818 la datazione è possibile anno per anno.

² Si veda il contributo di L. Mezzaroba in questo stesso volume.

Leggendo invece le varie Lezioni del Traversi, in esse esperimenti e descrizioni degli apparecchi integrano e completano ciascuna Lezione. Si riconosce dunque il ruolo essenziale che hanno gli strumenti sia per la spiegazione dei principi teorici formulati nelle Lezioni che come esempi della loro diretta applicazione nelle macchine e che quindi giustifica prima il possesso da parte del Traversi di una nutrita collezione privata, poi un gabinetto di fisica ancora più fornito di oggetti.

Diversi oggetti di meccanica (→20, 24, 33, 34, 35, 38, 60), così come di meccanica dei fluidi, non sono altro che riproduzioni più o meno fedeli derivanti da quegli innovativi dispositivi, a volte volutamente stupefacenti (→35), appositamente ideati nel XVIII secolo per trasmettere la fisica formulata da Newton e che si trovano descritti nelle tavole dei cosiddetti “trattati newtoniani” (per esempio, Whiston, s’Gravesande, Nollet).

Nel Museo sono esposti gli strumenti in grado di rappresentare i più importanti principi della meccanica e le più significative macchine ad essi collegati, offrendo una serie di percorsi capaci di integrare, per quanto possibile, il consueto programma sia di scuola media inferiore che degli istituti superiori. E del resto questo approccio accomuna tutte le altre Sezioni.

Non poteva certo mancare il semplice ma efficace apparecchio (→20) che dimostra come le grandezze vettoriali, frequentissime in fisica e di cui fanno parte le forze, hanno regole di somma diverse da quelle tipiche dei numeri. E quando si studiano certi sistemi di forze, uno strumento *ad hoc* (→24) viene in aiuto per metterne in evidenza una particolare proprietà.

Osservando che l’idea di forza nasce innanzitutto dalla sensazione di sforzo muscolare, per poi assumere una formulazione più generale e al contempo più rigorosa nella meccanica (cioè come l’insieme delle “influenze” capaci di alterare lo stato di quiete o di moto di un corpo oppure di provocare deformazioni), allora risulta facilmente comprensibile il particolare dinamometro (→28) costruito proprio per misurare la forza sviluppabile dai muscoli umani, cioè dalla “macchina uomo”.

Alle leggi di caduta dei gravi sono dedicati tre strumenti (→34, 60, 126), dei quali uno (→34) consente di avere prova del principio di composizione dei moti. A questi oggetti si aggiunge la macchina (→33) appositamente concepita per verificare una particolare proprietà della curva cicloide, il tautocronismo. E’ il Traversi invece a specificare l’uso principale del “suo” piano inclinato (→22): lo studio dell’attrito e dell’equilibrio dei corpi.

Alla figura di Galileo è strettamente legata la nota leggenda che narra come lo scienziato abbia avuto “l’illuminazione” sul pendolo osservando le oscillazioni di un lampadario nella cattedrale di Pisa. In ciò di vero c’è ben poco... Ma certamente semplice e didatticamente assai efficace è lo strumento (→398) che permette di verificare tre delle quattro leggi delle piccole oscillazioni del pendolo, un dispositivo che tutti possono costruirsi, soprattutto in forma semplificata, con pochissimo sforzo.

N° 20 Parallelogramma delle forze

1865 - 1867

74 x 28,5 x 57 cm, Vetrina B

Legno, ottone

Integro, Funzionante (* R), Completo (?)

Lo strumento, munito di due schede, illustrava in modo semplice e didatticamente assai efficace (tramite sospensione alla fune di pesi di massa opportuna) la *regola del parallelogramma delle forze* →, tipica delle *grandezze vettoriali* →, che hanno modalità diverse di somma, sottrazione e prodotto.

I primi e originali apparecchi ideati per mostrare la regola di somma vettoriale delle forze si trovano nell'opera (1720) di Willelm J. s'Gravesande (1688-1742).

N° 22 Piano inclinato per lo studio dell'attrito

Antecedente 1818

Giuseppe Stefani (17?-1842)

90,5 x 34,5 x 18,5 cm, Vetrina C

Legno, ottone, vetro

Integro, Funzionante (R), Incompleto

Lo strumento, firmato "Giuseppe Steffani" e di proprietà del Traversi, veniva utilizzato principalmente per lo studio dell'attrito e secondariamente per indagare la dinamica del sistema formato dal cilindro e da un contrappeso collegato al primo corpo per mezzo di un filo.

Appoggiato un oggetto sulla superficie del piano, si poteva misurare l'angolo per il quale iniziava lo scivolamento (funzione del materiale e della finitura superficiale del corpo). Il Traversi notava che alcuni solidi scendono lungo il piano inclinato "tombolando" (rotolando), altri invece scivolando sulla base d'appoggio. Con il piano orizzontale, si poteva trovare per diversi materiali la massa da agganciare alla fune per mettere in moto il corpo cui essa veniva collegata (ovviamente rimosso il cilindro.)

N° 24 Apparecchio per le forze parallele

1868 - 1874

42 x 18 x 38,5 cm, Vetrina B

Ottone, legno

Integro, Funzionante (* R), Completo

Lo strumento aveva lo scopo di provare in modo empirico la *proprietà delle forze parallele* → sospendendo ai cestini delle masse. Grazie alle carrucole, le due forze sollecitano l'asta d'ottone e costituiscono un sistema di forze parallele che tendono a far sollevare l'asta. Quest'ultima presenta 13 fori equispaziati su cui si doveva agganciare una sola massa (pari alla somma delle masse sospese ai cestelli) dal lato del cestello con la massa maggiore, il che provava la proprietà delle forze parallele. L'invenzione di questo dispositivo risale ai primi decenni del Settecento.

Merita sottolineare l'importanza didattica di questo semplice dispositivo, dato che lo si poteva efficacemente impiegare per studiare, nel caso di forze tutte

caratterizzate dalla stessa direzione (quella perpendicolare al suolo), le *equazioni cardinali della statica* →, delle quali la proprietà delle forze parallele è un caso particolare. Per questo impiego il sistema andava caricato con un certo numero di masse sia sui cestelli che sull'asta d'ottone. L'equilibrio alla traslazione si imponeva facendo in modo che la somma delle masse appese alla sbarra fosse uguale alla somma della masse agganciate ai cestelli. L'equilibrio alla rotazione della sbarretta d'ottone, si trovava invece effettuando un paio di tentativi.

N° 28 Dinamometro di Regnier

Antecedente 1818

31 x 5 x 23 cm, Vetrina B

Ottone, ferro

Integro, Funzionante (*), Completo

Questo strumento, firmato “Dynamomètre De Regnier à Paris”, è stato inventato da Edme Regnier (1751-1825) nel 1798 e serviva per misurare e studiare la forza muscolare sviluppabile dalla “macchina uomo”. L'etimo greco della parola dinamometro vuol dire appunto “misuratore di forza”.

Serrando infatti tra le mani la forcella in ferro, un sistema di leve amplificava gli spostamenti e faceva muovere l'ago sul quadrante in ottone (→ Scheda N°28). Il dispositivo è presente nella tavola III (fig. 128) del V volume del Trattato del Traversi.

La scale sono nelle misure miriagrammi (“Myriagrammes”), chilogrammi (“Kilogrammes”) e libbre (“Livres”) e la presenza di scale diverse è collegata alla riforma dei pesi e delle misure (→126).

N° 34 Apparato per il moto parabolico

Antecedente 1818 (II ½ XVIII secolo)

Vincenzo Miotti (1712-1787)

78,5 x 26 x 56,5 cm, Vetrina C

Ottone, ferro, legno

Danneggiato, Funzionante (P), Completo

Con questo dispositivo si poteva verificare la *legge di composizione dei moti* → della cinematica del punto materiale (approssimato con una piccola biglia di ottone).

Lasciata la guida, la biglia è soggetta all'accelerazione di gravità e alla velocità orizzontale acquistata percorrendo lo scivolo. La pallina segue una traiettoria parabolica (evidenziata dagli anelli), risultato della composizione del moto rettilineo uniforme in avanti e del moto uniformemente accelerato verso il basso.

Lo strumento, realizzato dall'abate Vincenzo Miotti (1712-1787), apparteneva alla collezione privata dell'Abate Traversi ed è raffigurato nella tavola I (fig. 14) del II volume del suo Trattato.

L'apparecchio è danneggiato: una frattura nel legno su una delle spallette della guida ha prodotto uno spigolo che fa cadere con una certa frequenza la biglia al di fuori del punto previsto d'arrivo.

N° 35 Paradosso meccanico (doppio cono)

Antecedente 1818

66,5 x 38,5 x 17,5 cm, Vetrina B

Legno, Ottone

Integro, Funzionante (* R), Completo

Il dispositivo è così chiamato perché il doppio cono effettua sulle guide un moto apparentemente assurdo. Posizionato presso il vertice delle guide, il corpo si mette a rotolare in salita! Il “trucco” si svela se si richiama il *teorema del moto del baricentro*→. A ogni giro il baricentro, che è sull’asse del cono, scende per la forma del corpo e il sapiente gioco tra gli angoli di inclinazione delle guide, di divergenza delle stesse e al vertice del doppio cono, anche se il solido dà l’impressione di muoversi in salita. Uno strumento didatticamente molto efficace per ricordare di andare al di là delle apparenze. L’invenzione di questo dispositivo risale ai primi decenni del Settecento. Questo strumento è presente nella tavola II (fig. 25) del volume del Trattato del Traversi.

N° 38 Apparato per il centro di gravità in tre pezzi

1840 - 1841

∅ 14 x 1,5 cm, Vetrina B

Ottone, piombo, legno

Integro, Funzionante (*), Completo

Uno strumento usato per mostrare che cosa succede alla posizione del *baricentro*→ avendo una figura regolare non omogenea e in che modo determinarlo nel caso di un oggetto non regolare.

Se si sospende il disco omogeneo di legno per il centro (baricentro), rispetto alla rotazione una posizione vale l’altra (equilibrio indifferente). Ma con un disco non omogeneo (presenta un pezzo di piombo nei pressi del bordo) ciò non è più vero. Tuttavia, se lo si sospende per il baricentro, non più coincidente con il centro geometrico, il comportamento torna identico a quello del disco omogeneo.

La terza figura mostrava come determinare empiricamente il baricentro: la si sospende per due punti diversi. L’incontro delle rette verticali passanti per il punto di sospensione dà la posizione del baricentro. Esso non coincide con il punto d’incontro delle diagonali, come mostrato graficamente tramite incisioni, essendo appunto la figura, seppur omogenea, non regolare.

N° 60 Tubo di Newton

Antecedente 1818

10 x 6 x 95,5 cm, Vetrina C

Ottone, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Questo dispositivo è un “classico” dei laboratori di fisica di tutto il mondo. Esso serviva a verificare la prima delle *leggi di caduta dei gravi nel vuoto*→. Fu Galileo Galilei (1564-1642) a dimostrare con un brillante ragionamento per assurdo questo importante risultato.

Rimossa l'aria con una pompa a vuoto e capovolto velocemente il tubo, si può facilmente provare sperimentalmente che i corpi all'interno, diversissimi tra loro, toccano il fondo nello stesso istante.

Il dispositivo è presente nella tavola II (fig. 17) del I volume del Trattato del Traversi.

N° 126 Macchina di Atwood con corredo

1806

Giuseppe Stefani (17??-1842)

57 x 57 x 200 cm, In sala

Ottone, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante (P), Incompleto

Lo strumento, firmato "Giuseppe Steffani fece in Padova l'anno 1806", era un dispositivo assai noto ideato intorno al 1784 dal professore di chimica a Cambridge George Atwood (1746-1807) per la verifica della seconda e della terza delle tre *leggi di caduta dei corpi nel vuoto* →. La verifica empirica di queste due leggi avveniva spostando opportunamente i corredi e facendo scendere le masse principali caricate con le masse aggiuntive del corredo. Dal Trattato dell'Abate Traversi, nella cui tavola VII (fig. 91) del II volume la macchina è rappresentata, si ricava che essa aveva due pendoli simili, uno lungo e uno corto, andato perduto (→ Scheda N° 126).

La colonna di legno ha più unità di misura: il "metro di Parigi", il "metro di Londra" e il metro vero e proprio, a testimonianza di quel periodo storico in cui in Francia si attuò la riforma dei pesi e delle misure, nella quale ebbe un ruolo di primissimo piano il chimico Antoine L. Lavoisier (1743-1794). Nacque il sistema metrico decimale, estremamente innovativo, in cui multipli e sottomultipli delle unità di misura possedevano le stesse proprietà dei numeri usati nell'aritmetica.

N° 398 Sostegno con pendoli

1868 - 1874

59 x 49 x 170 cm, In sala

Ottone, legno

Integro, Funzionante (* R), Completo

Pur nella sua estrema semplicità costruttiva, lo strumento è assai efficace dal punto di vista didattico e serviva per lo studio delle prime tre *leggi delle piccole oscillazioni del pendolo* →. Le funi, avvolte su dei rocchetti d'ottone, sono allungabili o accorciabili a piacere, in modo da variare la cosiddetta lunghezza del pendolo. Esse sorreggono delle masse (due sfere di legno e due d'ottone). Le varie divisioni presenti sugli stanti lignei hanno naturalmente la funzione di consentire la misura delle lunghezze dei pendoli e quindi studiare con facilità la dipendenza del periodo d'oscillazione da questo parametro.

MECCANICA DEI FLUIDI

Per Corpo Fluido intender dobbiamo un Corpo composto di parti talmente piccole da sfuggire a'sensi, e si poco fra loro coerenti da cedere a qualunque minima impressione. Quindi un vero Fluido sarà l'acqua con tutte quelle sostanze che conosciamo sotto il nome di Liquidi, ossia di Fluidi incompressibili; ed un vero Fluido sarà pure l'aria con tutte quelle sostanze, che sogliono indicarsi col nome di Fluidi aeriformi, ossia di Fluidi compressibili, ed elastici. [...] La divisione de'Fluidi testè accennata [...] è fondata sì sulla diversa loro naturale costituzione, che sopra la diversità de'fenomeni, che essi offrono, allorché vengono assoggettati alla compressione.

A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. VI, pag. 7.

Se si chiede di dare velocemente un esempio di fluido, generalmente la stragrande maggioranza risponde con un liquido, primo fra tutti l'acqua. Ciò è certamente corretto, tuttavia fluidi sono anche i gas e i vapori! In effetti per fluido s'intende una qualsiasi sostanza che non possiede forma propria (proprietà tipica dei solidi), ma che è in grado di mutarla continuamente, assumendo quella del contenitore. Liquidi, gas e vapori hanno questa caratteristica che si può provare con facilità.

Gas e vapori poi non hanno volume propri, e ciò li rende differenti dai liquidi: un litro d'acqua resta all'interno di una bottiglia aperta di sufficiente capacità, mentre un litro di elio o di vapor d'acqua scappa fuori dall'apertura espandendosi per tutta la stanza. Tuttavia essi restano pur sempre dei fluidi.

La meccanica dei fluidi è quel settore della fisica che studia le proprietà dei fluidi. Se si consultano i Trattati del XVIII e XIX secolo, si può notare come alle proprietà dei fluidi vengano dedicate lezioni e paragrafi via via sempre più ampi, con diverse esperienze pratiche e relativi strumenti sempre più numerosi, per giungere ad avere riservate delle sezioni specifiche di un'opera di fisica generale.

Oggi giorno la meccanica dei fluidi si è talmente sviluppata che le sue due sotto-branchie, la fluidostatica e la fluidodinamica¹, per il loro ampio sviluppo, la loro complessità e le notevoli implicazioni nella tecnologia, non solo sono divenute sezioni a parte, ma perfino alcune delle loro specializzazioni sono ormai discipline autonome con testi e letteratura specifici.

Tra i presidi che nel '900 tennero le redini del Liceo Foscarini ve ne fu uno specializzato in fluidodinamica, che studiò i moti vorticosi e le eliche, i cui

¹ Fanno parte della fluidostatica l'aerostatica e l'idrostatica, in cui i fluidi (rispettivamente i gas e i liquidi) sono in quiete. Nello specifico il ruolo fondamentale è rappresentato, anche storicamente, dall'idrostatica. Nella fluidodinamica (che si occupa dei fluidi in movimento) si hanno specializzazioni quali l'idrodinamica, l'aerodinamica, l'oleodinamica.

esperimenti sulle “eliche intubate” anticiparono il motore a reazione: era Luigi Sante Da Rios (1881-1965)².

Strumenti esposti

40	Diavolo di Cartesio (ludione)	Antecedente 1818
42	Endosmosometro	1830
43	Apparecchio per la spinta dei liquidi	1863 - 1864
44	Apparecchio per la circolazione del sangue	Antecedente 1818 (XVIII sec.)
45	Apparecchio di Masson	1868 - 1874
46	Alcolimetri	1838 - 1836
48	Aerometro per gli spiriti di Beaumé	Antecedente 1818
48a	Pesa acido di Beaumé	Antecedente 1818
49	Areometro di Nicholson	Antecedente 1818
51a	Bilancia idrostatica	Antecedente 1818
58	Apparecchio per la pioggia di mercurio	1861 - 1862
61	Fontana nel vuoto	Antecedente 1818
62	Fontanine nel vuoto	1868 - 1874
64	Baroscopio	1868 - 1874
65	Emisferi di Magdeburgo	Antecedente 1818
66	Crepavescica in ottone	1829 - 1830
71	Pompa aspirante di Cobres	1825 - 1826
72	Pompa aspirante e premente	1864
141	Torchio idraulico	1832 - 1833
262	Apparecchio di Pascal	1863 - 1864
392	Macchina pneumatica	1868 - 1874
622	Apparecchio di Hope	1893
756	Arganetto idraulico	31 maggio 1914
757	Vasi comunicanti	31 maggio 1914

Per lo studio del comportamento dei liquidi si ha una serie di macchine, con cui effettuare diverse esperienze, le quali possono in certi casi essere costruite nella loro essenzialità funzionale anche con mezzi semplici. E' evidente che, quando necessario, solo nei laboratori si possono trovare sufficienti quantità di mercurio, ma liquidi diversi non miscibili (per esempio acqua e olio) sono invece alla portata di tutti.

Gli strumenti della collezione del Liceo, derivati da quelli appositamente ideati per veicolare le leggi e i principi fondamentali della fisica, sono dispositivi prevalentemente didattici. In alcuni casi questi strumenti sono veramente semplicissimi, tuttavia immediati ed efficaci (→757), in altri un po' più elaborati, ma con il pregio di consentire di provare empiricamente la veridicità di proprietà fisiche a volte al primo impatto decisamente paradossali (→262). Questi due sono solo alcuni degli strumenti ancora esistenti (i più antichi, quelli appartenuti al Traversi, sono andati quasi tutti perduti) acquistati con lo scopo di illustrare i principi fondamentali dell'idraulica teorica, cui se ne aggiungono un numero limitato per

² Sulla figura e l'opera del preside Da Rios si veda P. BONAVOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007.

l'effettuazione di misure da laboratorio (→48a, 49). Da segnalare l'endosmosometro (→42), la cui costruzione, ad opera di Angelo Maria Bellani (1776-1852), segue di appena quattro anni lo studio fisico del fenomeno e quindi acquistato per poter replicare le prove sperimentali.

La bilancia idrostatica (→51a) è invece sia uno apparecchio dimostrativo, impiegato per la verifica del principio di Archimede, che uno strumento di misura, da utilizzarsi per determinare il volume e la densità relativa (rispetto all'acqua) della maggior parte dei solidi (quelli insolubili più densi dell'acqua e che inoltre non reagiscono chimicamente con essa).

Poch'anzi si è usata la dizione idraulica teorica, perché in realtà esiste anche un'idraulica "pratica", con cui l'uomo ha sempre avuto a che fare ancor prima degli studi dei Greci, nei quali Archimede (287?-212a.C.) in ambito idraulico ebbe un ruolo di primissimo piano, avendo inventato la coclea e scoperto il principio che porta il suo nome. Problemi di idraulica pratica di antica origine sono il rifornimento d'acqua, l'irrigazione dei campi e la bonifica.

Con la rivoluzione scientifica la matematica entrò sempre di più nella fisica, quindi com'è logico anche nell'idraulica. L'idraulica pratica offrì diversi spunti di studio con cui sviluppare l'idraulica teorica, ma al contempo quest'ultima, con i risultati raggiunti, consentiva scelte ragionate nelle applicazioni pratiche. Oggigiorno i problemi pratici connessi alle numerose macchine che operano sui fluidi e alle opere idrauliche in generale non sarebbero risolvibili senza il corposo sviluppo teorico di questo ramo della fisica.

Per quanto riguarda i gas, gli esperimenti torricelliani (1644), oltre all'individuazione della pressione atmosferica e all'invenzione del barometro, poi sempre più migliorato (→127), portarono all'evidenziazione del vuoto sopra il menisco all'interno della canna barometrica. Un fatto decisamente sensazionale. L'aristotelico *horror vacui* attribuito alla natura e chiamato in causa per il funzionamento dei sifoni, delle ventose, aveva subito una prova schiacciante che ne dimostrava l'erroneità.

Dopo questi fatti si verificò una vera e propria corsa alla riproduzione dell'esperimento di Evangelista Torricelli (1608-1647) e quindi allo studio ad ampio raggio dell'aria (→61, 77). Con l'invenzione di lì a poco della macchina pneumatica, si riuscì a produrre il vuoto anche senza ricorrere alle canne barometriche. Vennero addirittura organizzate spettacolari dimostrazioni per provare l'esistenza della pressione atmosferica (→65). Altri esperimenti contenuti nell'opera di Otto von Guericke (1602-1686) furono per l'epoca ugualmente sbalorditivi. Qui si ricorda quello del crepavesciche, del baroscopio (→64) e la prova che il suono non si propaga nel vuoto.

N° 42 Endosmosometro

1830

Angelo Maria Bellani

ø 6 x 38 cm, Vetrina D

Vetro, legno, pelle

Integro, Funzionamento (X), Completo

Lo strumento, firmato “Endosmosometro e Exosmosometro di Dutrochet, A. Bellani, 1830”, serviva a misurare la pressione osmotica. I termini endosmosi (corrente entrante) ed esosmosi (corrente uscente) furono coniatati nel 1826 da Henri J. Dutrochet (1776-1847) che studiò il fenomeno. Il dispositivo è presente nella tavola I (fig. 10) del I volume del Trattato dello Zantedeschi.

La boccia di vetro veniva riempita fino a raggiungere lo zero nella scala presente sul tubo verticale con soluzioni acquose più o meno concentrate di zucchero, albumina o latte. Poi si immergeva il contenitore in acqua pura. Il livello del fluido nel tubo di vetro si innalzava gradualmente fino ad arrestarsi a un'altezza più o meno elevata a seconda della natura della soluzione utilizzata. La scala permetteva di misurare la “forza” del processo per le varie soluzioni.

N° 48a Pesa acido di Beaumé

Antecedente 1818

ø 6 x 34 cm, Vetrina D

Vetro, carta, mercurio

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento, assai diffuso, veniva utilizzato per determinare il peso specifico di una soluzione acquosa di acido (più densa dell'acqua, ma si idearono anche modelli “per gli spiriti”, che sono liquidi meno densi dell'acqua).

L'areometro di Beaumé è a peso costante e volume (di liquido spostato) variabile con la densità del fluido da misurare (il mercurio dell'ampolla inferiore fa da zavorra). Fu il chimico francese Antoine Beaumé (1728-1804) che ne ideò la gradazione intorno al 1768. Il dispositivo è schematicamente raffigurato nella tavola III (fig. 57) del VI volume del Trattato del Traversi.

Come curiosità (A. Ganot, 1861) si riporta che, in assenza di un simile strumento, per gli acidi delle pile c'era un'altra tecnica decisamente empirica definibile dell'“assaggio eroico”. Se una goccia di soluzione acida non poteva essere trattenuta sulla lingua, allora la sua concentrazione era corretta!!

N° 49 Areometro di Nicholson

Antecedente 1818

ø 5,5 x 25,5 cm, Vetrina D

Ottone

Integro, Funzionante (R), Completo

Usato per la determinazione del peso specifico di corpi solidi insolubili in acqua, il modello di areometro di Nicholson è del tipo a volume (di liquido spostato) costante e peso variabile. Fu ideato nel 1788-1789 da William Nicholson (1753-1815). Il

dispositivo è presente nella tavola III (fig. 54) del VI volume del Trattato del Traversi.

Il dato d'interesse si otteneva facendo in modo che lo strumento affiorasse nell'acqua distillata a 4 °C sempre allo stesso modo aggiungendo un numero opportuno di masse sul piatto superiore in tre posizioni diverse: in assenza del corpo da studiare (cioè a vuoto), quindi con il corpo sul piatto superiore e infine con esso nel cono (che ospita anche una zavorra di piombo). Un'opportuna operazione coinvolgente le tre masse così determinate dava il peso specifico del solido. Per solidi meno densi dell'acqua, la procedura era perfettamente identica, ma si usava una retina che li tratteneva entro il cono.

N° 51a Bilancia idrostatica

Antecedente 1818

56 x 20,5 x 74 cm, Vetrina E

Ottone, acciaio

Danneggiato, Non funzionante, Incompleto

La bilancia idrostatica altro non era che una particolare bilancia impiegata per determinare il volume e il peso specifico di solidi di forma qualunque (purché insolubili in acqua) in alternativa agli areometri (→49) e per dimostrare il *principio di Archimede*→.

Per questa dimostrazione si sospendevano a uno dei due piatti uno sotto all'altro due cilindri d'ottone (mancanti), il primo cavo e dal volume esattamente identico al secondo, invece massiccio. Equilibrato il giogo della bilancia con un certo numero di masse, si immergeva il cilindro massiccio in acqua. L'equilibrio si rompeva a causa della spinta idrostatica. Tuttavia, riempiendo d'acqua il cilindro cavo, l'equilibrio si ristabiliva a conferma di quanto affermato nell'enunciato del principio di Archimede.

Lo strumento ha un gemello coevo integro, completo e perfettamente funzionante usato per la didattica.

N° 61 Fontana nel vuoto

Antecedente 1818

ø 13 x 46 cm, Vetrina D

Ottone, vetro, mastice

Integro, Funzionante (*), Completo

Si trattava di un dispositivo molto semplice per dimostrare (attraverso lo zampillo che si generava) la cosiddetta "elasticità dell'aria", cioè la sua capacità di espandersi.

Per il funzionamento si poneva il dispositivo direttamente sul piatto di una macchina pneumatica, dopo aver ingrassato il bordo d'appoggio e aver riempito per metà d'acqua il compartimento inferiore. Il getto si produceva all'interno del cilindro superiore di vetro e l'acqua si raccoglieva sul fondo.

Lo zampillo d'acqua si produceva perché la macchina pneumatica aspirava l'aria all'interno della campana superiore, generando uno squilibrio di pressione tra il compartimento superiore e quello inferiore, pieno per metà di liquido. L'aria sopra l'acqua, a maggiore pressione (inizialmente quella atmosferica), era a questo punto

libera di espandersi, scacciando via il liquido sottostante, il quale risaliva con forza zampillando dall'ugello.

N° 64 Baroscopio

1868 - 1874

ø 16 x 15 cm, Vetrina E

Ottone, ferro, legno

Integro, Funzionante, Completo

Lo strumento era un dispositivo molto semplice, ma didatticamente assai efficace, che permetteva di verificare, con l'impiego di una macchina pneumatica, la cosiddetta *spinta aerostatica* →. Dispositivo ed esperimento sono opera di Otto von Guericke (1602-1686) intorno alla metà del XVII secolo.

Baroscopio significa "osservazione del peso" (questo vuol dire il suo etimo greco), in quanto un simile dispositivo evidenziava la parte del peso di un corpo "sottratta", fatta "sparire", dalla spinta di sostentamento prodotta dall'aria.

Mentre in presenza dell'aria il giogo è perfettamente orizzontale, nel vuoto viene a mancare la spinta aerostatica sia sul contrappeso che sul cilindro cavo sospeso al giogo. Poiché però la spinta di sostentamento è legata al peso del volume di fluido spostato dal corpo immerso in esso, l'equilibrio si rompe e il giogo si inclina dal lato del cilindro, cioè dal lato del corpo con il volume maggiore.

N° 65 Emisferi di Magdeburgo

Antecedente 1818

Giuseppe Stefani (17?-1842)

ø 19x 31 cm, Vetrina E

Ottone

Integro, Funzionante, Completo

I cosiddetti Emisferi di Magdeburgo erano un semplice ma efficacissimo strumento per mostrare l'esistenza della pressione atmosferica. Dagli inventari si ricava che essi sono opera dell'"artefice" Giuseppe Stefani, costruttore di strumenti per l'Università di Padova. Un simile congegno venne utilizzato da Otto von Guericke (1602-1686) nel 1654 nella città di Ratisbona. La stampa nell'opera, che riproduce il tentativo di due tiri di diversi cavalli di separare gli emisferi, è abbastanza nota, in quanto spesso riprodotta nei libri di fisica scolastici.

Estraendo l'aria, si produceva una differenza di pressione il cui risultato globale sulle superfici emisferiche era la nascita di due forze rivolte verso il centro che schiacciavano le due metà una contro l'altra. Separarle era a questo punto un'impresa titanica e, ammesso di riuscirci, il repentino ingresso dell'aria produceva un forte e spettacolare botto.

Non avendo sempre a disposizione i tiri di cavalli, per le semplici prove didattiche si eseguivano delle varianti più semplici rispetto al grande esperimento di Guericke. Per esempio, per separare gli emisferi si poteva invitare un numero sempre maggiore di studenti tipo tiro alla fune. Oppure si sospendeva un emisfero al soffitto con una robusta corda e si attaccava all'altro una piattaforma di legno in modo che essa non toccasse il suolo. Una persona sola sulla piattaforma non bastava a causare il distacco delle due emisferi, ma a seconda del loro diametro ce ne volevano diverse.

N° 262 Apparecchio di Pascal

1863 - 1864

35 x 28 x 46 cm, Vetrina E

Ottone, legno, vetro, cuoio

Integro, Funzionante (R), Completo

Lo strumento fu concepito dallo stesso Blaise Pascal (1623-1662) poco prima di morire per mettere in luce il cosiddetto *paradosso idrostatico*➔. Il giogo di questa particolare bilancia sorregge tramite due aste il fondo a sezione circolare. Il serbatoio invece è a forma variabile (a cilindro, a imbuto e a tronco di cono). Il fondello si apriva quando il fluido di lavoro (in genere acqua) raggiungeva la stessa altezza, segno inequivocabile che i diversi pesi d'acqua ospitati nei contenitori di vetro non contano ai fini dello sviluppo della pressione sulla base (e quindi della forza che sollecita il giogo), il che in un primo momento è decisamente paradossale. Lo strumento ha un gemello incompleto e non funzionante.

N° 757 Vasi comunicanti

31 maggio 1914

24 x 10 x 13 cm, Vetrina D

Vetro, legno

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento evidenziava il *principio dei vasi comunicanti*➔. Se, per esempio, si versa acqua colorata, il fluido presenta in tutti i vasi la stessa altezza rispetto alla base, indipendentemente dalla forma di ogni singolo condotto di vetro. E quanto detto vale per qualsiasi liquido.

TERMODINAMICA

Me ne sapreste voi ritrovare un solo [metallo], il quale, qualor espongasì al fuoco, non venga penetrato dal calorico in guisa da riscaldarsi non solo, ma da rimaner ad un tempo nel suo volume sensibilmente dilatato? E senza ricorrere al fuoco, non è ella una verità di fatto, che il solo calorico per l'aere diffuso fà sì, che i metalli sieno più dilatati d'Estate, che non l'Inverno?

A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. I, pag. 70.

Il termine termodinamica, la cui etimologia greca vuol dire “movimento, forza del calore”, fece la sua comparsa solo intorno alla metà del XIX secolo per caratterizzare le ricerche collegate alla trasformazione del calore in lavoro. Tuttavia ciò non significa che prima non vi fosse l'interesse per quei vari argomenti coinvolgenti il calore che ora si trovano inquadrati all'interno della termodinamica, anzi. Si pensi al problema della misura della temperatura e delle sue variazioni, della pressione e della quantità di umidità nell'aria atmosferica, della dilatazione termica manifestata da solidi, liquidi e gas ...

Però tali argomenti non godevano certo dell'organizzazione teorica con cui al giorno d'oggi li si studia collocandoli in quell'importante ramo della fisica che, in generale, si occupa delle trasformazioni dei sistemi conseguenti agli scambi di energia con altri sistemi o con l'ambiente.

Fino al 1842 (data della formulazione del primo principio della termodinamica), energia e calore erano stati sviluppati in maniera indipendente e per di più si deve osservare che nel XVII e XVIII secolo il concetto di energia era limitato a ciò che oggi chiamiamo energia cinetica, energia potenziale e lavoro meccanico.

Il calore dunque non era associato a una forma di energia, ma al concetto di temperatura. Il fatto che due corpi a contatto tendano a raggiungere uguale temperatura aveva portato a credere, in analogia con i sistemi idraulici, alla presenza di un qualche fluido imponderabile e indistruttibile, il “calorico”, che passava da un corpo all'altro. Ma difficile era dare spiegazioni secondo la teoria del calorico nei processi meccanici in cui per attrito si aveva conversione di lavoro in calore.

Nei Trattati del passato si può notare che sempre maggiore attenzione era dedicata ai fenomeni con protagonista il “calorico”, a mano a mano che nuove scoperte e proprietà venivano osservate, inventati interessanti strumenti di ricerca e di divulgazione scientifica (per mezzo dei quali realizzare dimostrazioni anche d'effetto).

I continui tentativi di sviluppare, tra fine '700 e i primi decenni dell'800, macchine a vapore sempre più efficienti furono un forte stimolo ad approfondire il rapporto calore-lavoro. Grazie soprattutto agli studi di Fourier, Carnot, Mayer, Joule, Clausius e Kelvin, la termodinamica nel XIX secolo prese decisamente corpo e inquadramento matematico rigoroso. E il

calore fu riconosciuto come una forma di energia. Però della superata teoria del calorico qualche resto è ancora rimasto nel linguaggio quotidiano. E' comune dire "calore scambiato" al posto della locuzione fisicamente più corretta di "energia scambiata sotto forma di calore".

Strumenti esposti

77	Tubo di Mariotte	1861 - 1862
79	Apparecchio per graduare i termometri	1864 - 1865
80	Igrometro di Regnault	1868 - 1874
81	Igrometro Daniell	1839 - 1840
82	Termometro differenziale	1868 - 1874
84	Pirometro di Wegdwood	1842 - 1843
85	Pirometro a quadrante	1819 - 1820
86	Termometro metallico di Bréguet	1845 - 1846
87	Termometro differenziale di Bellani	1825
88a	Termometro in gradi Réaumur di Caronti	1868 - 1874
91	Igrometro di Bellani	1835
93	Igrometro a capello di Saussure	1818 - 1819
94	Psicrometro di Cavalieri	1851 - 1852
96	Termometro in lavagna	1868 - 1874
101	Bollitori di Franklin	1861 - 1862
110	Piccolo modello di locomotiva	1838 - 1839
113	Anello di s'Gravesande	1864 - 1865
116	Fornelletto con eolipila	1833 - 1834
119	Apparecchio di Tyndall	1868 - 1874
120	Modello della parte inferiore della grande locomotiva	1848 - 1849
127	Barometro Fortin con astuccio	1868 - 1874
140	Gran modello di locomotiva	1843
333	Apparecchio per la distillazione	1858 - 1859
548	Apparecchio di Ingen-Hausz	febbraio 1887
549	Lampada Davy	febbraio 1886
651	Igrometro di Dufour	1897
656	Modello smontabile di cilindro	1898
673	Igrometro di Saussure	10 maggio 1901
804	Manometro Bourdon	29 giugno 1915
809	Vaso Dewar	29 giugno 1915

Nella collezione di apparecchi di fisica del Liceo si possono riconoscere con facilità i classici strumenti didattici (→77, 85, 119, 548) ideati per lo studio dei fenomeni coinvolgenti il "calorico".

Molti di essi furono pensati agli inizi del XVIII secolo e descritti nelle tavole dei trattati di fisica. E' questo il caso del pirometro a quadrante (→85), che si può osservare praticamente identico nella Tavola I della Lezione XIV in calce al tomo IV del Trattato dell'abate Nollet (1762).

Altri derivano invece direttamente da quelli impiegati dallo scienziato nelle prime ricerche sperimentali sul fenomeno (→77).

Per quanto riguarda le applicazioni più note della termodinamica, quelle in ambito di trazione ferroviaria (che tanta curiosità dovevano suscitare negli studenti dell'epoca), la Sezione si distingue per la presenza di alcune macchine-modello, cioè di dispositivi che riproducono perfettamente, ma in forma ridotta, una macchina reale. Si hanno un modello di cilindro di

locomotiva e due modelli di locomotiva a vapore, dei quali uno (→140) è opera del macchinista Francesco Cobres, un pezzo sempre di grande effetto per i giovani visitatori¹.

Un numero consistente del totale degli strumenti di termodinamica è costituito da dispositivi di misurazione da laboratorio. Una parte è stata acquistata dal prof. Francesco Zantedeschi² per raggiungere il duplice scopo di aggiornare il gabinetto di fisica e di concretizzare l'effettivo possesso degli apparecchi (→81) descritti nel suo Trattato, ritenuti i più significativi per lo studio della fisica. Di fatto si tratta di strumenti che moltissimi hanno in casa nelle loro versioni moderne: termometri, barometri (→127) e igrometri (→81, 91, 93, 94).

Si ricorda che il barometro derivò dagli esperimenti torricelliani (1644). Realizzato in modelli differenti semplici ed essenziali (a vaschetta, a sifone, a quadrante), divenne poi sempre più preciso e addirittura reso trasportabile (→127). Quindi il barometro entrò nelle case come oggetto d'arredo interno (cioè curato esteticamente nelle parti e con la cassa secondo la moda dell'epoca).

Il primo termometro fu invece costruito tra le mura dell'Accademia del Cimento (1657-1667) i cui membri "provando e riprovando"³ effettuarono delle ricerche sul calore, oltre a quelle sul vuoto. Nei Saggi del 1667 sono descritti dei termometri⁴ dal cannello graduato, ma dalla taratura sperimentale, il che li rendeva non comparabili. La nascita del termometro comparabile avvenne più tardi, olttralpe, con l'adozione del mercurio come fluido di lavoro e l'introduzione di opportune scale termometriche (Celsius, Réaumur, Fahrenheit).

Risale alla metà del XV secolo (Alberti, Cusano) la descrizione di dispositivi ad assorbimento in grado di misurare le variazioni di umidità dell'aria, ma uno dei più noti igrometri ad assorbimento fu quello di Saussure (1783), che impiegava come rilevatore un capello umano (→93). Torricelli è invece l'ideatore del primo (e assai rudimentale) igrometro a condensazione, cioè basato sulla condensazione del vapor acqueo su una superficie opportunamente raffreddata. Noti igrometri a condensazione furono quelli di Daniell (→81), costruito nel 1823, e di Regnault (1845). Infine, quando si determina l'umidità relativa con due termometri (dei quali uno col bulbo bagnato) e una opportuna tabella per il calcolo, si ha uno psicrometro (→94).

¹ Volendo dar credito alle voci interne alla scuola, sembra che intorno al 1950-1960 la locomotiva del Cobres riuscisse ad essere ancora messa in moto.

² Per approfondire l'attività di questo docente di fisica si consulti *P. BONAVOGLIA - P. MALFI, 200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 127-136.

³ Il motto è quello presente sullo stemma dell'Accademia.

⁴ Per un'immagine: <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/isim.asp?c=409004>

N° 77 Tubo di Mariotte

1861 - 1862

30,5 x 23,5 x 70 cm, Vetrina F

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Lo strumento riproduce senza grosse differenze il tubo a forma di J che lo scienziato inglese Robert Boyle (1627-1691) si fece appositamente costruire e che utilizzò per scoprire (nel 1660) la *legge di Boyle*➔. Anche il fisico francese Edme Mariotte (1630-1684) scoprì nel 1675 indipendentemente la stessa legge.

Riempito il tubo a J di mercurio, in modo che il suo livello raggiungesse lo zero, si intrappolava così facendo un certo volume d'aria nel ramo chiuso (quello più corto). Aggiungendo mercurio, per la *legge di Stevino*➔, la pressione associata alla colonna di mercurio comprimeva il volume d'aria intrappolato. Si poteva per esempio verificare che con una colonna di 760 millimetri di mercurio il volume iniziale d'aria risultava dimezzato.

N° 81 Igrometro di Daniell

1839 - 1840

10 x 5,5 x 21 cm, Vetrina G

Ottone, vetro

Danneggiato, Funzionante (P), Completo

Si trattava di un igrometro a condensazione per la determinazione dell'umidità relativa dell'aria atmosferica sfruttando per il conto una serie di tabelle integrative reperibili nella letteratura specialistica dell'epoca. Questo modello di igrometro venne ideato nel 1823 dallo scienziato inglese John F. Daniell (1790-1845), noto per l'invenzione (1836) di un tipo innovativo di pila. Lo strumento è raffigurato nella tavola III (fig. 55) del volume II - parte I del Trattato dello Zantedeschi.

Il funzionamento del dispositivo (➔Scheda N°81) è solo parziale, dal momento che serve un termometro per sostituire quello rotto.

N° 85 Pirometro a quadrante

1819 - 1820

Paolo Lana (1750-1832)

35 x 12,5 x 20 cm, Vetrina F

Ottone, rame, alluminio, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante (P), Completo (?)

Lo strumento, firmato "Lana à Turin", era utilizzato per misurare la dilatazione termica lineare di una sbarra di rame, di una identica di alluminio (nel cassetto) e probabilmente di altre di differenti metalli, quando scaldate per mezzo di stoppini alimentati semplicemente ad alcol. Il dispositivo, presente nella tavola I (fig. 8) del volume del Trattato del Traversi, fu descritto per la prima volta nel 1731 da Petrus van Musschenbroek (1692-1761).

La misura della dilatazione lineare si otteneva contando i giri e la rimanente porzione di giro compiuti dalla lancetta d'ottone sulla scala graduata sottostante. Il

vetro di protezione, danneggiato, è stato rimosso e messo da parte, per consentire la visione del meccanismo all'interno.

N° 91 Igrometro di Bellani

1835

Angelo Maria Bellani

13,5 x 3,5 x 45 cm, Vetrina G

Legno, vetro

Integro, Funzionante (P), Completo

Lo strumento, firmato "Igrometro, A. Bellani fece in Milano, 1835", era un igrometro ad assorbimento a capello (→93) con annesso un termometro in gradi centigradi per avere contemporaneamente la lettura dell'umidità e della temperatura dell'aria.

Le scritte accanto ad alcuni valori sulla scala termometrica relative allo sviluppo dei banchi da seta sono conseguenti agli studi sull'argomento condotti dopo il 1815 dal costruttore. Il canonico Angelo Maria Bellani (1776-1852) si occupò di termologia realizzando diversi strumenti di pregio.

N° 93 Igrometro di Saussure a capello

1818 - 1819

7 x 1 x 29 cm, Vetrina G

Ottone

Integro, Non funzionante, Incompleto

Alcune sostanze organiche come i capelli hanno la caratteristica di allungarsi o di accorciarsi in funzione della quantità di acqua da esse assorbita. Sfruttando questo fenomeno si può costruire un igrometro detto ad assorbimento o più noto col nome del suo costruttore, Nicolas-Théodore de Saussure (1767-1845), o più semplicemente detto "igrometro a capello". Venne ideato nel 1783. Lo strumento è raffigurato nella tavola III (fig. 56) del volume II - parte I del Trattato dello Zantedeschi.

Le variazioni di lunghezza del capello erano evidenziate da un ago mobile che faceva anche da indice, muovendosi su una scala graduata da 0 (assenza d'umidità) a 100 (massima umidità). Il pesetto per la trazione del capello è andato perduto.

N° 94 Psicrometro di Cavalieri

1851 - 1852

12,5 x 5 x 29 cm, Vetrina F

Legno, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo

Lo strumento permetteva di determinare l'umidità relativa locale dell'aria atmosferica tramite la lettura delle temperature in gradi centigradi di due termometri, dei quali uno presenta il bulbo coperto con una garza bagnata (termometro a bulbo bagnato). La tabella avvolta sul cilindro mobile di legno al centro consentiva di ottenere direttamente il dato d'interesse senza effettuare calcoli.

La procedura operativa è scritta sullo strumento: “Il bulbo avvolto nel panolino [sic] si bagna e dopo cinque minuti circa, si troverà abbassato ad un punto fisso. Osservata l’altezza del detto termometro, si accompagna l’indice a quel grado, o mezzo grado corrispondente sulla scala fissa accanto alla fessura. Si osservi poi il termometro asciutto e si giri il cilindro mobile a quel grado o mezzo grado indicato coi numeri rossi d’esso cilindro ed in corrispondenza a quei del termometro asciutto. Ed allora non rimane che a leggere il grado di *Umidità Relativa* calcolata, la quale vien marcata dall’indice sopra il cilindro”.

N° 119 Apparecchio di Tyndall

1868 - 1874

ø 10 x 24 cm, Vetrina G

Ottone, ferro, rame, stagno, piombo, bismuto, cera

Danneggiato, Funzionamento (?), Completo

Questo dispositivo, ideato dallo scienziato irlandese John Tyndall (1820-1893) nei primi anni '60 del XIX secolo, veniva utilizzato in ambito di calorimetria per confrontare qualitativamente il *calore specifico* → di cinque diverse palle metalliche di identico peso e volume, ma di materiali diversi (ferro, rame, stagno, piombo e bismuto). Si fondeva una massa di cera e se ne ricavava un disco di un certo spessore. Poi si scaldavano le sferette ancorate al porta sfere tutte alla stessa temperatura semplicemente immergendole in un bagno d'olio tra i 180 e i 200 °C. Infine le si depositava sul disco. A parità di temperatura, le sfere dotate di maggior calore specifico attraversano per prime, fondendolo, il disco di cera (ferro, rame), altre non lo attraversano affatto (piombo, bismuto). Il calore specifico è dunque una proprietà diversa dalla temperatura.

N° 127 Barometro Fortin con astuccio

1868 - 1874

Giuseppe Alemanno

ø 8 x 167,5 cm, Vetrina G

Ottone, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo

Lo strumento, firmato “Alemanno Giuseppe in Torino, 649”, era un barometro facilmente trasportabile e leggero per misurare la pressione atmosferica. Venne perfezionato verso il 1810 dal francese Nicolas Fortin (1750-1831).

Dal punto di vista costruttivo si trattava di un barometro a vaschetta, ma con l'accorgimento che il fondo della stessa è in pelle e può essere alzato o abbassato per mezzo della vite d'ottone che esce dal tubo. In questo modo si poteva riempire completamente la canna barometrica durante il trasporto, evitando che il mercurio la rompesse per urto. Il nonio (→19) per la lettura dell'altezza del mercurio e apposite tabelle o anche regoli (→9) di correzione sulle principali grandezze di disturbo (temperatura, capillarità) riducevano gli errori di misurazione aumentando l'affidabilità.

N° 140 Gran modello di locomotiva

1843

Francesco Cobres

75,5 x 33,5 x 66,5 cm, Vetrina G

Ottone, ferro, legno, cuoio, vetro

Integro, Funzionamento (X), Completo

Più che uno strumento scientifico, questo è un elegante e dettagliato modello in scala di locomotiva a vapore realizzato dal geniale macchinista F. Cobres (vi è la firma: “Francesco Cobres, Venezia 1843”), che fu premiato dalla Commissione Giudicatrice del Premio d’Industria del 1844 con l’esposizione della macchina. Tale Premio si svolgeva ad anni alterni a Milano e a Venezia.

Il modello è una vera e propria locomotiva a vapore in miniatura, ovvero la macchina era azionata dall’espansione del vapor acqueo prodotto in caldaia. I cilindri sono ubicati in testa alla locomotiva e un sistema di bielle e manovelle trasmetteva il moto alle ruote motrici (quelle centrali).

Lo stesso Cobres affermò che il suo modello “è il primo che sia stato eseguito nel Regno Lombardo-Veneto”, aggiungendo che “malgrado la sua piccolezza e complicazione, agisce assai bene a fuoco di carbone”.

N° 548 Apparecchio di Ingen-Hausz

Febbraio 1887

25 x 15 x 30 cm, Vetrina G

Ferro, rame, ottone, stagno, piombo, zinco, sughero, mastice

Integro, Funzionamento (?), Completo

Lo strumento era utilizzato per paragonare la *conducibilità termica* → dei metalli. Il nome del dispositivo è legato a quello dello scienziato olandese Jan Ingen-Hausz (1730-1799) che lo costruì intorno al 1780.

All’interno della cassa di ferro veniva versata acqua bollente. Con mastice e turaccioli di sughero erano precedentemente fissate sei verghe identiche per lunghezza, ma di differenti metalli (ferro, rame, ottone, stagno, zinco e piombo) con la superficie ricoperta con un sottile strato di cera bianca (con punto di fusione di circa 36 °C). Nell’unità di tempo, la cera si fondeva per distanze diverse dal bordo della cassa a seconda della conducibilità termica del metallo. Delle tacche equispaziate sulle verghe permettevano un confronto quantitativo tra i tratti liberati dalla cera.

ACUSTICA

Ecco dunque due condizioni egualmente necessarie, e bastevoli, nel mezzo che dee trasmettere il suono: primariamente debba egli avere una certa densità, affinché le sue parti adoperino con assai di forza, e di libertà le une sopra le altre: secondariamente, debb'essere elastico, perché il moto di vibrazione nasce dalla molla delle parti.

J. A. Nolle - Lezioni di fisica sperimentale - G. Pasquali, Venezia, 1762, Tomo III, p. 271.

L'acustica è quel ramo della fisica che studia i fenomeni sonori, in particolare la generazione, la propagazione, le proprietà delle onde sonore.

Oggi giorno settori specialistici dell'acustica hanno un certo peso nelle scienze applicate. Si pensi, ad esempio, a tutte le problematiche acustiche legate alla misurazione del rumore e alla progettazione delle sale da concerto e dei teatri, cui si aggiungono anche gli studi radiofonici e televisivi. Qui l'obiettivo primario è rendere gradevole al meglio l'ascolto diretto. Ma anche la riproduzione del suono (in termini di costruzione di luoghi appositi e di progettazione degli strumenti da utilizzare) offre diverse questioni che richiedono personale specializzato e la soluzione di numerose problematiche. Per non parlare dell'acustica fisiologica, il ramo specialistico che studia l'udito e la fonazione (produzione del suono vocale).

Il gran numero di strumenti musicali antichi e moderni fa capire l'importanza dell'acustica musicale, che si occupa dello studio dei suoni musicali sotto molteplici aspetti (analisi, generazione, propagazione). Del resto l'uomo col canto e la musica ha sempre avuto un rapporto particolare con il suono.

E' infine piuttosto recente nella storia della scienza la costruzione di dispositivi per la trasmissione e la ricezione a distanza del suono (telefono, radio, cellulare) e la sua registrazione e riproduzione (fonografo, grammofono, registrazione magnetica su nastro, CD).

Motivi di spazio hanno spinto ad accorpate nel Museo gli strumenti di acustica con quelli di ottica (sezione "Ottica e Acustica"), sebbene in questo libro questi due argomenti della fisica siano presentati a sé stanti. Ma avendo anche deciso di tenere separata l'ottica dall'elettromagnetismo, l'unione dell'ottica con l'acustica ha una giustificazione molto forte: sia nell'una che nell'altra l'elemento portante è la propagazione ondulatoria.

Strumenti esposti

143	Campana per l'estinzione del suono	1844 - 1845
147	Sirena di Cognard de La Tour	1844 - 1845
149	Risonatore di Savart	1844 - 1845
151	Sonometro	1861 - 1862
152	Sirena doppia di Helmholtz	1868 - 1874
163	Apparecchio di Chladni	1844 - 1845
164	Arco da violino	1844 - 1845

Già nell'antichità l'acustica godeva della massima considerazione (aveva la dignità di scienza). Pitagora e i pitagorici usarono le vibrazioni trasversali delle corde tese per fissare i canoni dell'armonia musicale classica ovvero le condizioni perché due note suonate assieme producano una sensazione di naturale consonanza e di gradevolezza. E la pianta del teatro greco testimonia la conoscenza del fenomeno della riflessione delle onde sonore.

Il suono è infatti un fenomeno ondulatorio, cioè ha le caratteristiche di un'onda. Questo fatto lega il suono alla luce, anch'essa un fenomeno ondulatorio, ma con una fondamentale differenza. Per propagarsi il suono (le onde elastiche in generale) ha bisogno di un mezzo, mentre la luce no (cosa scoperta intorno alla metà del '600). Più precisamente il suono altro non è che una rapida variazione di pressione in un mezzo percepibile attraverso i nostri organi dell'udito e, in quanto onda, presenta dunque tutti i fenomeni fisici caratteristici della propagazione ondulatoria: riflessione, rifrazione, interferenza, diffrazione. Gli stessi romani avevano studiato i fenomeni dell'eco e dell'interferenza.

Nel medioevo si perfezionarono gli aspetti e le notazioni musicali, ma per un importante passo in avanti in ambito teorico si devono aspettare gli studi di Galileo Galilei (1564-1642) sulle vibrazioni trasversali delle corde tese. Con la rivoluzione scientifica la matematica entrò sempre più nella fisica e i matematici furono coinvolti nella soluzione dei vari problemi che poneva l'esplorazione dei fenomeni che producono il suono (vibrazioni di corde, verghe, piastre, membrane, tubi, ecc.) e le ricerche delle tecniche (e strumenti) per analizzarlo.

Nella collezione si possono individuare i consueti strumenti didattici con cui venivano dimostrati i più significativi fenomeni acustici ed eseguite le classiche esperienze che si trovano descritte nei trattati di fisica (→158).

Lo studio matematico dei modi caratteristici di vibrazione di un corpo è un problema piuttosto complicato. Basti pensare che matematici del calibro di D'Alembert, Bernoulli, Eulero, Lagrange, Cauchy, Poisson, Kirchhoff, Rayleigh si occuparono delle modalità di vibrazione delle lastre metalliche. Ma tale questione fu anche studiata nel 1787 per via sperimentale dal fisico tedesco Ernest Chladni con un sistema davvero geniale (→163).

Tra i dispositivi ideati per determinare la frequenza di un suono incognito vi furono le sirene: nel Museo se ne possono vedere due tipi diversi (→147).

Vari dispositivi acustici sfruttano per funzionare il fenomeno della risonanza. Tra di essi si cita, per efficacia didattica, lo strumento ideato da Félix Savart (→149).

N° 147 Sirena di Cognard de la Tour

1844 - 1845

41 x 22 x 51 cm, Vetrina H

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

La sirena era un apparato che serviva per determinare il numero di vibrazioni di un corpo sonoro in un dato tempo ovvero l'altezza del suono (frequenza o, se si vuole, la nota più vicina). Lo strumento venne inventato nel 1820 da Charles Cognard de La Tour (1777-1859) e poi modificato, mentre il nome sirena trae la sua origine dal fatto che questi dispositivi erano in grado di emettere suoni anche sott'acqua e quindi soffiando acqua, oltre che l'aria atmosferica. Tuttavia in questo caso il funzionamento è ad aria.

Quando il suono prodotto dalla sirena era ritenuto a orecchio identico a quello da misurare, si metteva in rotazione un conta giri a due quadranti. Dopodiché uno specifico conto permetteva di risalire alla frequenza del suono emesso dalla sirena.

N° 149 Timbro di Savart con risuonatore

1844 - 1845

46 x 26 x 27 cm, Vetrina H

Ottone, legno, cartone

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento, ideato da Félix Savart (1791-1841) negli anni '30 del XIX secolo, aveva il compito di evidenziare come la presenza di una cassa di risonanza (tubo cilindrico) di dimensioni opportune accrescesse l'intensità del suono prodotto dalla coppa d'ottone. Il principio di funzionamento si basa sull'effetto della risonanza, cioè sul fatto che l'aria all'interno del tubo cilindrico si mette a vibrare all'unisono con la coppa d'ottone il cui bordo viene sfregato per mezzo di un archetto. Ciò che si otteneva era dunque un suono più intenso di quello che si sarebbe udito in assenza del cilindro di cartone o con lo stesso ruotato da una parte.

Il cilindro può essere avvicinato o allontanato dalla coppa d'ottone (variante allo strumento di Savart introdotta da Marloye) e inoltre la sua lunghezza può essere modificata allo scopo di portare il dispositivo entro le condizioni perché si verifichi la risonanza. Infatti la lunghezza del tubo è determinante ai fini della risonanza.

N° 163 Apparecchio di Chladni

1844 - 1845

92,5 x 19 x 33 cm, Vetrina J

Ottone, legno

Integro, Funzionante, Completo

Lo strumento permetteva di ottenere immagini dei modi di vibrare di lastre metalliche di forma e spessori diversi sfruttando il metodo delle "figure sonore" o "figure di polvere" inventato nel 1787 dal fisico tedesco Ernest Chladni (1756-1827).

Da un punto di vista teorico il problema delle vibrazioni trasversali delle lastre è matematicamente piuttosto complesso. Chladni si mosse invece per via empirica e il

suo metodo era davvero geniale nella sua estrema semplicità. Depositando della sabbia su una lamina e mettendola in vibrazione con un archetto, i vari granelli saltellavano in corrispondenza dei ventri (parti vibranti) e andavano a raccogliersi lungo le linee nodali (zone che non vibravano). Si ottenevano così delle figure a simmetria particolare dette di Chladni. Egli verificò che a uguali figure corrispondevano uguali suoni, ma che il contrario non era vero.

OTTICA

Si il Prisma nelle mani sagaci del Newton fece scuoprire, che la Luce è composta di raggj dotati di diversa rifrangibilità; e che, secondo il vario grado di questa loro rifrangibilità, eccitano essi nell'organo della vista la sensazione di sette colori diversi: il Prisma nelle mani dei valorosi Fisici Wollaston, Ritter, e Bockman fece conoscere, che, oltre a' raggj luminosi, ossia colorifici, è la Luce composta di altri raggj non visibili, più rifrangibili de' primi, l'azione de' quali rendesi manifesta negli ossidi metallici, che ne restano disossigenati: ed il Prisma stesso maneggiato dall'immortale Herschell [...] fece pure conoscere, che, oltre a' raggj disossigenanti, ve ne hanno pure degli altri egualmente invisibili, ma meno rifrangibili de' luminosi medesimi, i quali altro effetto non producono, fuorché il solo calore.

A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. VII, pag. 209.

Lo studio del meccanismo della visione, del comportamento della luce e la formazione delle immagini ha origini antiche. Partendo dal mondo greco è possibile seguire un percorso affascinante nella storia di questa disciplina. Nei trattati di fisica una parte significativa di pagine, se non addirittura un intero volume, è dedicato all'ottica. In questi libri alla descrizione dei numerosissimi fenomeni si aggiungono le note sui dispositivi con i quali essi si possono studiare, evidenziare e dimostrare. Dunque oltre alla meccanica, alla termodinamica e all'elettromagnetismo, nella fisica di metà Ottocento c'è un altro ramo di tutto rispetto da aggiungere: l'ottica.

Nel Museo la presenza di vetrine dedicate all'elettromagnetismo e di altre con strumenti di ottica appare ovvia conseguenza della più che evidente separazione tra questi rami della fisica. Del resto è decisamente difficile trovare in un prisma e in un rocchetto d'induzione un qualcosa che li accomuni. Ma una precisazione è d'obbligo, perché le cose dal punto di vista della teoria non stanno proprio così.

Verso il 1860 l'elettrodinamica appariva come un corposo ramo della fisica ormai definitivamente esplorato e dai confini ben delineati. Rimanevano insomma per la ricerca la deduzione di tutte le conseguenze nascoste nei principi fondamentali e la loro utilizzazione pratica.

Tuttavia questo quadro dell'elettromagnetismo subì un profondo mutamento per i lavori del fisico scozzese James Clerk Maxwell (1831-1879), che facevano intravedere ben più vasti orizzonti per l'elettrodinamica. Oltre a una mirabile sintesi dei fenomeni elettrici e magnetici, nelle equazioni di Clerk Maxwell (1864) c'era qualcosa in più: esse prevedevano la possibilità di una propagazione ondulatoria di un campo magnetico e di uno elettrico intimamente connessi l'un l'altro, cioè la propagazione di un'onda elettromagnetica. Non solo, ma le stesse equazioni consentivano di calcolare la velocità di propagazione di tale radiazione nel vuoto: circa 300000 km/s, il valore della velocità della luce! La luce è dunque un'onda elettromagnetica e l'ottica entrò così a far parte dell'elettromagnetismo.

Ma allora perché scegliere nell'allestire il Museo di mantenere l'ottica a parte? Semplicemente per seguire l'organizzazione didattica della fisica che "suggerisce" di separare ciò che in realtà è un tutt'uno.

Strumenti esposti

155	Fotometro di Wheatstone	1855 - 1856
160	Modelli per i difetti della vista	1839 - 1840
167	Vecchio prisma su piede di legno	Antecedente 1818 (II ½ XVIII sec.)
168	Poliprisma su piede	1839 - 1840
169	Vecchia lente su piede di legno	Antecedente 1818
170	Lente biconvessa	1839 - 1840
173	Lente divergente	1845 - 1846
175	Specchio cilindrico per anamorfofi	1828 - 1829
178	Modello dei raggi luminosi nel telescopio	1839 - 1840
179	Modello dei raggi luminosi nella lente	1839 - 1840
186	Camera chiara di Wollaston	Antecedente 1818
187	Camera chiara di Amici	1848 - 1849
188	Stereoscopio a lenti mobili	1868 - 1874
189	Stereoscopio semplice	1853 - 1854
190	Eliostato di Silbermann	1844 - 1845
194	Spettroscopio di Bunsen	1861 - 1862
195	Polariscopio di Biot	1842 - 1843
197	Polariscopio di Savart	1842 - 1843
198	Apparecchio per gli anelli di Newton	1845 - 1846
200	Polariscopio di Nörrenberg	1847 - 1848
201	Goniometro di Babinet	1844 - 1845
202	Polariscopio di Babinet	1842 - 1843
204	Pinzette con tormalina	1859 - 1860
205	Telaio con tubi fosforescenti (fosforoscopio)	1864 - 1865
206	Scatola di cristalli	1868 - 1874
207	Pezzi in vetro di uranio	1861 - 1862
211	Banco di diffrazione col suo corredo	1847 - 1848
212	Tavola con spettro solare	1861 - 1862
213	Grande camera oscura in palissandro	1868 - 1874
294	Prisma a lenti per le strie	1846
336	Lampada a luce di magnesio	1868 - 1874
345	Gran cannocchiale con sostegno	1851
387	Prisma per l'acromatismo	1839 - 1840
388	Prisma a cinque compartimenti	1845 - 1846
389	Prisma ad angolo variabile	1845 - 1846
421	Caleidoscopio	novembre 1876
427	Radiometro di Crookes	febbraio 1877
451	Prisma a visione diretta (di Amici)	febbraio 1879
469	Apparato di Melloni completo	maggio 1880
475	Sferometro	novembre 1880
476	Martello sonante	novembre 1880
480	Doboscopio	aprile 1881
500	Praxinoscopio	marzo 1883
503	Raccolta di vedute cristallografiche	marzo 1883
666	Disco di Newton con roteggio	5 aprile 1899
846	Apparecchio sul funzionamento degli occhiali	26 maggio 1925

E' merito dello Zantedeschi se tra gli strumenti dell'intera collezione si trovano i più significativi dispositivi di ottica. Quasi la metà degli oggetti

esposti in Museo appartenenti a questo ramo della fisica è stata acquistata nel periodo di insegnamento di questo docente presso il S. Caterina. Non si tratta solamente di strumenti didattici (→160, 168, 211), ma tra essi vi sono anche oggetti per la ricerca e misura sperimentale (→190, 200, 201, 294). Si riconoscono le firme di costruttori di pregio (quali il milanese Dell'Acqua e il francese Soleil). Con questi dispositivi il gabinetto di fisica migliorò decisamente le sue potenzialità didattiche e nello stesso tempo raggiunse un grado d'aggiornamento degno di nota. Ad esempio, nel 1839 il fisico francese Jacques Babinet (1794-1872) inventò un goniometro a riflessione (→201) per misure sperimentali, che lo Zantedeschi acquistò dall'*atelier* Soleil nell'anno scolastico 1844/45. Questi dispositivi furono resi possibili dai progressi fatti nel campo della meccanica di precisione.

Così come nel passato, la più potente sorgente luminosa restò per tutto l'800 il sole, che però presenta un moto apparente sulla volta celeste. In altre parole, il raggio di luce solare si sposta continuamente col passare del tempo. Ciò fu risolto con uno stratagemma, l'eliostato. Un simile dispositivo fu introdotto a partire dalla fine del '700. Di particolare interesse è l'acquisto di un modello di eliostato Silbermann (→190), ideato nel 1843 e messo in commercio dal fabbricante di strumenti ottici Jean-Baptiste Soleil. Pochissimo tempo dopo (1844/45) lo Zantedeschi ne ebbe tra le mani un esemplare, non solo da utilizzare a scopo didattico per far funzionare gli strumenti che necessitavano della luce del sole (→167, 168), ma soprattutto per essere in grado di condurre ricerche sullo spettro solare. Infatti, dopo essersi fatto costruire, sempre dalla ditta Soleil, un particolare strumento con prisma (→294), egli nel 1846 poté dedicarsi a tali investigazioni (→Scheda N° 294).

Per lo Zantedeschi l'utilizzo di strumenti in laboratorio per illustrare i principi della fisica era fondamentale. Per questo le macchine più significative sono descritte nel Trattato in aggiunta alla trattazione storica degli argomenti e agli sviluppi della materia, con particolare attenzione alle recenti teorie e gli ultimissimi risultati sperimentali ottenuti dai colleghi, cui far seguire ovviamente anche le proprie ricerche. Dunque tutti questi acquisti, unitamente a molti altri strumenti già presenti nel laboratorio di fisica, sarebbero stati sicuramente inseriti nel tomo del Trattato dedicato all'ottica, ma lo Zantedeschi non diede mai alle stampe questo volume¹.

Zantedeschi si occupò anche di fotografia, nel caso specifico di dagherrotipia, che negli Anni Quaranta del XIX secolo era in pieno fermento. Il professore non perse tempo nel cercare di dotare il gabinetto di fisica di una macchina per dagherrotipi. Nonostante il rifiuto all'acquisto avuto nel 1840², alla fine lo Zantedeschi l'ebbe vinta (→177). Questo strumento è

¹ Per un approfondimento si rimanda a P. BONA VOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 127-136.

² Cfr <http://www.brera.unimi.it/SISFA/atti/1999/Tinazzi.pdf>. M. TINAZZI, The contribution of Francesco Zantedeschi at the development of the experimental

stato oggetto di ricerca da parte di due studiosi specializzati in storia della fotografia.

L'Ottocento è un secolo particolarmente fecondo per lo sviluppo dell'ottica, sia dal punto di vista teorico che strumentale. E' vero che fenomeni caratteristici delle onde, quali la riflessione, rifrazione, doppia rifrazione, diffrazione, figure d'interferenza, erano già conosciuti, ma l'interpretazione teorica aveva parecchi punti poco soddisfacenti e addirittura oscuri.

A cavallo tra XVIII e XIX secolo gli strumenti che si trovavano nei laboratori e nei gabinetti scientifici erano ancora piuttosto rudimentali: si trattava di lenti, prismi (→167), specchi (→169), schermi, qualche porta-luce (solare) a specchio, magari sofisticati nell'aspetto, ma rudimentali dal punto di vista ottico. E' questo il caso dei microscopi composti. Se con l'introduzione del cosiddetto doppietto acromatico, introdotto da John Dollond (1706-1761) a partire dal 1758 per i telescopi di sua fabbricazione, si trovò un sistema per superare l'aberrazione cromatica delle lenti, per quanto riguarda i microscopi del '700 le modifiche innovative furono sostanzialmente di tipo meccanico, poiché le capacità ottiche non fecero grossi passi in avanti, sempre a causa delle aberrazioni.

Il vetro per uso ottico di buona qualità, cioè omogeneo, senza bolle e/o striature era di difficile ottenimento. Spesso si ricavano le lenti dalle porzioni meglio riuscite di una fusione, ma i vari difetti (→169) erano un grosso problema, soprattutto per le lenti di grandi dimensioni. Particolarmente difficile era ottenere vetro ottico tipo flint (ricco di sali di piombo, molto dispersivo), vetro richiesto per la realizzazione dei doppietti acromatici. Joseph von Fraunhofer (17887-1826) diede importanti contributi tecnici e i suoi vetri furono ambiti in tutta Europa.

Non fu dunque un caso se Fraunhofer poté classificare con maggiore precisione le righe nere presenti nello spettro della luce (→212), i cui studi successivi (→294) avrebbero aperto la strada a una nuova disciplina della fisica: la spettroscopia (→194). Essa consentì importanti indagini sulla materia, compresa quella delle stelle (→451), con ricadute importanti su altre scienze. In seguito gli spettroscopi a prismi di vetro vennero sostituiti da quelli a reticolo di diffrazione, più potenti.

Al problema della fabbricazione del vetro ottico si aggiungeva quello della lavorazione del vetro grezzo per produrre una lente di opportuna curvatura. Le tecniche ottocentesche non si scostavano di molto da quelle usate nel passato. Il lavoro era lungo, tedioso e difficile, ma per quasi tutto il XIX secolo rimaneva il sistema migliore per ottenere le lenti. E si consideri che per i telescopi le lenti erano ormai di diverse decine di centimetri.

Nei primi decenni dell'800 si eliminò l'aberrazione cromatica, come fatto in precedenza nei telescopi, e quella sferica e il microscopio divenne via via

più complesso ed efficace con differenziazione dei modelli in funzione del campo di ricerca. Di pari passo migliorò la tecnica di realizzazione dei preparati microscopici.

Fu nel primo quarto del XIX secolo che si ebbero scoperte importantissime che diedero poi materiale d'indagine per tutto il secolo. Fenomeni già conosciuti (frange d'interferenza e la diffrazione) vennero studiati e analizzati a fondo³, con l'ottenimento di importanti prove a favore della natura ondulatoria della luce. Anche le radiazioni invisibili furono oggetto di studio. In questo contesto si ricordano i lavori pionieristici di Macedonio Melloni (1798-1854) sul "calorico raggiante" (componente infrarossa dello spettro della radiazione elettromagnetica). E dagli strumenti di ricerca derivarono poi quelli dimostrativi (→211, 469). Altro fenomeno ottico studiato e compreso nel XIX secolo fu la polarizzazione della luce, con la nascita di nuovi strumenti di analisi: i polariscopi (→200).

Nel Settecento si fece strada il concetto di intensità luminosa e si cominciarono a studiare i dispositivi in grado di aiutare l'occhio a percepirla le variazioni. Pierre Bouguer (1698-1758) studiò la perdita di intensità della luce per riflessione (fenomeno già notato da Guericke e Newton). Nel 1760 fu coniato il neologismo destinato a descrivere una particolare disciplina dell'ottica, la fotometria. Essa divenne estremamente importante nell'800, vista l'introduzione dei nuovi sistemi di illuminazione, al fine di paragonare sorgenti di luce diverse e valutarne l'efficacia. Al sole infatti si aggiunsero nei laboratori nuove sorgenti quali il gas, le lampade ad olio, le lampade al magnesio (usate soprattutto per la fotografia) e quelle ad arco elettrico.

Sempre nell'800 si studiò la fosforescenza, già conosciuta nel XVII secolo (fosfori di Bologna). Nei laboratori e nelle collezioni ottocentesche si trovano campioni di sostanze dotate di queste caratteristiche. E anche in ambito di fluorescenza si realizzarono vetri all'uranio, che oltre che nei laboratori per lo studio del fenomeno o da impiegarsi nei tubi a vuoto (→330), vennero addirittura usati per la produzione di bizzarri candelieri e bicchieri.

Per quanto riguarda le applicazioni ludiche della luce e del meccanismo della visione, nella collezione non mancano certo i giochi scientifici. Si ricorda che dal '600 i giochi ottici sono sempre stati (si pensi alle anamorfosi) oggetto di passione e meraviglia sia per i curiosi che per i dilettanti scientifici. Nell'800 questi giochi non persero certo di popolarità. Si pensi ad esempio al caso dello stereoscopio che, nato in laboratorio, ebbe un notevolissimo successo nel pubblico; e lo stesso dicasi per il caleidoscopio. E se è noto che il cinema nacque alla fine del XIX secolo (per la precisione la prima presentazione della macchina *cinématographe* fu effettuata nel 1895), tuttavia già agli inizi dell'800 erano stati ideati dei

³ Impossibile non ricordare gli scienziati Thomas Young (1773-1829) e Augustin-Jean Fresnel (1788-1827).

dispositivi che ne anticipavano il principio: per esempio il taumatropio, lo zootropio, il prassinoscopio (→500) e il fenachistiscopio da proiezione.

Un certo numero di dispositivi di ottica esposti nel Museo è ancora funzionante e utilizzabile, ovviamente con le dovute cautele, per qualche dimostrazione in sala, per meglio fissare le idee e per integrare i percorsi didattici, semplici o maggiormente articolati, che possono essere seguiti nel campo dell'ottica e delle sue applicazioni. Non tutto si può evidentemente eseguire in pochi minuti! Si sta dunque facendo riferimento ai dispositivi più semplici, che possono essere fatti funzionare nel limitato spazio della sala espositiva senza onerose preparazioni e con sorgenti luminose di facile impiego e gestione. Ecco alcuni esempi.

Come fatto da Newton nel 1666, con un semplice prisma di vetro (→167) si può osservare che la luce si scompone in un'infinità di colori digradanti l'uno nell'altro che nel loro insieme formano su uno schermo una piccola porzione di arcobaleno: è lo spettro della luce, che si produce per il fenomeno della dispersione. La luce dunque è percepita come bianca solo perché tutti questi colori arrivano contemporaneamente sulla retina. Ciò si può facilmente provare usando un disco particolare, formato da un certo numero di settori di estensione e colori opportuni (→666).

La dispersione della luce attraverso un prisma può essere approfondita osservando da un lato la dipendenza del fenomeno dal mezzo (→168) e dall'altro che lo spettro si forma presentando una certa spostamento (angolo di deviazione) rispetto alla direzione di arrivo della luce della sorgente sul prisma. Con sistemi particolari, formati da più prismi di vetri diversi posti uno dietro all'altro, si può avere dispersione senza deviazione (→451), cosa di notevole interesse pratico in ambito astronomico per lo studio degli spettri stellari.

Come approfondimento del meccanismo della visione, un faro alogeno e un paio di lenti di vetro, una convergente e l'altra divergente, sono più che sufficienti per mostrare in pochi minuti il loro modo di operare nel rifrangere la luce e le immagini che esse producono degli oggetti. Osservando poi che il cristallino è una lente convergente, si può capire tramite dei modelli (→160) come si formi l'immagine sulla retina, in che cosa consistano i più comuni difetti della vista e come correggerli con le lenti degli occhiali (→846). Quanto al fenomeno della persistenza dell'immagine retinica, due strumenti possono facilmente agevolarne la comprensione (→500, 666).

N° 160 Modelli per i difetti della vista

1839 - 1840

Francesco Cobres

38 x 7,5 x 11,5 cm, Vetrina I

Ottone, legno, vetro, filo colorato

Integro, Funzionante (* R), Completo

Pur nella sua semplicità questo strumento in tre pezzi si nota per semplicità ed efficacia didattica. L'occhio è realizzato schematicamente (modello) con una sfera di vetro, mentre con fili colorati (sostituiti agli originali, spezzati) veniva mostrato il percorso seguito dai raggi luminosi al suo interno e in che modo si forma l'immagine sulla retina in assenza di difetti visivi (occhio normale) e in loro presenza. In questo secondo caso l'immagine si forma davanti (occhio miope) o oltre la retina (occhio presbite). Un paio d'occhiali con lenti opportune è in genere in grado di correggere questi difetti visivi (→846).

N° 167 Vecchio prisma su piede di legno

Antecedente 1818 (II ½ XVIII sec.)

Biagio Burlini (1709-1771)

21 x 14 x 26 cm, Vetrina H

Ottone, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante (* R), Completo

Lo strumento, raffigurato nella tavola VI (fig. 109) del VII volume del Trattato del Traversi, consentiva di riprodurre il celeberrimo esperimento condotto nel 1666 da Isaac Newton (1642-1727) sulla scomposizione della luce solare nelle sue componenti cromatiche. Tale fenomeno fisico è noto con il nome di *dispersione della luce*→. La figura colorata che si ottiene oltre il prisma è chiamata spettro della luce (→212).

Lo studio dello spettro della luce solare, portò all'individuazione in esso di righe nere caratteristiche (→294) e alla messa a punto di un metodo di riconoscimento degli elementi chimici (→194).

N° 168 Poliprisma su piede

1839 - 1840

20,5 x 10,5 x 30,5 cm, Vetrina H

Ottone, vetro

Integro, Funzionante(*),Completo

Lo strumento aveva il compito di mostrare l'influenza del mezzo sulle diverse deviazioni subite da un raggio luminoso incidente sulla superficie di un prisma formato da tre vetri differenti (poliprisma). Il risultato visivo, conseguenza della *dispersione della luce*→, era la formazione di tre spettri posizionati ad altezze differenti sullo schermo di raccolta. Infatti ogni colore (lunghezza d'onda) costituente la luce bianca viene deviato da un prisma in modo differente rispetto agli altri colori e per di più, cambiando la natura del vetro tra un prisma e l'altro, questa deviazione risulta diversa anche tra due identici colori.

N° 169 Vecchia lente su piede di legno

Antecedente 1818

32 x 18 x 49 cm, Vetrina J

Ferro, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Oltre a essere una lente biconvessa convergente (di cattiva qualità) questo strumento era soprattutto uno specchio dalla superficie sferica convessa. In effetti è così che viene descritto nel Trattato del Traversi, in cui è rappresentato nella tavola X (fig. 181) del VII volume (il sostegno è stato modificato).

La levigatezza della superficie di vetro di una lente rende il materiale in grado di riflettere una piccola porzione della luce incidente. Ma il colore del vetro esalta questo aspetto e quindi si vede bene l'effetto specchio accanto a quello tipico (*rifrazione*→) della lente convergente. L'immagine data da uno specchio di questo tipo è sempre virtuale, diritta e più piccola dell'oggetto.

Interessante è l'origine delle striature nel vetro della lente. All'epoca una lente di buona qualità si ricavava per esempio dalla massa di vetro solidificata che si otteneva come scarto alla fine del periodo d'utilizzo di un forno per la produzione del vetro (l'isola di Murano era ovviamente una miniera per questo tipo di vetri). Una massa vetrosa, quando sufficientemente calda (e quindi con bassa viscosità) è animata da moti convettivi che la rimescolano, i quali cessano con l'aumento della viscosità conseguente al raffreddamento. Il risultato di tutto ciò è che nella lente sono rimasti solidificati come discontinuità i moti convettivi che animavano la porzione della massa vetrosa dalla quale essa è stata ricavata. Ciò è chiaramente un difetto.

N° 190 Eliostato di Silbermann

1844 - 1845

Jean-Baptiste Soleil

24 x 23 x 36 cm, Vetrina I

Ottone, ferro, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo

Lo strumento, firmato "J. T Silbermann invt. Soleil fecit à Paris N° 26", manteneva costante la direzione di un fascio di luce solare per l'effettuazione di esperienze di ottica indipendentemente dallo spostamento del sole sulla volta celeste a causa del moto di rotazione della terra. Il sole veniva insomma apparentemente "fermato" in cielo (questo è infatti l'etimo greco della parola eliostato).

Nota con precisione la latitudine del luogo, la scatola cilindrica d'ottone veniva opportunamente inclinata, bloccata tramite una vite a pressione e orientata allo scopo di far coincidere l'asse dell'orologio (tubo di ottone che sorregge lo specchio) con l'asse di rotazione terrestre. Un congegno a orologeria, che si caricava con una chiave, provvedeva a far variare l'orientazione dello specchio col passare del tempo. Questo modello di eliostato venne ideato nel 1843 da J. T. Silbermann (1806-1865) e prodotto dal quotato fabbricante di strumenti ottici Jean-Baptiste Soleil (1798-1878). La data di acquisto del dispositivo è una palese testimonianza della velocità con cui all'epoca i docenti del Liceo si tenevano al passo con il progresso scientifico, dotando il gabinetto di fisica dei più moderni strumenti sperimentali.

N° 194 Spettroscopio di Bunsen

1861 - 1862

55 x 34,5 x 25,5 cm, Vetrina H

Ottone, ferro, legno, vetro

Integro, Funzionante (P *), Completo

Tra i vari modelli di spettroscopio questo è del tipo a prisma. Lo strumento sfruttava infatti il fenomeno della *dispersione della luce* → prodotto da un prisma per analizzare le varie componenti cromatiche della luce emessa da una sostanza nelle condizioni di emissione (righe d'emissione).

Poiché gli spettri di ogni elemento sono unici, questa proprietà può essere sfruttata per l'individuazione di nuovi elementi. In altre parole, gli atomi hanno ciascuno delle "impronte digitali" uniche, cioè ogni elemento ha il suo caratteristico "codice a barre", che lo identifica in modo certo e inequivocabile.

Questa evidenza sperimentale fu ottenuta nel 1859 grazie agli studi compiuti dal chimico Robert von Bunsen (1811-1899) e dal fisico Gustav Kirchhoff (1824-1887). Era nato un nuovo campo della fisica, la spettroscopia. Appena due anni dopo il Liceo acquistò uno spettroscopio! Con la tecnica spettroscopica vennero individuati gli elementi rubidio, tallio, cesio ed elio (addirittura quest'ultimo prima nel sole, che sulla terra).

N° 200 Polariscopio di Nörrenberg

1847 - 1848

17 x 17 x 50 cm, Vetrina I

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionamento (?), Incompleto

Lo strumento fu ideato da Johann G. Nörrenberg (1787-1862) nel 1833 per effettuare in un congegno semplice e poco dispendioso varie esperienze sulla *polarizzazione della luce* → e consentire l'analisi di cristalli e lamine cristalline sotto luce polarizzata linearmente. L'ottenimento della luce polarizzata a partire da quella ordinaria si aveva sfruttando il fenomeno della polarizzazione per riflessione, scoperto da Jean-Baptiste Biot (1774-1862) nel 1811, oppure attraverso un *prisma nicol* →, un accessorio dello polariscopio assieme ad altri pezzi. Nelle analisi dei cristalli il prisma nicol fungeva da analizzatore.

N° 201 Goniometro di Babinet

1844 - 1845

Jean-Baptiste Soleil

27 x 14 x 32 cm, Vetrina I

Ottone, ferro, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo

Si trattava di un goniometro a riflessione per la misura degli angoli formati da due facce concorrenti di un solido (un prisma o un cristallo). In ambito di ottica e di mineralogia il dispositivo serviva a misurare gli angoli dei cristalli e alla misurazione dell'indice di rifrazione di un prisma di vetro. Il pezzo è firmato "Soleil à Paris",

mentre il nome è legato a quello del fisico francese Jacques Babinet (1794-1872), che inventò questo strumento nel 1839.

Il collimatore (il tubo d'ottone fisso alla ruota graduata d'ottone) aveva la funzione di far arrivare sulla faccia dell'oggetto da studiare un fascio di luce a raggi paralleli. La lunetta consentiva invece allo sperimentatore di rilevare il raggio riflesso (o quello trasmesso per la misura dell'indice di rifrazione). Dalla lettura della rotazione angolare della lunetta, si effettuavano le misure degli angoli d'interesse del cristallo o dell'indice di rifrazione, rese precise grazie alla presenza di un nonio (→19).

N° 211 Banco di diffrazione col suo corredo

1847 - 1848

111 x 24 x 45 cm, Vetrina I

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo

Lo strumento, dotato di un ricchissimo corredo di 23 pezzi (di cui 20 ospitati nella scatola in legno e gli altri 3 montati sui supporti scorrevoli in ottone), si usava per l'esecuzione dimostrativa di esperienze d'*interferenza*→ e di *diffrazione*→ della luce, legate a esperimenti cruciali nello studio della natura ondulatoria della luce, teoria formulata dal fisico Cristiaan Huygens (1629-1695) in contrapposizione alla teoria corpuscolare di Isaac Newton (1645-1727).

Operando con luce bianca o con luce monocromatica rossa (interponendo tra sorgente luminosa e il banco una lastra di vetro colorata), si potevano osservare la diffrazione subita da un raggio di luce che esce da un foro circolare di diametro via via sempre inferiore, le frange d'interferenza (tipo "codice a barre") prodotte da fenditure, la diffrazione prodotta da un disco opaco con la produzione del cosiddetto "punto luminoso di Poisson", un'importante evidenza sperimentale a conferma della natura ondulatoria della radiazione luminosa.

Inoltre il dispositivo consentiva l'osservazione su un opportuno schermo delle cosiddette frange d'interferenza osservate nel 1801 Thomas Young (1773-1829) in un celeberrimo esperimento a conferma della natura ondulatoria della luce. I pezzi del corredo necessari per realizzare questo esperimento si trovano montati sui supporti del banco di diffrazione.

N° 212 Tavola con spettro solare

1861 - 1862

Lemercier

109 x 4 x 43 cm; In sala

Legno, vetro, carta

Danneggiato, Funzionante, Completo

Negli anni '60 del XIX secolo nacque e si sviluppò un nuovo ramo della fisica, la spettroscopia (→194), grazie ai lavori congiunti del chimico Robert von Bunsen (1811-1899) e del fisico Gustav Kirchhoff (1824-1887). La materia venne studiata attraverso la luce che essa emette o assorbe. Un elemento, l'elio fu addirittura individuato (1868) in un corpo extraterrestre (il sole) prima che sul nostro pianeta (1882): sono i progressi della scienza!

I trattati e i laboratori di fisica si arricchiscono di rappresentazioni degli spettri di emissione e di assorbimento delle sostanze, ovviamente sia per ricerca che, nei libri divulgativi, allo scopo di mostrare come essi si presentino per certi elementi. Tra le varie rappresentazioni, piuttosto costose, spesso figura anche lo spettro di assorbimento solare, come quello raffigurato nel quadro.

Questa tavola, acquistata lo stesso anno dello spettroscopio a prisma N° 194, riporta la posizione delle cosiddette righe di Fraunhofer per una porzione dello spettro solare superiore al semplice campo del visibile. Infatti lo spettro presenta, accanto ai classici colori dell'arcobaleno per la raffigurazione della parte corrispondente al visibile, anche i falsi colori rosa-nero per la porzione ultravioletta e infrarossa dello spettro, che sono invisibili ai nostri occhi.

N° 294 Prisma a lenti per le strie

1846

Jean-Baptiste Soleil

16 x 15 x 16 cm, Vetrina I

Ottone, vetro

Danneggiato, Funzionante (P *), Completo

Lo strumento, firmato "Soleil à Paris", era un apparecchio costruito su commissione a scopo di ricerca sperimentale. E' descritto nella Tavola I (Fig. 3) delle saggi Ricerche fisico-chimico-fisiologiche sulla Luce (1846) del prof. Zantedeschi che lo impiegò per effettuare degli esperimenti (→ Scheda N° 294). Esso aveva lo scopo di produrre la *dispersione della luce* → tramite il prisma di cui è dotato e consentire l'osservazione delle cosiddette righe di Fraunhofer (→ 212).

Le righe nere presenti nello spettro solare furono scoperte nel 1801 da William Wollaston (1766-1828) e catalogate con grande precisione nel 1814 da Joseph von Fraunhofer (1787-1826). Si osserva che queste righe nere sono dovute a fenomeni di assorbimento (sottrazione di lunghezze d'onda, cioè "colori") da parte degli elettroni degli elementi presenti nella nostra stella. Così la radiazione elettromagnetica solare che giunge a noi risulta depauperata di un certo numero di lunghezze d'onda, al cui posto si manifestano delle righe nere.

N° 451 Prisma a visione diretta (di Amici)

Febbraio 1879

12 x 11 x 35 cm, Vetrina I

Ottone, vetro, sughero

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento è in grado di produrre lo spettro della luce (→ 167) in modo che esso possa essere raccolto su uno schermo nella stessa direzione di provenienza dei raggi luminosi (visione diretta) sfruttando il cosiddetto sistema o prisma di Amici, ideato tra il 1857 e il 1860 da Giovanni Battista Amici (1786-1863) per consentirgli una più agevole osservazione degli spettri delle stelle. Il prisma di Amici dello strumento è formato da tre prismi di vetro Crown e due di vetro Flint disposti alternativamente uno dietro l'altro. La luce subisce *dispersione* → ma emerge dal prisma composto con angolo di deviazione complessivo nullo (ovvero la direzione media dei colori dello spettro è la stessa di quella del raggio luminoso incidente sullo strumento).

N° 469 Apparato di Melloni completo

Maggio 1880

104 x 20 x 44 cm, Vetrina H

Ottone, ferro, legno, vetro

Integro, Funzionamento (?), Completo (?)

Si trattava di uno strumento didattico che riproduce quello sperimentale ideato e sviluppato dal fisico italiano Macedonio Melloni (1798-1854) per lo studio della radiazione infrarossa o radiazione termica. In alcuni esemplari si arrivava a un corredo di addirittura 50 pezzi.

Melloni si occupò di questa materia prima in collaborazione con Leopoldo Nobili (1784-1835) e poi da solo negli anni Trenta dell'800, diventandone un vero pioniere. Grazie ai suoi studi egli riuscì a dimostrare con vari esperimenti qui riproducibili la completa analogia tra luce e calore raggianti (riflessione, *rifrazione*→, *dispersione*→, ecc.) e soprattutto a fare chiarezza tra le numerose idee nate nei primi decenni del XIX secolo per interpretare alcune analogie tra luce e “calorico raggianti” già osservate prima delle sperimentazioni condotte da questo scienziato. Lo strumento, notevole per l'estetica oltre che per l'importanza scientifica, è formato da tanti componenti ciascuno con una particolare funzione. Al cono in ottone, il cosiddetto termomoltiplicatore (una termopila costituita da un certo numero di termocoppie, invenzione nel 1829 di Leopoldo Nobili), andava accoppiato un sensibile galvanometro (→293) per misurare indirettamente l'entità dell'irraggiamento termico che colpiva il rilevatore attraverso la misurazione dell'intensità della corrente prodotta. La sorgente di radiazione infrarossa era, ad esempio, ma non solo, il cubo d'ottone, detto cubo di Leslie (al cui interno si faceva bollire dell'acqua). Esso andava posto sopra il componente cilindrico a pareti annerite che ospitava all'interno una lampada ad alcol.

N° 500 Praxinoscopio

Marzo 1883

ø 22 x 21 cm, Vetrina I

Ottone, ferro, latta, carta

Danneggiato, Funzionante (*), Incompleto

Il passinoscopio o praxinoscopio (dal francese paxinoscope) era uno strumento ludico brevettato nel 1877 dal francese Charles-Emile Reynaud (1844-1918) e basato sul fenomeno della *persistenza dell'immagine retinica*→. Il nome è parola composta di due lemmi greci e letteralmente significa “osservo (scopio) l'azione (prâxis)”. Questo dispositivo può essere considerato il prototipo abbastanza rudimentale dei moderni apparecchi cinematografici e quindi ha una notevole importanza in relazione alla storia dello sviluppo della tecnica cinematografica. Lo strumento è firmato “Le Praxinoscope Breveté S.G.D.G. en France et à l'étranger et déposé”.

Una volta posizionata una delle strisce di carta con i disegni da visionare (diciamo la “pellicola”) aderente alla parete interna del cilindro, si metteva in rotazione lo stesso. Ciascuna immagine veniva riflessa dallo specchio che le stava esattamente di fronte. In questo modo ogni disegno veniva visto dagli occhi dell'osservatore. L'effetto di movimento era invece prodotto, come detto, dalla persistenza

dell'immagine a livello della retina, a patto che la rotazione del sistema fosse sufficientemente veloce. Per l'uso notturno dello strumento, era previsto l'utilizzo di una candela (da inserirsi nell'apposito portacandele e con tanto di paralume). Il portacandele era fissato sopra lo specchio poliedrico in corrispondenza dell'asse di rotazione dell'intero sistema.

N° 666 Disco di Newton con roteggio

5 aprile 1899

35,5 x 20 x 40 cm, Vetrina H

Ottone, ferro, legno, cartone

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento mostrava che la luce bianca è formata dalla fusione dei colori (lunghezze d'onda) che costituiscono lo spettro della luce (→212), colori che si possono ottenere per *dispersione*→ tramite un prisma (→167). Ciò è quanto aveva dimostrato Isaac Newton (1642-1727) nel 1666 con degli esperimenti sulla scomposizione e sulla ricomposizione della luce solare. Ruotando in modo sufficientemente veloce il disco, esso diventava bianco, pur essendo formato da settori diversamente colorati. Per la *persistenza dell'immagine retinica*→ ogni colore, impressionata la retina, come stimolo vi permaneva anche dopo che il colore era stato sostituito da un altro colore. Il risultato era la fusione di tutti i colori del disco a livello della retina e conseguentemente il cervello interpretava le informazioni ricevute come quelle prodotte dal "colore" somma di tutti quelli sul disco, cioè il bianco. Si richiama alla memoria che il cinema (ma non solo) sfrutta il fenomeno della persistenza dell'immagine retinica (→500).

N° 846 Apparecchio sul funzionamento degli occhiali

26 maggio 1925

ø 13 x 21 cm, Vetrina I

Ottone, ferro, legno, vetro

Integro, Funzionante (*), Completo

Si trattava di uno strumento per spiegare agli studenti il modo di operare degli occhiali per correggere i due più noti difetti della vista, la miopia e la presbiopia (→160). Gli occhiali fanno sì che, usando delle lenti, l'immagine ritorni a formarsi esattamente sulla retina.

Le lenti presenti sul dispositivo sono una convergente e l'altra divergente. L'oculare, che scorre avanti e indietro per la messa a fuoco, presenta tre tacche con le seguenti lettere M, N e P. Posizionato l'oculare in corrispondenza della tacca N (occhio normale), vi si guardava attraverso tenendo gli occhi a una distanza di circa 10 cm. Si vedeva l'immagine a fuoco di quanto presente oltre il dispositivo.

Facendo poi indietreggiare l'oculare fino alla tacca M (occhio miope), l'immagine appariva sfuocata. Tuttavia, abbassando la lente divergente l'immagine tornava perfettamente a fuoco. La lente divergente corregge dunque la miopia. La stessa situazione si manifestava posizionando l'oculare sulla tacca P (occhio presbite) e poi abbassando invece la lente convergente. Essa pertanto si troverà sugli occhiali delle persone presbiti. Semplice, ma molto efficace.

ELETTROMAGNETISMO

Questo metodo [...] esige che prima di considerare nelle sostanze materiali ossia corporee [...] le proprietà speciali per cui esse distinguonsi in varie classi particolari, si esaminino ben a fondo le proprietà generali, e gli effetti che da esse immediatamente derivano. Questi proprietà generali comuni a qualunque sorta di corpi, e questi effetti che ne sono conseguenze formano il soggetto di quel ramo della Fisica che chiamasi Fisica generale; siccome le prime, ossia le speciali, il soggetto costituiscono di quel ramo che chiamar si suole Fisica particolare. [...] e quando dicesi Fisica generale devesi intendere quella parte della Scienza de'corpi, la quale non solo costituisce il fondamento dell'altra, ma la quale ad un tempo n'è la più esatta e scientifica, come quella le di cui dottrine sono tutte evidentemente stabilite, e provate. In essa in fatti tutto è appoggiato all'evidenza matematica, mentre nella Fisica particolare conviene per lo più limitarsi alla semplice verisimiglianza, e probabilità, giacchè le sue teoriche ben spesso a pure ipotesi s'appoggiano. [...] Nello studio per tanto della Fisica generale si può camminare francamente senza pericolo di aver a ritrocedere, perché nuove scoperte dimostrino di avere sbagliato il sentiero; quando all'opposto nello studio della Fisica particolare le nuove scoperte, succedendosi incessantemente quasi quotidianamente, costringono assai spesso a cangiar parere sopra li già adottati sistemi, ed a stabilirne altri più acconci, ma destinati dessi pure quando che sia a cedere ad altri ancora il poco stabile impero.

A. M. Traversi - Elementi di Fisica Generale - Vol. I, pagg. 10-11.

L'elettromagnetismo è una delle colonne portanti della fisica che abbraccia una vastità di fenomeni e pure l'ottica (essendo la luce un limitato sottoinsieme delle onde elettromagnetiche). Tuttavia qui si è preferito mantenere l'ottica staccata dall'elettromagnetismo.

E' noto che già i Greci osservarono le proprietà magnetiche dei pezzi di una particolare roccia e alcuni fenomeni legati alla forza elettrica dell'ambra (έλεκτρον in greco). Tuttavia, lo sviluppo dell'elettromagnetismo come scienza secondo i criteri che intendiamo oggi è assai recente, anzi recentissima. Al tempo della morte di Isaac Newton (1642-1727) la maggior parte delle scoperte relative all'elettricità e al magnetismo doveva esser ancora fatta.

La fenomenologia dell'elettrostatica e del magnetismo fu infatti esplorata in larga misura nel XVIII secolo. Lo studio dell'elettrodinamica prese vita sul finire del primo quarto dell'800 e non a caso questi argomenti nel Trattato del Traversi non sono affrontati, perché ritenuti appartenenti alla cosiddetta "Fisica particolare". Solo in pieno XIX secolo si giunse a un'importante sintesi teorica dei fenomeni elettromagnetici e allo sviluppo di numerosissime macchine elettriche. Si era insomma veramente entrati nell'era dell'elettricità.

Forse è opportuno richiamare il significato di alcuni termini usati per fare riferimento a particolari settori dell'elettromagnetismo:

- *elettrostatica*: descrive il comportamento delle cariche elettriche in condizioni di quiete (cioè da ferme);

- *magnetismo*: descrive il comportamento dei corpi magnetici. In passato si trovava la parola magnetostatica per indicare la trattazione dei corpi magnetizzati senza considerare le correnti elettriche;

- *elettrodinamica*: descrive il comportamento delle cariche in movimento, i sistemi per generare la corrente elettrica, i fenomeni legati alle correnti elettriche continue e variabili nel tempo, alle loro interazioni reciproche e con vari magneti. In questo ambito di studi nei trattati del XIX secolo rientravano anche gli effetti chimici delle correnti.

Strumenti esposti

215	Ago di inclinazione	1842 - 1843
216	Bussola d'inclinazione	1819 - 1820
217	Bussola di declinazione	1842 - 1843
218	Bussola per le variazioni della declinazione	Antecedente 1818
223	Calamita naturale armata	Antecedente 1818
225	Fascio magnetico a ferro di cavallo	Antecedente 1818
226	Bussola di navigazione di Cannini	Antecedente 1818 (II ½ XVIII)
227	Apparecchio per il ballo elettrico	Antecedente 1818
228	Apparecchio di Biot	1863 - 1864
229	Pistola di Volta in ottone	Antecedente 1818
230	Elettroscopio a pile secche	1827 - 1828
232	Conduttore isolato	1863 - 1864
233	Fiocco elettrico	1868 - 1874
234	Girandola elettrica	1868 - 1870
235	Pistola di Volta in vetro	Antecedente 1818
236	Pendoli elettrici	1868 - 1874
237	Pistola di Volta in ottone	Antecedente 1818
240	Spinterometro di Cobres	1825
245	Apparecchio di Riess	1865 - 1867
247	Dischi d'ottone isolati	1843 - 1844
248	Ovo elettrico	1837 - 1838
250	Scampanio elettrico	1868 - 1874
252	Elettrometro a paglietta	1821 - 1822
256	Elettroscopio condensatore	1819 - 1820
257	Tubo scintillante	Antecedente 1818
258	Punta di elettrometro atmosferico	1838 - 1836
261	Condensatore di Epino	Antecedente 1818
266	Bottiglia di Leida ad armature mobili	1852 - 1853
267	Grande bottiglia di Leida	1868 - 1874
268	Bottiglie di Leida	Antecedente 1818
269	Punte di parafulmine	1868 - 1874
270	Pendolo di Zamboni	1829 - 1830
270a	Moto rotatorio di Zamboni	1826 - 1827
270b	Apparato per la piroelettricità della tormalina	1844 - 1845
272	Vecchie pile a colonna	1819 - 1820
274	Pila a un solo liquido	1839 - 1840
275a	Pila a corona di tazze	1826 - 1827
283	Calamita scintillante	1831 - 1832
288	Bussola dei seni	1868 - 1874
289	Ricettore di telegrafo Morse	1853 - 1854
293	Galvanometro astatico di Nobili	18 ottobre 1833
295	Spirali di Watkins	1838 - 1839

296	Apparecchio di Seebeck	1853 - 1854
297	Spirale su base di legno	1840 - 1841
298	Apparecchio di Oersted	1868 - 1874
300	Apparecchio per l'elettrolisi dei sali	1841 - 1842
305	Apparecchio per il moto di rotazione	1843 - 1844
307	Elettrocalamita su base di legno	1856 - 1857
314	Piccolo rocchetto d'induzione	1868 - 1874
317	Rocchetto di Ruhmkorff	1868 - 1874
320	Reostato di Poggendorff	1868 - 1874
324	Apparecchio di Arago	1842 - 1843
326	Vecchio rocchetto d'induzione	1852
330	Tubi di Geissler	1860 - 1861
331	Macchina magneto-elettrica di Clarke	1839 - 1840
337	Accendilume elettrico	Antecedente 1818
342	Apparecchio di Palmieri	1852 - 1853
349	Macchina elettrica di Holtz	1870 - 1874
396	Macchina elettrica di Ramsden	Antecedente 1818
477	Tubo fosforescente	novembre 1880
492	Elettroforo di ebanite	novembre 1881
514	Bilancia di Coulomb	luglio 1883
537	Macchinetta dinamo-elettrica	gennaio 1885
563	Voltmetro di Bertrand	agosto 1887
589	Bottiglia elettrometrica di Lane	1890
592	Pile Grenet	1892
617	Gabbia di Faraday	1892
638	Macchina "per i disturbi nervosi"	1894
660	Fonografo completo	1898
661	Cilindri incisi per fonografo	1898
843	Conduttore isolato separabile	10 giugno 1924
850	Pendolo di Waltenhofen	22 giugno 1926
859	Tubo a raggi catodici con croce di Malta	18 giugno 1928

Tra gli strumenti della collezione si può individuare tutta una serie di dispositivi ludico-dimostrativi derivanti da quelli ideati intorno o dopo la metà del XVIII secolo e collegati alla figura dell'intrattenitore - divulgatore scientifico o "elettricista" che dir si voglia (→248, 268, 615). Con il lavoro di questi personaggi e nelle pagine di libri mirati (come quello dell'abate Nollet¹) le conoscenze elettriche, ma non solo, uscirono dai laboratori.

Sebbene inventate più tardi (1777) e in un particolare contesto di ricerca scientifica, anche le Pistole di Volta entrarono a far parte della rosa di oggetti che mettevano in luce in modo spettacolare certi aspetti del vasto mondo elettrico. E non mancarono realizzazioni più da collezione che d'uso dimostrativo (→235). A questa speciale categoria di dispositivi appartiene anche la bussola di Cannini (→226).

Grazie allo studio dei fenomeni elettrici nella seconda metà del '700 si conoscevano i corpi isolanti e quelli conduttori, si propendeva (erroneamente) per l'esistenza di due tipi di elettricità (anche se non tutti erano d'accordo), si sapeva che cariche di segno uguale si respingono e che

¹ Si veda la bibliografia collegata agli strumenti.

cariche di segno diverso si attraggono. E si scoprì (1785-86) la legge di attrazione-repulsione (legge di Coulomb) con una particolare bilancia a torsione, che verrà poi riprodotta in diversi esemplari a scopo didattico-dimostrativo (→514). Era ormai possibile dare una descrizione matematica dei fenomeni elettrostatici (e magnetici) lasciandosi guidare dall'idea newtoniana dell'azione a distanza: i grandi fisici e matematici del tempo di Napoleone o dell'epoca immediatamente successiva svilupparono questa idea in forma ancora oggi valida. Veicoli della trasmissione delle conoscenze di base agli allievi furono chiaramente gli strumenti didattici non solo elettrostatici (→228), ma anche i semplici “ferri del mestiere” del magnetismo (→223, 225).

Dispositivi essenziali per le ricerche di laboratorio e le dimostrazioni varie in ambito di elettrostatica furono le macchine elettriche. Otto von Guericke (1602-1686) costruì verso il 1670 la prima macchina per produrre elettricità a globo di zolfo e a sfregamento manuale. Tale macchina elettrica venne via via migliorata: intorno al 1706 Hauksbee sostituì il vetro allo zolfo, Johann Heinrich Winkler (1703-1770) poco dopo il 1741 un cuscino alla mano e poi dai globi si passò ai dischi di vetro.

Verso il 1770, Jesse Ramsden (1735-1800) inventò un modello di macchina elettrica (a sfregamento) che venne largamente usato per circa un secolo (→396), per poi essere sostituito dalle più efficienti macchine elettriche a induzione, come ad esempio quella di Wilhelm Holtz (1836-1913). Grazie ad Alessandro Volta (1745-1827) nel 1775 si ebbe a disposizione una macchina elettrica davvero incredibile per l'epoca: l'elettroforo (→492). Il nuovo dispositivo di ricerca trovò un'interessante applicazione come “motore” per un curioso oggetto, l'Accendilume elettrico (→337), inventato sempre da Volta nel 1777.

L'invenzione (1800) dell'“organo elettrico artificiale” ovvero della pila (→272) fu una vera rivoluzione che proiettò i fisici nell'inesplorato mondo delle correnti. Sfruttando varie pile (→275a), per la prima volta si ebbero a disposizione in laboratorio correnti elettriche continue: la chimica e la fisica ne furono profondamente trasformate in brevissimo tempo.

Gli scienziati indagarono l'azione chimica delle correnti con risultati sorprendenti. Nell'anno 1800 gli inglesi Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815) realizzarono la scomposizione elettrica dell'acqua (elettrolisi). Una volta studiato meglio in termini quantitativi tale fenomeno, si realizzò (1833) anche un dispositivo per la misura dell'intensità di corrente (→563). Humphry Davy (1778-1829) accrebbe il numero di elementi: isolò il sodio e il potassio nel 1807, il magnesio, lo stronzio, il bario e il calcio nel 1808 e il cloro nel 1810.

La pila sostituì assai velocemente anche i sistemi elettrostatici come dispositivo terapeutico. Lo stesso prof. Francesco Zantedeschi sarà chiamato a svolgere come fisico delle sedute su diversi pazienti (→Scheda N°638), narrando qualche episodio comico degli effetti della corrente elettrica sui pazienti, ma soprattutto riportando considerazioni e risultati in un'ampia sezione del suo Trattato.

Negli anni Venti del XIX secolo si ebbe l'esplorazione sistematica delle correnti, con la scoperta di fenomeni² basilari che, sapientemente applicati, diedero vita a nuovi dispositivi sperimentali di misura e ricerca (→281), alcuni dei quali assai innovativi e di notevole sensibilità (→293). Com'è facilmente intuibile da tali studi nacquero tutta una serie di strumenti prima di tutto atti a replicare in laboratorio gli esperimenti e le osservazioni degli scopritori, quindi a consentire le dimostrazioni didattiche di ogni specifico effetto elettrodinamico (→295, 298, 324) e infine gli apparati industriali per le misurazioni di laboratorio (→898).

La scoperta (1831) dell'induzione elettromagnetica generò una vera e propria corsa dei fisici per la riproduzione sperimentale di quanto osservato da Faraday. In un certo senso, si ebbe una nuova esplorazione sistematica degli effetti (chimici, termici, magnetici, elettrodinamici, ecc.) prima indagati con le correnti "idro-elettriche" (cioè delle pile) questa volta impiegando le "nuove" correnti indotte.

Naturalmente i primi dispositivi funzionanti a induzione non tardarono ad essere realizzati (→283), per poi evolversi, con tantissime "varianti su tema", sia per generare la corrente elettrica con maggiore efficienza, sia in macchine sempre più potenti (→326) per riuscire a far funzionare, in ambito elettrostatico, particolari dispositivi a vuoto (→330) che furono essenziali per la scoperta dell'elettrone. Ma le macchine a induzione entrarono anche nel settore delle terapie elettriche: così bastava una semplice manovella per sviluppare la corrente elettrica da dare al paziente (→638).

Oltre a vari strumenti didattici dei quali si è fatto cenno, nella collezione vi sono alcuni dispositivi strettamente collegati all'attività di ricerca che i vari docenti svolgevano all'interno delle mura del "gabinetto filosofico", cioè del laboratorio di fisica. Questi sono appunto gli strumenti utilizzati per l'accrescimento della conoscenza sui fenomeni fisici, ovvero per le indagini sperimentali e per le imprescindibili misurazioni del caso.

In aggiunta a vari modelli di elettrometri, tra i quali si distingue quello a paglietta (→252), e al già citato galvanometro astatico di Nobili (→293), un primo esempio di dispositivi di ricerca è costituito dallo strumento (→240)

² Il fisico danese Hans Christian Oersted (1777-1851) evidenziò per la prima volta nella storia il legame tra correnti elettriche e magnetismo osservando (1819) le deviazioni di un ago magnetizzato causate dalla corrente elettrica. Nel 1820 Johan S. Schweigger (1779-1857) utilizzò il fenomeno per costruire un dispositivo atto a rilevare e a determinare il verso delle correnti in un circuito elettrico. André-Marie Ampère (1775-1836) e Michael Faraday (1791-1867) evidenziarono certe azioni elettrodinamiche (forze) tra fili conduttori percorsi da corrente. Leopoldo Nobili (1784-1835) nel 1825 inventò il galvanometro astatico. In questo stesso anno Jean-François-Dominique Arago (1786-1853) descrisse lo strano comportamento manifestato da un ago magnetizzato posto sopra un disco di rame (è causato dalle cosiddette "correnti parassite") e fu inventata ad opera di William Sturgeon (1783-1850) la prima elettrocalamita.

che nel 1825 l'allora docente di fisica Stefano Marianini si fece costruire dal macchinista Francesco Cobres per effettuare delle "esperienze elettrometriche" sulle pile. Oltre ad essere impiegate come generatori delle preziose correnti elettriche continue, che permisero di effettuare numerosissime scoperte, le pile furono anch'esse oggetto di studio relativamente a prestazioni, efficienza, perdite, difetti, possibili miglioramenti degli stessi, e anche alla ricerca di soluzioni costruttive innovative. In questo contesto nel 1812 Giovanni Zamboni (1776-1846) diede alle stampe una memoria in cui egli descriveva un diverso tipo di pila, frutto di circa dieci anni di ricerche; si trattava di una particolare pila a secco che trovò applicazione in dispositivi singolari: in un nuovo tipo di elettroscopio (→230) per uso sperimentale, in giochi (→270) e addirittura nella costruzione di orologi.

Quindi vi sono gli strumenti superstiti del prof. Zantedeschi. La sua poliedrica attività sperimentale e la particolare attenzione nel curare e accrescere le macchine del gabinetto di fisica durante il decennio di permanenza al S. Caterina furono significative³.

Nel 1843 lo Zantedeschi effettuò con un apposito strumento (→215) appena acquistato misure di inclinazione magnetica in due luoghi diversi del plesso scolastico, riportando i risultati nel suo Trattato. Nel gabinetto di fisica vi erano già sia una bussola di declinazione, sia un apparecchio (→218) per misurare le variazioni della declinazione magnetica.

Zantedeschi si interessò anche di elettrofisiologia, facendosi costruire nel 1843 una copia (→247) del dispositivo utilizzato da Carlo Matteucci (1811-1868) per studiare l'elettricità delle torpedini⁴. Lo studio dell'elettricità animale e in particolare dei pesci elettrici non era certo argomento nuovo e del resto il tema era ancora aperto, anche dopo lo scontro tra Galvani e Volta⁵. A partire dal 1836 Matteucci presentò in diverse sedi europee la sua prima opera di elettrofisiologia, una ricerca sui centri nervosi delle torpedini elettriche.

³ Per approfondire si rimanda a P. BONAVOGLIA - P. MALFI, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini, in 1807-2007. I 200 anni del Foscarini fra storia, scienza e cultura classica*, Venezia, 2007, pp. 127-136.

⁴ Si osserva che gli altri strumenti necessari per effettuare le esperienze, cioè l'elettrometro e il galvanometro astatico di Nobili, erano già presenti nel gabinetto di fisica, grazie agli attenti investimenti dei predecessori alla cattedra di fisica.

⁵ Per un ampio approfondimento delle figure di Volta e Galvani sotto l'aspetto storico e con particolare attenzione agli aspetti fisiologici si suggerisce M. PICCOLINO - M. BRESADOLA, *Rane, torpedini e scintille*, Bollati Boringhieri, Torino, 2003.

N° 215 Ago di inclinazione

1842 - 1843

21,5 x 14 x 33,5 cm, Vetrina M

Ottone, ferro

Danneggiato, Funzionamento (?), Incompleto

Lo strumento era anche noto col nome di bussola d'inclinazione, poiché si utilizzava un ago magnetizzato per misurare il cosiddetto angolo d'*inclinazione magnetica*→. Il dispositivo è raffigurato nella tavola I (fig. 8) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi.

Per effettuare la misurazione dell'inclinazione magnetica locale il dispositivo andava prima opportunamente orientato secondo il meridiano magnetico, quindi si eseguivano più prove, assumendo poi il valor medio. In questo modo si contenevano gli errori di misura di tipo costruttivo.

N° 218 Bussola per le variazioni della declinazione

Antecedente 1818

Paolo Lana (1750-1832)

26,5 x 20,5 x 21,5 cm, Vetrina M

Ottone, ferro, legno

Integro, Funzionamento(?), Completo

La *declinazione magnetica*→ propria di un certo luogo sulla superficie terrestre è soggetta a variazioni di diversa natura. Queste variazioni possono essere messe in evidenza per mezzo di una particolare bussola di declinazione, come questo strumento.

Una volta opportunamente orientato il dispositivo e posizionato l'ago calamitato in corrispondenza dello zero dalla scala graduata ad arco di cerchio, le variazioni di declinazione (positive o negative) si misuravano per mezzo di un piccolo oculare che operava un ingrandimento della scala graduata sottostante.

N° 223 Calamita naturale armata

Antecedente 1818

20 x 8,5 x 19 cm, Vetrina L

Ottone, ferro, magnetite

Danneggiato, Funzionante, Incompleto

Le calamite naturali, cioè i corpi magnetici in cui lo stato di magnetizzazione non è opera dell'uomo, ma della natura, avevano l'inconveniente che la forma era vincolata alla posizione dei poli, con conseguenti problemi relativi al taglio della roccia. Tuttavia la posizione dei poli poteva essere variata "armando" la calamita, così come essa si presenta in questo caso. Ciò aveva anche il pregio di aumentare leggermente la forza della calamita.

Il dispositivo è raffigurato nella tavola I (fig. 2) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi da cui si ricava che l'ancora per la sospensione del peso è andata perduta.

N° 225 Fascio magnetico a ferro di cavallo

Antecedente 1818

30 x 20 x 5,5 cm, Vetrina L

Ottone, ferro

Integro, Funzionante, Incompleto

I corpi in ferro che, dopo opportuno trattamento, presentano e conservano la capacità di attirare oggetti di ferro prendono il nome di magneti permanenti o calamite artificiali, per distinguerle da quelle naturali (→223).

Quando si riuniscono più magneti permanenti di forma simile in modo tale che i poli dello stesso segno si trovino dalla stessa parte, si ha un fascio magnetico. In questo caso il fascio a ferro di cavallo è formato da tre magneti artificiali tenuti assieme da elementi in ottone. Dall'inventario del 1818 si apprende che il fascio magnetico era dotato anche di un peso (andato perduto) da attaccare all'ancora di ferro.

N° 226 Bussola di Navigazione di Cannini

Antecedente 1818 (XVIII secolo)

36 x 36 x 31 cm, Vetrina K

Ferro, legno, carta

Integro, Funzionante, Completo

La bussola è uno strumento magnetico indispensabile per l'orientamento e capace di indicare in qualsiasi punto del globo la direzione del Nord magnetico. Il suo primo impiego fu logicamente in ambito marittimo. In questo caso si tratta di uno strumento non d'uso, bensì da collezione che si fa notare per la sua bellezza. Che questa bussola sia da collezione è evidente, poiché il sistema d'appoggio è insufficiente a rendere lo strumento solidale con la nave.

La bussola è detta "di navigazione" per la sospensione cardanica che regge la cassa e quindi la rosa dei venti: qualsiasi sia il movimento subito dalla nave (che è comunque combinazione del moto di rollio e di quello di beccheggio), la rosa dei venti resta sempre in posizione orizzontale.

Cassa e abitacolo sono finemente dipinti. Sui lati dell'abitacolo all'esterno sono raffigurate le allegorie di quattro continenti: Europa, Africa, Asia, America (si noti l'assenza dell'Oceania). L'abitacolo si può chiudere con il coperchio che scorre entro apposite scanalature.

N° 228 Apparecchio di Biot

1863 - 1864

∅ 12,5x 37,5 cm, Vetrina O

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante (*), Completo

Lo strumento aveva il compito di dimostrare in modo assai efficace che le cariche elettriche nei conduttori elettrizzati si distribuiscono solo sulla superficie. Infatti non si hanno cariche all'interno della massa metallica. Il dispositivo venne ideato da

Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e si trova raffigurato a pag. 347 (fig. 254) del volume II del Trattato dello Zambra.

Per dimostrare quanto appena affermato si caricava la palla d'ottone mediante una macchina elettrica (→396, 492). Dopodichè, tenendoli per i manici, si serravano i due emisferi sulla palla, avendo cura di farli combaciare perfettamente tra di loro. Una volta riaperti, si poteva verificare che i due emisferi risultavano elettrizzati, mentre la palla d'ottone era completamente scarica. Ciò provava che le cariche elettriche si dispongono sulla superficie dei conduttori metallici.

N° 230 Elettroscopio a pile secche

1827 - 1828

23 x 13 x 33 cm, Vetrina O

Ottone, vetro

Danneggiato, Non funzionante, Incompleto

Questo strumento, raffigurato nella tavola III (fig. 57) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi, era un *elettroscopio*→ particolare, dotato di grande sensibilità, il cui funzionamento si basava sulle cosiddette *pila a secco*→. Rispetto agli elettroscopi ordinari vi erano due differenze sostanziali. La prima è la presenza di due pile secche montate con i poli contrapposti (queste possono traslare per essere avvicinate tra di loro). La seconda è che all'asta che usciva dall'involucro di vetro si montava una sola fogliolina d'oro (andata perduta) anziché due. Un simile dispositivo fu inventato nel 1815 da Johann G. F. von Bohnenberger (1765-1831), tant'è che simili strumenti circolavano all'epoca col nome di elettrometri di Bohnenberger.

In presenza di un corpo elettrizzato, la fogliolina d'oro si caricava (per induzione o per contatto) e veniva respinta dal polo di una pila secca e attratta da quello dell'altra. La sensibilità dello strumento poteva essere incrementata avvicinando le pile alla lamina, cosicché si riusciva a rilevare anche cariche molto deboli.

N° 235 Pistola di Volta in vetro

Antecedente 1818

30 x 5 x 8,5 cm, Vetrina O

Ottone, vetro, mastice

Danneggiato, Funzionamento (X), Incompleto

La cosiddetta "pistola elettrica ad aria infiammabile del Volta" era un piccolo dispositivo in ottone che serviva a dimostrare gli "effetti chimici" della scintilla elettrica. Lo strumento ha questo nome perché ideato da Alessandro Volta (1745-1827): si trova infatti descritto in una sua lettera datata 18 aprile 1777.

Volta, che si stava occupando dei gas già dal 1774, aveva intrapreso studi per verificare la possibilità di utilizzare al posto della polvere da sparo "l'aria infiammabile" (cioè l'idrogeno) come agente detonante in un'arma da scoppio, provocandone l'accensione con la scintilla elettrica, prodotta utilizzando un elettroforo (→492). Questi studi contribuirono non poco alla scoperta della sintesi dell'acqua e quindi al definitivo riconoscimento di questo liquido come composto. In questo contesto nacque questo dispositivo ludico, alimentato con una miscela di

idrogeno e ossigeno atmosferico che, fatta detonare, per dilatazione termica sparava con un forte botto il tappo di sughero che chiudeva l'oggetto.

Nel caso specifico, questo esemplare di pistola di Volta in vetro, che si fa notare per bellezza, raffinatezza costruttiva e cura dei dettagli (riproduce perfettamente in forma e dimensioni una vera pistola del XVIII secolo) è chiaramente un pezzo da collezione, piuttosto che d'uso, probabilmente realizzato da un maestro vetraio dell'isola di Murano.

Lo strumento è danneggiato, in quanto manca l'elemento che riproduceva il percussore. Ma anche se incompleto (è andato smarrito anche il tappo di sughero che chiudeva la canna), queste perdite non compromettono parti essenziali per la funzionalità del dispositivo. È comunque evidente che sarebbe quanto mai imprudente effettuare una verifica di funzionamento.

N° 240 Spinterometro di F. Cobres

1825

Francesco Cobres

22 x 7,5 x 17,5 cm, Vetrina L

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Lo strumento, firmato "F. Cobres Venezia 1825", significa "misuratore di scintilla" (questo il suo etimo greco). Si tratta di un dispositivo di misura e di ricerca, in quanto collegato alle "esperienze elettrometiche" del prof. Stefano Marianini, che ne ordinò la costruzione al capace macchinista dell'Istituto. Non possono certo sfuggire la raffinatezza e il gusto artistico con cui sono state lavorate alcune parti.

Dall'inventario del 1818 si apprende che lo strumento aveva il compito di quantificare la "forza" di una pila voltiana (→272) dalla misura della distanza massima tra gli elettrodi alla quale potevano ancora scoccare scintille. Uno degli elettrodi è infatti mobile attraverso un sistema d'avanzamento a vite senza fine con micrometro sulla rotella in ottone. Si deve osservare che questa tecnica di misura attraverso le scintille era già stata utilizzata da Timothy Lane (1734-1807) con l'invenzione nel 1766 di un dispositivo per quantificare per confronto la tensione delle macchine elettriche.

N° 247 Dischi d'ottone isolati

1843 - 1844

ø 23 x 27 cm, Vetrina O

Ottone, vetro, mastice

Integro, Funzionamento (X), Incompleto

Lo strumento, raffigurato nella tavola III (fig. 80) del volume III - parte II del Trattato dello Zantedeschi, è forse il miglior esempio per testimoniare che nel XIX secolo i docenti di fisica del Liceo si dedicavano con grande competenza e serietà alla ricerca scientifica. L'apparato, che è una copia di quello impiegato pochi anni prima da Carlo Matteucci (1811-1868), fu utilizzato nel 1843/44 da Francesco Zantedeschi per le sue ricerche, precisamente per "esplorare l'elettricità della torpedine" da viva e "nello stato di morte" sia come particolare bottiglia di Leida che come pila. Il pesce elettrico (→Scheda N°247) veniva collocato tra i piatti

d'ottone, mentre per certe ricerche la tensione veniva misurata con un elettroscopio, per altre la debole corrente elettrica generata dalla torpedine era evidenziata dal sensibilissimo galvanometro astatico di Nobili (→293).

N° 248 Ovo elettrico

1837 - 1838

ø 12 x 46 cm, Vetrina O

Ottone, vetro, cuoio

Integro, Funzionamento (?), Completo

Questo strumento didattico, raffigurato nella tavola I (fig. 19) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi, veniva utilizzato in ambito di elettrostatica per osservare il colore e la forma assunti dalla scarica elettrica in varie condizioni sia di atmosfera (per vari gas) che di livello di rarefazione. Globi ad aria rarefatta con effetti di scarica al loro interno si realizzarono già intorno alla metà del XVIII secolo. Lo studio delle scariche in condizioni di vuoto sempre più spinto (→330) porterà alla scoperta dei raggi catodici (→859) e dell'elettrone. La scarica si sviluppava tra le due sfere. Lo strumento richiedeva l'impiego di una pompa a vuoto e di una macchina elettrostatica sufficientemente potente (→396).

N° 252 Elettrometro a paglietta

1821 - 1822

ø 10 x 28,5 cm, Vetrina O

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Lo strumento, un pezzo di pregio usato in ambito di ricerca, era un particolare *elettroscopio* → condensatore. Per aumentare la sensibilità dell'elettroscopio Alessandro Volta (1745-1827) ebbe la geniale idea di unire il condensatore a piatti, di sua invenzione (1780), a un elettroscopio, inventando così nel 1781 l'elettroscopio condensatore, molto più sensibile. Nello strumento vi sono due pagliuzze di legno e non due lamine d'oro o d'argento, usualmente montate sugli elettroscopi. Simili dispositivi a pagliette erano rari e per questo preziosi.

L'elettrometro a pagliette è legato agli studi elettrometrici intrapresi da Volta. Fu infatti questo fisico italiano a impiegare elettroscopi a pagliette per misurare lo stato di tensione dei corpi, occupandosi anche del problema di fissare un'unità di tensione riproducibile con facilità. Non a caso l'unità di tensione del Sistema Internazionale è stata chiamata volt in suo onore.

N° 268 Bottiglie di Leida

Antecedente 1818

ø 8 x 24 cm e ø 12,5 x 30,5 cm, Vetrina O

Ottone, stagno, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

La cosiddetta bottiglia di Leida era l'antico nome con cui veniva chiamato e soprattutto realizzato fisicamente il moderno condensatore. Nel contesto di

esperimenti finalizzati a elettrizzare l'acqua contenuta in una boccia di vetro nel 1745 venne scoperta contemporaneamente da Ewald Jurgen von Kleist (1700?-1748) in Germania e da Pieter van Musschenbroek (1692-1761) a Leida (Olanda) la possibilità di accumulo della carica elettrica tra due conduttori separati da un isolante (dielettrico). Il nome del nuovo oggetto elettrico trae origine dagli scritti (1746) dell'abate Jean-Antoine Nollet (1700-1770), il quale sostituì l'acqua all'interno della fiala con foglie di stagno o di altri metalli buoni conduttori.

La bottiglia di Leida fu quindi realizzata in varie forme: ad armatura fissa, ad armatura mobile e a giara, come questi strumenti, raffigurati nella tavola I (fig. 33) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi.

La bottiglia era caricata toccando con la sfera (bottone) il conduttore positivo della macchina elettrica (→396) e collegando la superficie esterna con il suolo utilizzando una catenella metallica. Da carica andava maneggiata con cautela, per evitare di ricevere una violenta scossa che, con più bottiglie riunite assieme (batteria), poteva essere addirittura letale. Del resto van Musschenbroek scrisse in una lettera a René-Antoine F. de Réaumur (1683-1757) che non avrebbe riprovato su di sé la scarica elettrica data dalla bottiglia nemmeno per l'intero regno di Francia!

N° 270 Pendolo di Zamboni

1829 - 1830

27 x 12 x 46 cm, Vetrina N

Ottone, vetro, legno, mastice

Danneggiato, Non funzionante, Incompleto

Si trattava di un oggetto ludico che dopo il 1814 circolava con il nome di "Pendolo di Zamboni". Esso ha per "motore" le cosiddette *pile a secco*→, inventate nel 1812 da Giuseppe Zamboni (1776-1846). Nell'apparecchio ciascuna pila secca è all'interno di una camicia di vetro ricoperta di mastice. I dischi di ottone, collegati al polo superiore di ciascuna pila, erano a cariche contrapposte. Tra di essi oscillava un anello conduttore montato su un'asta di vetro. Tale asta costituiva la parte superiore di un pendolo (andato perduto) sostenuto dall'elemento centrale foggato a colonna. La parte bassa del pendolo era opportunamente calibrata in modo tale che il *baricentro*→ del sistema fosse sotto il punto di sospensione.

Per contatto, l'anello superiore del pendolo si elettrizzava e veniva respinto dal disco di una pila e, quando sufficientemente vicino, attratto da quello dell'altra; una volta toccato, l'anello si caricava con segno opposto, venendone respinto, e così di seguito. In alcuni esemplari il moto è continuato ininterrottamente per circa un secolo!

N° 272 Vecchie pile a colonna

1819 - 1820

11 x 11 x 63 cm, Vetrina N

Zinco, rame, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante, Incompleto

La pila o "organo elettrico artificiale" fu invenzione del fisico italiano Alessandro Volta (1745-1827). Essa fu realizzata verso la fine di dicembre del 1799, ma

annunciata ufficialmente il 20 marzo 1800 con una lettera inviata a Sir Joseph Banks, presidente della Royal Society di Londra.

Una pila a colonna si costruisce con un'ordinata successione di dischi di rame, di zinco e di rondelle imbevute di soluzione salina o acidificata con acido solforico. Questo dispositivo, in grado di erogare una corrente continua, rivoluzionò la fisica e venne prima modificata (→275a) al fine di semplificarne la costruzione e poi via via migliorata per incrementarne l'efficienza.

N° 275a Pila a corona di tazze

1826 - 1827

56 x 25,5 x 9 cm, Vetrina N

Zinco, rame, legno, vetro

Integro, Funzionante, Incompleto

La cosiddetta pila a corone di tazze, evoluzione della pila voltiana (→272), è anche nota in certe realizzazioni col nome di pila Wollaston, dal nome del fisico William Wollaston (1766-1828), sebbene già negli scritti di Volta si trovi una disposizione in sequenza di coppe di vetro con elettrodi.

Nella pila a tazze le rondelle di cartone imbevute di soluzione sono sostituite con una coppa di vetro che conteneva la soluzione entro cui pescavano gli elettrodi. Si noti che gli elettrodi sono realizzati saldando a una camicia cilindrica di rame una lamina dello stesso metallo con all'estremità una capsula conica di zinco; ogni elemento era quindi collegato in serie. Essi potevano essere facilmente rimossi quando la pila non serviva.

Questa pila è ciò che resta di una grande pila a corona di ben 1000 elementi ospitata in due "armadi". Forse il basamento in legno è un pezzo superstite della custodia.

N° 283 Calamita scintillante

1831 - 1832

18 x 14 x 15 cm, Vetrina M

Ottone, ferro, legno

Integro, Non funzionante, Incompleto

Lo strumento, una delle primissime macchine a induzione, fu ideato a Firenze da Leopoldo Nobili (1784-1835) in collaborazione con Vincenzo Antinori (1792-1865) tra la fine del 1831 e il gennaio 1832. Il dispositivo è raffigurato nella tavola IV (fig. 83) del volume III - parte II del Trattato dello Zantedeschi. L'allora docente di fisica del Liceo, Stefano Marianini, non perse tempo a procurarsi un esemplare di questo nuovo dispositivo: si noti infatti la data d'acquisto!

Questa macchina sfruttava il fenomeno dell'*induzione elettromagnetica*→, scoperto da Michael Faraday (1791-1867) nel 1831. Le scintille si producevano avvicinando bruscamente alla calamita a U (andata perduta) la bobina di filo isolato con la seta montata all'estremità del braccio mobile in ottone. La bobina si trovava a muoversi all'interno del campo magnetico non uniforme prodotto dal magnete a U e ciò induceva una tensione elettrica tale da dar vita a deboli scintille tra due elementi dello strumento. Per la prima volta delle scintille venivano generate in un dispositivo non collegato a una macchina elettrostatica (→396, 492).

N° 293 Galvanometro astatico di Nobili

18 ottobre 1833

Leopoldo Nobili

ø 17 x 18 cm, Vetrina N

Ottone, ferro, legno, vetro

Integro, Funzionante, Completo

Il galvanometro di Nobili era uno strumento di ricerca che serviva principalmente a rilevare le correnti elettriche di piccola intensità che circolavano nella bobina di cui è dotato. Il dispositivo, raffigurato nella tavola II (fig. 42) del volume III - parte II del Trattato dello Zantedeschi, è detto astatico perché vi sono due aghi calamitati (anziché uno solo) disposti uno sopra l'altro a poli contrapposti per annullare l'azione distorcente del campo magnetico terrestre. Nel 1825 il sistema astatico fu introdotto nel galvanometro dal costruttore, Leopoldo Nobili (1784-1835).

Il campo magnetico prodotto dalla corrente che circolava nella spira deviava gli aghi torcendo il filo di sospensione. L'ago superiore, che funge da indice, permetteva di leggerne l'angolo di rotazione, rilevando il passaggio di corrente. L'acquisto di questo prezioso strumento fu un vero e proprio investimento scientifico per far sì che le ricerche condotte dai docenti (→247) avvenissero utilizzando i migliori, i più sensibili e i più moderni strumenti all'epoca disponibili.

N° 295 Spirali di Watkins

1838 - 1839

Francesco Cobres

15,5 x 15 x 25 cm, Vetrina N

Ottone, ferro, rame, legno

Danneggiato, Funzionante (* R), Incompleto

Questo strumento didattico, firmato "F. Cobres, Venezia", figura nell'Inventario del 1870 col nome di "Apparecchio per la rotazione delle correnti", per il fatto che la corrente elettrica che percorreva le spire rigide elicoidali di filo conduttore le metteva in rotazione nello stesso verso per azione elettrodinamica. Lo Zantedeschi usa il nome di Spirali di Watkins, dal nome di una famiglia di costruttori di strumenti il cui capostipite fu Francis Watkins (1723?-1784). Il dispositivo è infatti raffigurato nella tavola IV (fig. 91) del volume III - parte II del suo Trattato.

La forza che mette in rotazione le spirali è originata dalla piccola componente verticale della corrente elettrica che percorre ogni elica immersa nel campo magnetico tra i due bracci della calamita naturale a forma di U.

N° 298 Apparecchio di Oersted

1868 - 1874

J. F. Meyer

ø 19 x 5,5 cm, Vetrina L

Ottone, rame, legno, carta

Integro, Funzionante (R), Completo

Lo strumento, firmato "J. F. Meyer à Zurich", pur nella sua semplicità è di grande importanza didattica perché legato a una basilare scoperta elettrodinamica. Esso

aveva il compito di mostrare che una corrente elettrica continua erogata da una pila (→272, 275a) è in grado di far deviare un ago magnetico dalla sua posizione di equilibrio, cioè dalla posizione in cui esso indica semplicemente il Nord magnetico, comportandosi come una semplice bussola (→226).

Questa evidenza sperimentale venne effettuata sul finire del 1819 e pubblicata nel 1820 dal fisico danese Hans Christian Oersted (1777-1851): per la prima volta fu provata l'esistenza di un legame tra magnetismo ed elettricità (correnti elettriche) fino ad allora mai osservato. Sfruttando questo fenomeno fisico, poco dopo vennero ideati dei dispositivi in grado di indicare il passaggio della corrente (→293).

N° 324 Apparecchio di Arago

1842 - 1843

Francesco Cobres

40 x 22 x 9,5 cm, Vetrina N

Ottone, rame, legno, vetro

Integro, Funzionante (* R), Completo

Questo dispositivo didattico evidenziava le cosiddette correnti parassite o correnti di Foucault mediante l'effetto che queste producevano su un ago magnetizzato, che in condizioni normali si comporta come una bussola (→226).

Mettendo in moto il disco di rame, sotto all'ago per azione elettrodinamica nasceva nel metallo una corrente elettrica che transitava lungo il diametro. Il campo magnetico prodotto da questa corrente parassita (→298) faceva deviare l'ago con verso identico a quello di rotazione del disco e, se l'ago era ben magnetizzato, esso poteva anche mettersi a ruotare "rincorrendolo".

Fu il fisico francese Dominique F. Arago (1786-1853) a notare che il numero delle oscillazioni di un ago magnetizzato diminuiva enormemente se sotto di esso si ponevano dei corpi piani metallici e in particolare di rame. Nel 1825 Arago notò il comportamento rotatorio dell'ago appena descritto.

N° 326 Vecchio rocchetto d'induzione

1852

V. Vignola - G. Battacchi

50 x 21 x 29 cm, Vetrina L

Ferro, legno, vetro

Integro, Non funzionante, Incompleto

Lo strumento era una "macchina elettro-magnetica" a corrente indotta di tipo Callan ovvero un dispositivo precursore dei più famosi rocchetti d'induzione di Ruhmkorff. L'apparecchio presenta una serie di indicazioni e firme all'interno di ovali in argento (fissati entro le merlature lignee sopra la bobina). Vi si legge: "Volante e Commutatore dell'Att.te Vincenzo Vignola", "Macchina d'induzione magneto-elettrica", "Premiata con medaglia d'oro e d'argento dall'I.R. Istit. Veneto e dall'Accademia di Verona", "Giov. Battacchi di Verona migliorò, amplificò e costruì". Dalla motivazione del premio dell'Istituto Veneto si apprende che la macchina possedeva "straordinaria energia per esattezza degli isolamenti e dei contatti" e che era per di più dal "prezzo assai temperato".

Fu il prete irlandese Nicholas J. Callan (1799-1864) il vero inventore nel 1836 del primo rocchetto d'induzione ovvero di una macchina capace di generare elevatissime tensioni il cui funzionamento si basa sull'*induzione elettromagnetica*→. La macchina è formata da due bobine di filo avvolte coassialmente su un nucleo di ferro formato da un fascio di tondini verniciati raccolti assieme, per ridurre gli effetti delle correnti parassite. Dispositivi di questo tipo sono di fatto un trasformatore elevatore di tensione con la corrente continua del primario (proveniente da una pila) interrotta per mezzo di un commutatore elettromeccanico (Callan) o "dinamo-magneto-elettrico" a mercurio, come in questo caso.

Heinrich D. Ruhmkorff (1803-1877) migliorò con innovazioni fondamentali la macchina ideata da Callan, tanto da passare alla storia come l'inventore del rocchetto d'induzione grazie agli efficienti modelli da lui costruiti e commercializzati a partire dal 1851. I rocchetti d'induzione, via via sempre più potenti, vennero utilizzati per alimentare tubi a vuoto (→330), i tubi di Crooks e poi per far funzionare le prime radio.

N° 330 Tubi di Geissler

1860 - 1861

60 x 13 x 16 cm, Vetrina M

Ottone, ferro, legno

Danneggiato, Funzionamento (?), Completo (?)

I tubi di Geissler erano tubi a scarica con all'interno vari gas a pressione inferiore di quella atmosferica (in genere poco meno di qualche millimetro di mercurio). Tali tubi vennero ideati nel 1857 da Johann Heinrich Geissler (1814-1876) per studiare la conduzione dei gas. Si possono considerare un'evoluzione dei cosiddetti ovi elettrici (→248). Con il progresso nella tecnica del vuoto si ebbero poi i tubi a raggi catodici, fondamentali per l'individuazione dell'unità di carica negativa, l'elettrone.

Collegati gli elettrodi a un rocchetto d'induzione (→326) modello Ruhmkorff, il tubo di Geissler si illuminava con luce il cui colore dipendeva dal gas contenuto. Se ne costruirono dalle forme più svariate sia per ricerca che per divertimento. In alcuni casi erano presenti all'interno anche sostanze in grado di rispondere al passaggio della scarica con la fluorescenza e a volte alcune sezioni del tubo erano realizzate con vetro all'uranio, dotato di fluorescenza giallo-verdastra.

N° 337 Accendilume elettrico

Antecedente 1818

23,5 x 24 x 52 cm, Vetrina D

Ottone, vetro, legno

Danneggiato, Non funzionante, Completo

Questo dispositivo fu inventato nel 1777 circa da Alessandro Volta (1745-1827) nel contesto degli studi sui gas (→235) ed è l'antenato del moderno accendino. Il gas infiammabile utilizzato era l'idrogeno, che veniva prodotto facendo reagire l'anello di zinco con una soluzione acquosa di acido solforico che riempiva parzialmente sia il vaso sottostante che il recipiente superiore passando per il suo collo. La pressione del gas prodotto faceva risalire la soluzione nel contenitore superiore abbassandone il livello in quello inferiore fino a quando il pezzo di zinco non era più bagnato, il che

faceva arrestare la reazione chimica. Entro il cassetto era presente un elettroforo (→492) che veniva caricato ogni tanto.

Aperto il rubinetto si solleva il filo d'ottone collegato al piatto dell'elettroforo (il quale si staccava dall'isolante) e si portavano una di fronte all'altra le due punte d'ottone del sistema d'accensione. Tra le punte scoccano delle scintille che incendiavano l'idrogeno, producendo una fiammella che a sua volta accendeva la candela. Per la verità si deve segnalare che la candela è una aggiunta al modello originale dei costruttori di strumenti di fisica dei primi dell'800.

N° 396 Macchina elettrica di Ramsden

Antecedente 1818

Francesco Cobres

123 x 84 x 180 cm, In sala

Ottone, legno, vetro, cuoio

Danneggiato, Non funzionante, Incompleto

Questo dispositivo venne inventato intorno al 1770 da Jesse Ramsden (1735-1800), quotato costruttore inglese di strumenti scientifici, e fu la macchina elettrica "a strisciamento" più efficiente che si potesse impiegare verso la fine del XVIII secolo e per buona parte del XIX. Con essa si operava la separazione delle cariche elettriche necessarie per la realizzazione di un numero enorme di esperimenti in ambito di elettrostatica. La macchina è firmata "F. Cobres, Venezia" e con buona probabilità ne rappresentò il "capo d'opera" che gli aprì le porte al posto di "macchinista" del Gabinetto di Fisica. Lo strumento è raffigurato nella tavola I (fig. 15) del volume III - parte I del Trattato dello Zantedeschi.

I cuscinetti, strisciando sul disco, si caricavano negativamente, mentre il vetro assumeva carica positiva. Il conduttore d'ottone a forma di U si caricava negativamente per *induzione elettrostatica* → di fronte al disco e positivamente a livello delle sfere d'ottone.

N° 492 Elettroforo di ebanite

Novembre 1881

Ø 21,5 x 25,5 cm, Vetrina L

Ottone, vetro, ebanite

Integro, Funzionante, Completo

L'elettroforo era una particolare macchina elettrica (→396) inventata nel 1775 dal fisico italiano Alessandro Volta (1745-1827). Egli lo utilizzò per generare la scintilla elettrica necessaria per far funzionare l'eudiometro (un misuratore d'ossigeno atmosferico) nel contesto degli studi intrapresi sui gas (→235).

In ogni elettroforo è presente un disco di resina (qui ebanite) applicato all'interno di un contenitore ligneo o metallico e di un disco metallico (oppure ligneo e ricoperto di foglie di stagno), detto "scudo", dal manico isolato. Una volta seccati il materiale isolante e lo scudo per riscaldamento, si strofinava vigorosamente la resina con una pelle di gatto; così facendo la resina si elettrizzava negativamente, quindi vi si appoggiava sopra lo scudo, che si caricava positivamente sulla faccia a contatto con l'isolante e negativamente sull'altra. Non rimaneva che toccare con un dito la parte superiore dello scudo "sottraendogli il fluido negativo". Staccando lo scudo esso

manifestava una carica positiva con cui elettrizzare altri corpi o far scoccare scintille. Con opportuni accorgimenti nell'utilizzo la resina poteva rimanere caricata anche per mesi, cosa che rendeva il dispositivo assolutamente singolare per l'epoca.

N° 514 Bilancia di Coulomb

Luglio 1883

E. Ducretet

ø 33 x 66,5 cm, Vetrina L

Ottone, legno, vetro

Integro, Funzionante (R), Completo

Questo strumento didattico operante in ambito elettrostatico riproduce il dispositivo di ricerca, una bilancia a torsione, utilizzato dal fisico francese Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) per stabilire tra il 1784 e il 1785 la *legge di Coulomb* →. Lo strumento è firmato "E. Ducretet et S^{te} à Paris". La bilancia a torsione fu inventata da Coulomb nel 1777 e via via migliorata per incrementarne la precisione sperimentale. Nel 1798 Henry Cavendish (1731-1810) con una bilancia a torsione riuscì a determinare il valore della costante di gravitazione universale ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$) e da essa a "pesare la Terra".

Per il corretto funzionamento dello strumento si doveva ridurre il più possibile l'umidità dell'aria atmosferica. Per questo si inseriva ore prima entro l'involucro di vetro una vaschetta in vetro con acido solforico concentrato.

N° 563 Voltmetro di Bertrand

Agosto 1887

ø 20 x 34 cm, Vetrina L

Ottone, rame, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante, Completo

Nel 1833 il fisico inglese Michael Faraday (1791-1867) chiamò voltmetro lo strumento che utilizzò per determinare l'intensità di corrente attraverso la misura della quantità di gas (idrogeno e ossigeno) sviluppati dalla corrente per elettrolisi quando essa transita in un circuito elettrico in cui siano presenti due elettrodi (generalmente di platino) immersi in acqua acidificata con acido solforico. Infatti le quantità di gas separati sono proporzionali alla quantità di elettricità che passa nel circuito. Si trattava insomma di un particolare galvanometro. Si ricorda che la scomposizione elettrica dell'acqua (elettrolisi) fu realizzata nell'anno 1800 dagli inglesi Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815).

Con l'avvento di galvanometri più efficienti e di più facile e immediato uso, questo strumento di misura venne sempre meno impiegato. Tuttavia un dispositivo di questo tipo continuò a conservare la capacità didattica di mettere in evidenza l'elettrolisi dell'acqua e provare sperimentalmente che il volume di idrogeno sviluppato è il doppio di quello di ossigeno.

N° 638 Macchina “per i disturbi nervosi”

1894

Joseph Gray & Son

26,5 x 12,5 x 14 cm, Vetrina N

Ottone, ferro, legno

Integro, Funzionante (R), Completo

Lo strumento, firmato “Joseph Gray & Son, Truss Works, Sheffield”, era un modello commerciale di macchina per effettuare delle terapie elettriche su pazienti sofferenti di disturbi nervosi (“Improved potent magneto-electric machine for nervous diseases”).

La corrente elettrica veniva prodotta per *induzione elettromagnetica* → facendo ruotare due bobine di filo nelle vicinanze dei poli di una calamita permanente a ferro di cavallo. Un’ancora mobile, occultando più o meno i poli del magnete, variava il campo magnetico agente sulle bobine e quindi permetteva di regolare l’intensità della corrente da somministrare al paziente per curare mal di denti, tic dolorosi e nevralgie.

Si deve osservare che già nel XVIII secolo era stato proposto l’uso dell’elettricità (statica) per la cura di alcune malattie. Con l’invenzione della pila (→272) si pensò di sperimentare anche l’impiego delle cosiddette correnti “idro-elettriche”. Queste terapie non sempre funzionavano e, leggendo lo Zantedeschi, nei pazienti “elettrizzati” non mancavano reazioni scomposte, quasi comiche, al passaggio della corrente (→Scheda N°638).

ALCUNI STRUMENTI NON ESPOSTI

N° 19 Nonio

1829 - 1830

ø 15 x 36 cm

Ottone, legno

Integro, Funzionante, Completo

Il nonio è un dispositivo che consente di effettuare una misurazione (in questo caso di lunghezza) con la precisione di una opportuna frazione fissa dell'unità di misura con la quale è stata suddivisa una scala. Vari strumenti di precisione della collezione hanno un nonio (→127, 190, 201).

Il nonio deve il suo nome a Pedro Nuñez (1492-1577), latinizzato in Petrus Nonius, che nel 1542 pubblicò la descrizione di un ingegnoso sistema per misurare piccoli archi con sufficiente precisione. Avuta scarsa diffusione, fu rimpiazzato dal verniero, ideato da Pierre Vernier (c. 1580-1637), che nel 1631 perfezionò l'idea originale di Nuñez. I due termini sono oggi considerati sinonimi.

A seconda della grandezza da misurare, il nonio può essere lineare (misure di lunghezza) o ad arco (misura di angoli). Non si deve pensare che il nonio sia ormai uno strumento superato, tutt'altro. È molto diffuso sui calibri, sui micrometri, sui sestanti, sui telescopi e in generale su ogni strumento a scala graduata quando sia richiesta buona precisione di lettura.

In questo nonio è presente un cursore mobile (mosso a vite) con divisione in nove parti uguali con spaziatura opportuna (dipende dall'unità di misura della scala). Lo strumento ha due scale differenti la cui identificazione è ancora oggetto di studio: probabilmente si tratta delle antiche misure metriche francesi e del sistema metrico decimale.

N° 33 Apparecchio per il tautocronismo della cicloide

Antecedente 1818 (II ½ XVIII secolo)

Vincenzo Miotti (1712-1787)

92 x 25 x 39 cm

Legno

Integro, Funzionante, Completo (?)

Lo strumento, opera dell'abate Vincenzo Miotti (1712-1787), dimostrava il "tautocronismo" della cicloide ovvero che un corpo a partire dalla quiete impiega lo stesso tempo a percorrere una traiettoria cicloidale qualunque sia sulla curva il punto iniziale nel quale viene collocato. Galileo Galilei (1564-1642) si occupò del problema del tautocronismo e Christiaan Huygens (1629-1695) dimostrò che l'unica curva tautocrona è la cicloide. I primi prototipi di macchina di questo tipo risalgono alla prima metà del XVIII secolo.

Nello caso specifico la verifica si effettuava collocando entro le guide due biglie di ottone in posizioni differenti sulla curva. Lasciatele libere di cadere, si poteva osservare che esse in ogni caso arrivavano contemporaneamente alla base della curva e quindi all'inizio del tratto rettilineo della guida. Lo strumento apparteneva

alla collezione privata dell'Abate Traversi ed è raffigurato nella tavola III (fig. 58) del II volume del suo Trattato.

N° 158 Tubo acustico per le interferenze foniche

1844 - 1845

30 x 19 x 27 cm

Legno, carta

Danneggiato, Non funzionante, Completo

Questo dispositivo permetteva di sperimentare il fenomeno dell'*interferenza* → in ambito di acustica. Ne furono costruiti modelli con varie forme, con o senza una membrana, dovuti a William Hopkins (1793c.-1866), Charles Wheatstone (1802-1875) e altri, ma con lo stesso scopo dimostrativo. In questo strumento, essendoci una membrana di carta, si sfruttava una tecnica di visualizzazione delle vibrazioni introdotta nel XVIII secolo dal fisico tedesco Ernest Chladni (1756-1827) per le lastre, poi estesa anche alle membrane. La membrana di carta andava cosparsa di granelli di sabbia molto fine.

Le imboccature del tubo venivano poste appena sopra una piastra circolare o quadrata posta in vibrazione con un archetto. Le onde elastiche si componevano a livello del tubo comune, di fatto una cassa di risonanza (→149). Ora, quando l'interferenza risultava essere costruttiva (perché le imboccature del tubo si trovavano posizionate sopra opportune aree della piastra vibrante), i granelli di sabbia si mettevano a salterellare, mentre restavano fermi in condizioni di interferenza distruttiva. Infatti in questo caso a livello del tubo verticale le onde sonore provenienti dalle imboccature si annullavano perfettamente.

N° 177 Camera fotografica per dagherrotipi

1841 - 1842

60 x 52 x 130 cm

Ottone, legno

Integro, Funzionamento (?), Incompleto

Lo strumento consentiva la realizzazione di dagherrotipi secondo due formati. Si tratta di una importante macchina legata alla storia della fotografia e allo stesso tempo costituisce un esempio della velocità con cui le nuove applicazioni della scienza entravano nella didattica e nell'attività di ricerca dei docenti. Louis J. Daguerre (1787-1851) rese noto il primo procedimento realisticamente sfruttabile nel 1839, appena due anni prima la costruzione dello strumento. Il dispositivo è incompleto perché manca il perno di collegamento tra la camera e il treppiede.

In estrema sintesi un dagherrotipo si otteneva nel modo che segue. Una lastra di rame ricoperta d'argento veniva sottoposta all'azione dei vapori di iodio. Lo strato d'argento, reagendo con lo iodio, formava lo ioduro d'argento, sensibile alla luce. Per la messa a fuoco del soggetto, se ne proiettava l'immagine su una lastra dal vetro smerigliato posta sul fondo della camera oscura. Quindi si agiva sul meccanismo a cremagliera dell'obiettivo, dotato di un doppietto acromatico. Dopodiché, con il coperchio sull'obiettivo, al telaio con la lastra smerigliata si sostituiva quello con la lastra trattata. A questo punto la macchina era pronta per la posa.

Togliendo il coperchio, la lastra veniva esposta alla luce proveniente dall'obiettivo della camera oscura e impressionata. Per fissare l'immagine si sottoponeva la lastra così esposta all'azione dei vapori di mercurio che "si depositano su quei punti della lamina iodurata che avevano subita l'influenza della luce, lasciando incolumi tutti gli altri punti della lamina. L'immagine appare allora con una chiarezza e nitidezza straordinaria." (Besso, 1875, parte III, pag. 6). L'asportazione dello ioduro d'argento in eccesso avveniva immergendo la lastra "in una soluzione di iposolfito di sodio; questa sostanza ha la proprietà di sciogliere l'ioduro d'argento non modificato dalla luce" (ibidem, pag. 8).

N° 281 Galvanometro moltiplicatore

1827 - 1828

ø 26 x 40 cm

Ottone, ferro, rame, legno

Danneggiato, Funzionamento (?), Incompleto

Si trattava di uno strumento destinato al rilevamento e alla misurazione qualitativa delle correnti elettriche di varia intensità circolanti in un circuito. Il termine moltiplicatore indica la presenza di una bobina, grazie alla quale è "moltiplicata" l'azione magnetica dovuta alla corrente da rilevare su una porzione dello strumento libera di ruotare. Il galvanometro (→293) è infatti una geniale applicazione basata sul fenomeno scoperto da Hans Christian Oersted (1777-1851) nel 1819 (→298).

Le vaschette di ceramica smaltata andavano riempite di mercurio, in modo da realizzare un sistema a contatto mobile. La corrente che circolava in questo circuito alimentava un tratto di filo di rame sopra alla bobina e sospeso al filo, il cui campo magnetico interagiva (generando forze di tipo elettrodinamico) con quello della bobina stessa, che è fatta da 4 circuiti coassiali indipendenti e isolati. I vari pioli che stanno davanti alle vaschette avevano la funzione di far circolare la corrente attraverso alcune o tutte le 4 sezioni della bobina, variando così il campo magnetico prodotto da essa. All'interno della bobina, si trova anche una sbarretta magnetica opportunamente collegata al filo di sospensione.

N° 615 Tubo scintillante

1892

ø 3 x 40 cm

Ottone, stagnola, legno, vetro

Danneggiato, Funzionante (*), Completo

Si trattava di un semplice dispositivo ludico che al buio si "illuminava" a intermittenza, come se fosse pieno di lucciole, per le scintille che si sviluppavano tra i bordi contigui delle striscioline di stagnola incollate (in modo da formare un'elica) sulla superficie del cilindro di vetro. Per il funzionamento dello strumento era richiesta una macchina elettrostatica (→396). Il bastone veniva tenuto in mano per il manico di legno (isolante). Una catenella da aggiungere al dispositivo "metteva a terra" il sistema, mentre l'altra estremità del tubo era avvicinata al conduttore positivo della macchina elettrostatica: semplice e nel XVIII secolo molto divertente.

N° 898 Cassetta di resistenze

5 aprile 1899

Officine Galileo

41 x 14 x 13 cm

Ottone, legno, rame, materiali isolanti

Integro, Funzionante, Completo

Per misure potenziometriche (per esempio con la tecnica del ponte di Wheatstone), ma non solo, sono necessarie delle resistenze campione, cioè dal valore opportunamente certificato. Nei laboratori scientifici del passato di uso più corrente erano le cassette di resistenze, tarate in ohm. Entro questa cassetta sono presenti 20 rocchetti su ciascuno dei quali è avvolto un filo di resistenza nota e in modo tale che l'avvolgimento sia antiinduttivo (non risenta dell'autoinduzione). Togliendo le spine, si attivano in serie le corrispondenti resistenze e con l'opportuna combinazione delle spine si possono ottenere svariati valori di resistenza. Questo modello, chiaramente industriale, è firmato "Resistenza N° 49318 Officine Galileo Firenze". I valori della serie delle resistenze in ohm sono: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 1, 2, 3, 4, 10, 20, 30, 40, 100, 200, 300, 400, 1000, 2000, 3000, 4000. Conseguentemente si possono avere con incremento di 0.1 ohm tutti i valori di resistenza compresi da un minimo di 0.1 ohm a un massimo (tutte le resistenze in serie) di 11111 ohm.

LA PAROLA AI DOCENTI DEL PASSATO

Le scoperte e le invenzioni del passato, così come la stessa trasmissione del sapere scientifico, hanno le loro basi in pagine interessantissime e affascinanti, in cui sono annotati commenti, scambi di pensieri, ipotesi, teorie, esperimenti, risultati sperimentali, spiegazioni, diatribe, insuccessi, disegni di macchine e di prototipi, spaccati umani e confidenze dei “protagonisti”. I termini e in generale anche il linguaggio, la cui conoscenza è condizione spesso necessaria per la vera comprensione dalle fonti di uno strumento di fisica dei secoli passati, sono a volte assai diversi dai nostri moderni.

Tutto ciò è un particolare aspetto della fisica che non necessariamente deve essere affrontato solamente dagli esperti, ma invece sarebbe auspicabile che fosse “assaggiato” anche dagli studenti sotto la guida dell’insegnante. Certi passi di qualche trattato del passato possono essere validi e stimolanti strumenti per lo studio della fisica.

In questo contesto il Museo Traversi, seppur in modo limitato, ha cercato di trasmettere al visitatore uno piccolo scorcio di questo mondo, attrezzando le pareti della sala espositiva (→Foto17) appendendovi un certo numero di cartelloni. In essi viene “data la parola” ad alcuni dei docenti di fisica (A. M. Traversi e F. Zantedeschi) che nel XIX secolo insegnarono nel Liceo, perché siano loro a descrivere le “proprie macchine” e più in generale i principi della fisica¹.

ELENCO DELLE SCHEDE

Scheda N° 28 - Dinamometro di Regnier	125
Scheda N° 81 - Igrometro di Daniell.....	127
Scheda N° 126 - Macchina di Atwood	128
Scheda N° 247 - Dischi isolati (per la torpedine).....	130
Scheda N° 294 - Prisma a lenti per le strie.....	131
Scheda N° 638 - Terapia elettrica delle umane infermità	133

¹ L’idea è della prof. Daniela Magnanini, che si è occupata della selezione dei testi assieme al Curatore del Museo. Attualmente il numero delle schede è pari a 45.

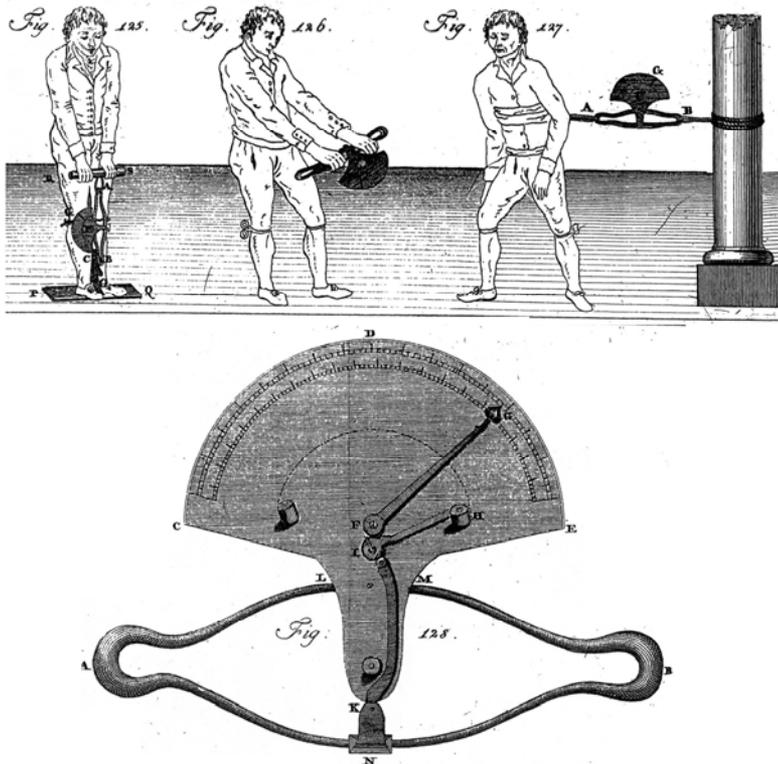
Scheda N° 28 - Dinamometro di Regnier

§ 2353. Dei lumi più precisi [...] allo scopo di conoscere il partito più vantaggioso, che può trarsi dalla Forza dell'Uomo impiegata come Potenza nelle Macchine, ci vennero somministrati in questi ultimi tempi mediante l'ingegnosissimo Strumento inventato dal Sig. Renier, [...]. I risultati principali, che si ebbero dall'Esperienze istituite con questo Strumento conosciuto sotto il nome di Dinamometro di Renier, sono li seguenti.

I Un Uomo di Forza media, stando dritto sulle sue gambe, può sollevare un Peso di lb 265. di Parigi (lb 428,34. S. V.).

II Esso può esercitare sopra un corpo chiuso fra le sue mani una pressione equivalente ad un Peso di lb. 102 di Parigi (lb 165,72. S. V.).

III Può esso trarre orizzontalmente camminando un Peso uguale al precedente.



§ 2382. Il Dinamometro di Renier vedesi delineato nella Fig. 128 Tav. VII. I suoi pezzi principali sono 1.^{mo} una Molla di figura Ellittica A B, 2.^{do} un Semicerchio CDE, 3.^{zo} un Indice F G, 4.^{to} infine un Ordigno KIH diretto a muovere l'Indice predetto.

ESPERIMENTO I

§ 2387. [...] s'impugnino con ambe le mani i due lati della Molla AB nel sito più vicino al suo Centro, che fia possibile, tenendo le Braccia distese, ed inclinate all'ingiù presso a poco quanto importa un Angolo di 45° , come si scorge nella Fig. 126 Tav. VII. Quindi si premano l'uno contro l'altro i lati predetti quanto più lo si può. Finalmente si esaminino a qual Punto della divisione, esprime la Forza necessaria a produrre l'accostamento de'due lati della Molla AB mediante la compressione, sia giunto l'Indice FG: e nel numero inciso vi si avrà il Peso, a cui equivarrà la Forza delle proprie Mani. Se l'Esperimentatore sia un Uomo di Forza media, la Forza delle sue Mani si troverà equivalere presso a poco a lb 102. Parigine (lb 165,72. S. V.)

§ 2388. Questo Esperimento si può istituire eziandio applicando alla Macchina le due Mani una per volta. La somma de'due risultati si troverà presso a poco uguale a quello delle due Mani applicatevi contemporaneamente: ma essi non si troveranno già uguali fra loro. La Forza della Mano dritta risulterà per l'ordinario più energica di quella della manca: lo che deve attribuirsi al maggior uso, che si fa della prima in confronto della seconda.

ESPERIMENTO II

§ 2390. Prendasi una Crimagliera di ferro O (Fig. 125 Tav. VII.), e si monti sopra la Base PQ, a cui è dessa fissata verticalmente. Quindi s'introduca una dell'estremità B della Molla AB in uno dei denti di questa Crimagliera: [...] e nel numero inciso vi si avrà il Peso, a cui equivarrà la Forza delle proprie Reni [...]. Se l'Esperimentatore sia un uomo di Forza media, la Forza delle sue Reni si troverà equivalere a lb 265. Parigine (lb 428,84. Sott. Ven.).

§ 2392. Un'altra Osservazione da farsi intorno la Forza degli Uomini si è, che, generalmente parlando, è dessa maggiore in quelli, i Muscoli dei quali sono ben pronunziati, che in quelli, che hanno le Membra lisce, e carnose, come nelle Femmine. Ciò nulla ostante anche tra le Femmine ve ne hanno di fortissime: la loro Forza media però secondo Osservazioni del Sig. Regnier può valutarsi tutt'al più due terzi di quella di un Uomo ordinario, ed uguale presso a poco a quella di un Ragazzo di 15. in 16. Anni.

ESPERIMENTO III

§ 2393. Si attacchi una delle estremità B della Molla AB (fig. 127. Tav. VII.) mediante un Arpione ad una Muraglia, o ad una Colonna ben salda; e col mezzo di una Cinghia adattatasi dinanzi al Petto si tragga con quanta più Forza si può la Molla predetta per l'altra sua estremità A nella maniera, che si scorge espressa nella Figura. [...] Se l'Esperimentatore sarà un Uomo di Statura mezzana, la sua Forza per tirare in direzione orizzontale si troverà equivalere [...] a lb 102. Parigine (lb 165,72. Sott. Ven).

A. M. Traversi, Elementi di Fisica generale, volume V, tavola VII, Venezia, M.DCCC.XXII., Tipografia Antonio Curti, figure 125, 126, 127, 128, pagg. 343 - 344, 366 - 372.

Scheda N° 81 - Igrometro di Daniell

§ 60. Degli igroscopii

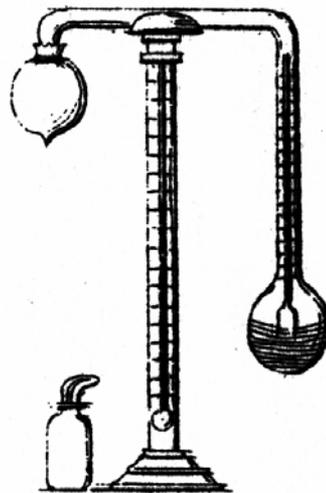
[...] Daniell, partendo dallo stesso principio di Leslie, costruì un igrometro con un tubo di vetro ricurvo a modo dell' U rovesciato (Fig. 55), portante alle due estremità due bolle, l'una delle quali in parte è ripiena di etere e racchiude un termometro, che ha la sua bolla per metà immersa nel liquido; e l'altra, ugualmente che il tubo, è vuota sì di liquido, che di aria.

Per mettere in azione questo apparato, si veste la bolla vuota un di [sic] pannolino bagnato nell'etere, come sarebbe un velo di mussolina. Il liquido evaporando raffredda la bolla, fa condensare sulle pareti interne il vapore dell'etere e determina la formazione di nuovo vapore, pel quale l'etere liquido si raffredda e l'esterna superficie della bolla si appanna. Convien cogliere il primo momento in cui il velo dell'umido appare, e ad un tempo notare il grado di temperatura indicata dal termometro racchiuso nell'apparecchio; [...].

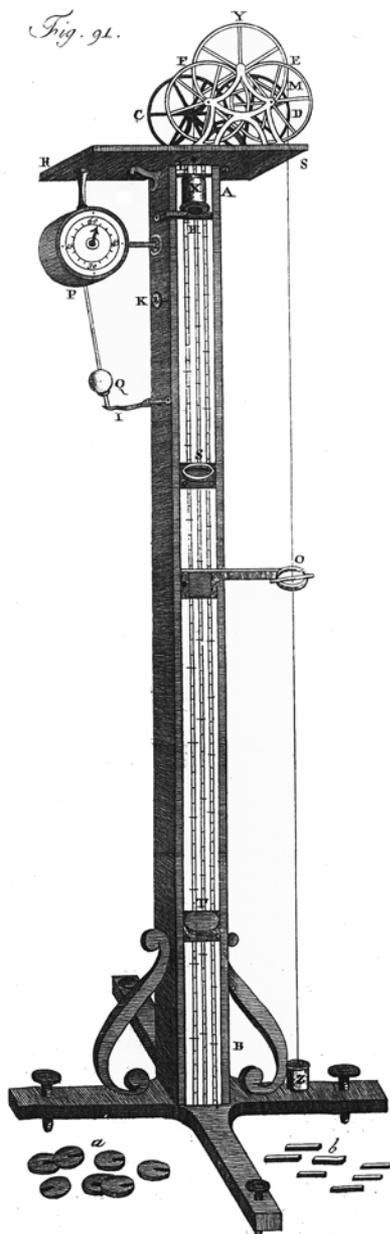
Ma in questo apparato si notarono da' fisici varii difetti: (1) La temperatura del termometro, come avvertì il Bellini, non può essere precisamente la stessa di quella della parete esterna dell'igrometro; 2. Richiede una prontezza di occhio per cogliere quel primo istante, in cui appare l'appannamento, che non può aversi dalla comune degli osservatori; 3. Secondo le esperienze del prof. Apshon, il punto della rugiada dato da questo istrumento è pressoché sempre più alto del vero; [...] 4. L'aumento dell'umidità dell'aria vicina all'istrumento per l'alito polmonare e pella traspirazione cutanea dell'osservatore, che deve stare assai vicino all'istrumento per molto tempo, è un'altra causa d'errore; 5. L'evaporazione di una grande quantità di etere, che ha luogo nell'uso di questo istrumento in uno spazio sommamente vicino a quello in cui si determina la precipitazione del vapore, dee apportare un cangiamento sensibilissimo nello stato igrometrico dell'aria; 6. L'etere che si usa non è l'etere anidro. L'etere ordinario di commercio racchiude fino a 1/10 del suo peso di acqua. Quest'acqua dee certo cangiare lo stato igrometrico dello spazio circumvicino; 7. Se la temperatura è moto alta e l'aria seccissima, egli è impossibile avere la precipitazione del vapore.

Francesco Zantedeschi, Trattato di Fisica elementare, volume II, parte I, Venezia, MDCCCXLVI, Tipografia Armena di S. Lazzaro, pagg. 382-384.

Fig. 55



Scheda N° 126 - Macchina di Atwood



Caduta libera Verticale

§ 713. E ciò basti intorno alle Teorie generali, che appartengono al moto libero verticale dei corpi prodotto nei medesimi dall'attrazione di Gravità. Passiamo come il solito a confermarle col mezzo degli Esperimenti.

Fra gl'innumerevoli, che se ne potrebbero istituire, ne trascelgieremo [sic] cinque, li quali sono li più interessanti. Il primo avrà per iscopo il far vedere, che la velocità acquistata da un corpo cadente in un dato tempo è atta a fargli percorrere con un moto uniforme uno spazio doppio in un tempo uguale: il secondo sarà diretto a mostrare, che le velocità dai corpi cadenti acquistate sono proporzionali ai tempi impiegati: il terzo somministrerà una prova di fatto, che gli spazj percorsi presi collettivamente stanno fra di loro come i quadrati dei tempi: il quarto farà sensibilmente vedere, che gli spazj percorsi presi particolarmente seguono la proporzione dei numeri dispari: il quinto in fine avrà per oggetto il confermare la Teoria del moto ritardato nei corpi ascendenti.

§ 714. Questi Esperimenti s'istituiscono col mezzo di un Macchina ingegnossissima inventata dal D.^r Atwood professore di fisica nell'Università di Cambridge, e perfezionata dal celebre artefice di Londra Ramsden. Io la ho fatta eseguire dal nostro esattissimo artefice di Padova Giuseppe Steffani, accoppiando alle misure Inglesi le Parigine sì antiche che moderne. La Macchina è rappresentata nella Tav. VII: ed eccone la descrizione.

§ 715. AB è un'asta verticale di legno alta Piedi 5. Parigini, sono Piedi Inglesi 5. e 4. Pollici, e ciascun Piede si Parigino che Inglese è diviso in Pollici; e suddiviso in Linee: sicchè tutta l'asta rimane divisa in 60 Pollici Parigini, e 64 Pollici Inglesi. Questi sono numerati dall'alto al basso 1, 2, 3, 4 ec. A

questa scala è pure accoppiata la scala Metrica; sicchè la lunghezza dell'asta AB è pure divisa in Decimetri, e suddivisa in Centimetri. RS è un piano fissato al disopra dell'asta predetta, che serve di base alla Macchinetta FYE.

E' essa composta delle quattro piccole ruote C, D, E, F, le quali sono dello stesso Diametro, e situate due per parte in maniera, che muovendosi verticalmente attorno al loro asse, le loro Circonferenze vengono ad intersecarsi l'una l'altra, passando la Circonferenza di una presso al centro della sua vicina.

Y è una ruota più grande delle precedenti, le estremità del di cui asse sono situate sopra le Periferie delle precedenti medesime; cosicchè le intersezioni di queste Periferie servono loro di appoggio. Tutto questo meccanismo è diretto a diminuire, per quanto fia possibile, lo sfregamento dell'asse della ruota maggiore Y nel suo moto, rendendolo attrito di seconda spezie (417).

Nell'atto in fatti, ch'essa si muove, si muovono egualmente le ruote piccole C, D, E, F, le quali per conseguenza presentano sull'asse della medesima punti sempre nuovi della loro Periferia. Questa ruota maggiore Y, è scannellata nella sua Circonferenza per poter ricevervi il sottil filo di seta LMZ, al quale sono appese le due scattole circolari di ottone X, Z. Queste due scattole hanno ciascuna un coperchio a vite, onde poter introdurre nelle medesime dei pesi di figura egualmente circolare. Essi si veggono rappresentati a piedi della Macchina in a.

PQ è un Pendolo, che batte li mezzi Secondi. Si può però sostituirne al medesimo un altro, il quale abbia la lunghezza sufficiente per battere li Secondi intieri [andato perduto]: e la mia Macchina è corredata di entrambi. Si la scattola X, caricata del peso conveniente, la quale si vuole far scendere, che il Pendolo PQ sono impediti di muoversi, il primo dal sostegno H situato a zero della divisione dell'asta AB, e il secondo dal braccio I: e nell'asta AB vi è una molla, la quale mediante la pressione del bottoncino K fa sì, che cadano nel medesimo istante sì il sostegno H, che il braccio I; cosicchè il Pendolo PQ incomincia ad oscillare nel punto istesso, in cui il peso X incomincia a discendere.

S è un cerchio di ottone scorrevole lungo l'asta AB, di messo a cui può passare liberamente il peso X: T è un piano circolare ugualmente scorrevole lungo l'asta medesima, che seve a fermare il peso predetto.

In a sono rappresentati diversi pesi di figura circolare, e forati nel mezzo; ed in b ne sono rappresentati alcuni altri di figura bislunga a foggia di barre, dei quali si caricano negli Esperimenti le due scattole appese X, e Z.

Tutta al Macchina appoggia sopra quattro viti per poterla situare perpendicolarmente; al che serve un appiombo situato ad uno dei lati dell'asta AB [...].

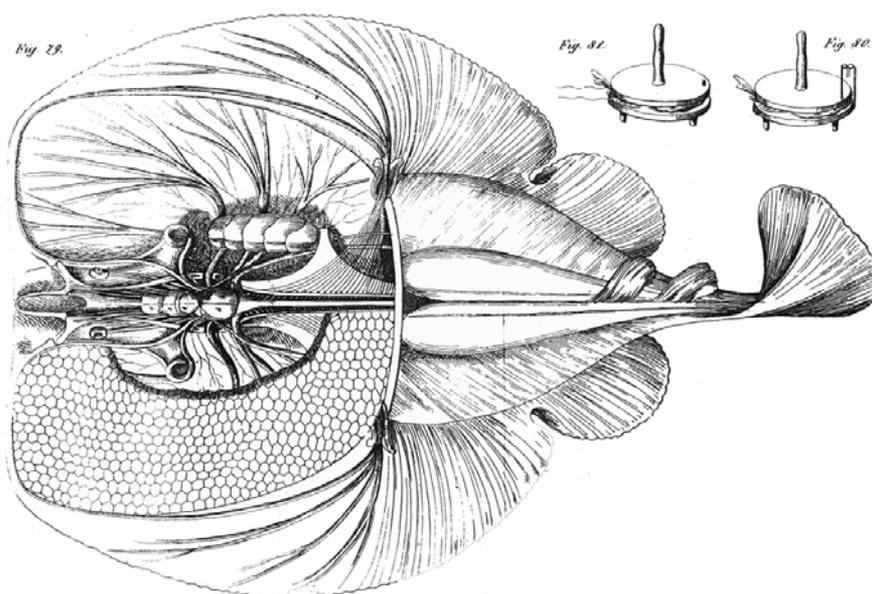
A. M. Traversi, Elementi di Fisica generale, Venezia, M.DCCC.XXII, Tipografia Antonio Curti, Volume II, tavola VII, figura 91, pagg. 200-203.

Scheda N° 247 - Dischi isolati (per la torpedine)

§ 175 C) Dei fenomeni elettrici della torpedine nello stadio di morte

Matteucci osservò che allo stato di morte colla irritazione si ottengono delle scariche elettriche. [...]

Ecco le esperienze che io feci. Presi due piatti di ottone di forma circolare (Fig. 81) del diametro di 25 centimetri, l'inferiore del quale A era sostenuto da tre bastoni di vetro che isolavano bene, e il superiore B era munito di un manico dello stesso vetro, come lo scudo dell' elettroforo. Questi due piatti compivano il circolo col filo galvanometrico [...].



[...] sopra il piatto A collocai una torpedine morta col ventre all'ingiù, e recai il piatto B tenuto pel suo manico isolante a contatto del dorso, esercitando una pressione; l'ago [del galvanometro] tosto mostrò la presenza della corrente [...]. Rovesciata la posizione della torpedine, la direzione della corrente rimase la medesima. Lo stesso io ottenni con gli organi elettrici separati da ogni involuppo. Da questi esperimenti conchiusi che negli stadi di morte cessa la corrente elettrofisiologica.

Francesco Zantedeschi, Trattato di Fisica elementare, volume III, parte II, Venezia, MDCCCXLV, Tipografia Armena di S. Lazzaro, pagg. 331-332.

Scheda N° 294 - Prisma a lenti per le strie

CAPO TERZO

DEI RISULTAMENTI OTTENUTI DA UNA NUOVA ANALISI DELLO SPETTRO LUMINOSO

Allorchè si ha tutta l'attenzione di avere uno spettro purissimo, allorchè la divergenza e la larghezza del fascetto incidente sono le più piccole che sia possibile, allorchè il prisma è perfetto e lo spettro assai allungato per sottoporlo ad un esame rigoroso in tutte le sue parti, si osservano nuovi fenomeni, che la prima volta furono pubblicati dal sig. dottor Wollaston nelle Transazioni Filosofiche del 1802. Furon dessi esaminati di nuovo in tutti i loro particolari con una sottigliezza scrupolosissima, propria di un ingegno eminente assistito da istrumenti i più perfetti, dal celebre Fraunhofer [...]. Ma si ha tutto il fondamento a credere, che non sia venuta a conoscenza di Fraunhofer la Memoria di Wollaston, onde gli rimane intiero tutto il merito della sua scoperta [...].

[...] Collo stesso apparato osservò Fraunhofer il pianeta Venere, senza far passare la luce per una piccola apertura. Egli ritrovò nello spettro di questa luce le medesime linee, che osservò nella luce solare. Quelle di Venere sono tuttavia poco intense, anche in confronto della luce solare riflessa da uno specchio. [...]

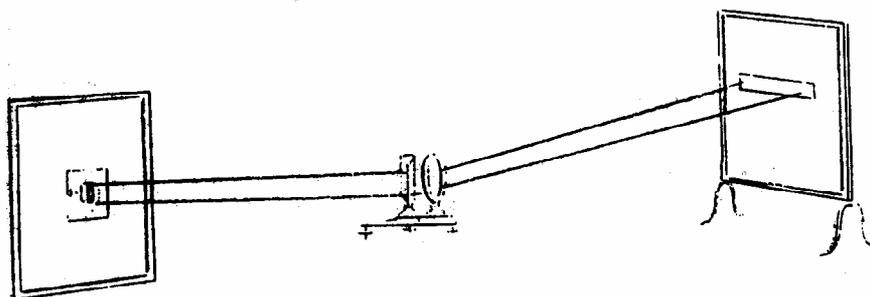
Col medesimo apparato ha Fraunhofer ugualmente osservata la luce di alcune stelle fisse di prima grandezza. Egli vide che la luce di Sirio presenta alcune linee nere larghe, che non hanno rassomiglianza con quelle del sole.[...]

Davidde Brewster nel 1832 annunziò la scoperta di una serie di linee fisse prodotte dal passaggio della luce nel gas nitroso. Ed il prof. Müller ha comunicato [...] i risultamenti di consimili esperienze ch'egli fece con Daniell. [...] Allorchè l'aria del vaso fu leggermente colorata dal vapore di bromo, videro i due illustri sperimentatori la totalità dello spettro disseminata da più di cento linee distribuite ad eguale distanza le une dalle altre.

III. Tale era lo stato della scienza, allorchè io mi diedi, nel 1846, allo studio di sì delicatissimi e interessantissimi fenomeni, che pare sieno i migliori fornitici dalla scienza per confrontare le luci derivanti da varie sorgenti e l'azione loro reciproca colla materia che diciamo pesante. Io descriverò impertanto l'apparato del quale feci uso, i risultamenti ai quali pervenni e le deduzioni che io ricavai dalle mie esperienze.

L'apparato è semplicissimo. Consiste in un porta-luce munito di uno specchio bianco, di una fenditura rettilinea verticale dell'altezza di $0^m,045$, che a piacere può essere allargata e ristretta; di un prisma di flint purissimo, equilatero del lato di $0^m,031$, e dell'altezza di $0^m,07$, collocato coll'asse normale all'orizzonte; il sostegno del prisma, porta una buona lente convessa della distanza focale di $2^m,06$, che si dispone innanzi al raggio rifratto dal prisma in modo, da aversi lo spettro proiettato sur un piano bianco il più chiaro e distinto. La distanza della lente dall'asse del prisma è di $0^m,045$; e la sua apertura è di $0^m,055$. la disposizione di tutte queste parti è rappresentata dalla figura 3 della tavola I.

Io mi feci da prima a ripetere gli esperimenti di Wollaston e di Fraunhofer: e non durai molta fatica a proiettare le linee trasversali alla lunghezza dello spettro solare in un modo il più chiaro e distinto. [...]



Nei tre mesi ch'io ebbi a sperimentare, cioè Luglio, Agosto e Settembre del 1846, non potei mai, nelle migliaia di prove che io feci, ottenere l'identico sistema di linee nere e luminose; soltanto nei giorni più sereni e tranquilli io m'ebbi sistemi costanti per un intervallo da quattro a cinque ore. Spesso ho pure sperimentato dalle ore undici antimeridiane alle quattro pomeridiane; e nei giorni di atmosfera variata, dalle dodici alle tre pomeridiane; e nei giorni di atmosfera variata, dalle dodici alle tre pomeridiane. [...]

Portata l'attenzione fuori dei limiti dello spettro ordinario nella direzione della sua ampiezza, ho riscontrato estendersi sotto e sopra le zone prismatiche di una tinta assai sbiadita [...]. Queste due zone [...] denominerò spettri secondarii inferiore e superiore. [...] Queste esperienze, il 24 Agosto 1846 io le ripeteva alla presenza dei signori dottore Bologna [...] e del R. P. Del Pozzo barnabita, professore di fisica a Parma; e il 26 susseguente, le ebbi a verificare al rispettabile mio amico e collega Ab, Natale Concina, esimio professore di filosofia nell'I. R. Liceo di Venezia.[...]

[...] l'esistenza degli spettri secondari [...] venne da me scoperta disponendo l'occhio a questo modo. Nell'ampia sala di fisica dell'I. R. Liceo di Venezia della lunghezza di 20 metri e più, procurai una oscurità la più perfetta, convertendola in una camera oscura. Da una sottilissima apertura rettilinea verticale faceva entrare il raggio luminoso solare, il quale, decomposto dal prisma di flint, si perdeva disperso nella profondità di questa sala. Facendo cadere lo spettro solare sopra ad un telaretto di carta bianca collocato in una posizione verticale, appariva proiettato orizzontalmente. Verificata la proiezione dello spettro, mi rimasi per un quarto d'ora nel bujo e il mio occhio era divenuto sensibile al raggio più tenue di luce [...].

Francesco Zantedeschi, Ricerche fisico-chimico-fisiologiche sulla Luce, Venezia, G. Antonelli, 1846, Tavola I, Figura 3 e pagg. 47, 51, 54, 59-60, 63, 66-67)

Scheda N° 638 - Terapia elettrica delle umane infermità

§ 206. Della terapia Elettrica

Fino dai primordii della scienza elettrica, noi troviamo essere sorta nella mente degli uomini l'idea della applicazione dell'elettrico nella cura delle umane infermità; ed essersi mantenuta più o meno estesa con maggiore o minore fiducia, a seconda degli effetti ora favorevoli ed ora contrarii, che dalle varietà sempre più crescenti degli apparati elettrici si ottenevano; per cui la terapia elettrica, che ha cultori di grande celebrità nella scienza, ha ancora de'nemici e degli increduli. Essa, al dir degli uni, si dovrebbe considerare come il più utile, e a dir degli altri, come il più inutile rimedio di tutta la cura medica. Noi però né tutto speriamo coll'entusiasmo degli uni, né di tutto disperiamo col cieco pironismo [sic] degli altri. [...] Il chiarissimo mio predecessore Cav. Marianini, fece parecchie cure colla elettricità mossa dagli apparati voltiani, le quali ora furono seguite da guarigione, ora da qualche miglioramento, ed ora da nessuno. [...] Nel corso delle mie esperienze ho potuto convincermi tornare l'uso dell'elettrico utilissimo in quelle infermità nelle quali occorre eccitamento, trasporto di principii e dissoluzioni; e perciò talvolta l'adoperai con felice successo come potenza meccanico-dinamica, e talvolta l'usai a preferenza quale potenza chimica. [...] Possano riuscire queste mie ricerche utili a sollievo della umanità sofferente, ed all'avanzamento della scienza!

§ 207. Dei principii direttivi l'applicazione dell'elettrico nella cura delle umane infermità.

I principii direttivi l'applicazione dell'elettrico nella cura delle umane infermità sono esposti in forma di aforismi o sentenze, che agguardano gli apparati elettrici in sé [sic] stessi e nella loro applicazione.

I. Scelta dell'apparato elettrico. Fra i molteplici apparati che possiede la fisica, in mia sentenza è da preferirsi l'elettromotore voltiano a quelli d'atrito e d'induzione, poichè esso unisce in grado distinto tutte le qualità che aver deve l'elettrico considerato e come forza fisica e come forza chimica [...].

II. Modo di caricare l'apparato elettrico. Scelto l'apparato elettrico, deve il medico saperlo caricare nel modo il più conveniente, che dal caso speciale della cura è richiesto. Vasi ben asciutti all'esterno ricercansi [...]; soluzione ben satura di cloruro sodico per gli usi comuni di semplice eccitamento, di trasporto di materie, di risoluzioni, di chimici alteramenti [...].

III. Sede dell'applicazione degli elettrodi. [...] Io veggio che non rare volte colle parti inferme si elettrizzano ancora parti che sono in istato perfetto di salute. [...] Un circolo assai lungo nuoce all'effetto pella resistenza che oppone alla corrente elettrica. Gli elettrodi metallici, come striscie [sic] metalliche di zinco, non sono portate all'immediato contatto della cute per evitare alcune moleste sensazioni all'infermo. Nelle discontinuità polari si eccitano punture, bruciori, che variano secondo che il polo è positivo o negativo. Io per questo involgo gli elettrodi in un velo di tela di lino bagnata con acqua salata [...].

IV. Grado della carica elettrica. La prima volta che si elettrizza un individuo, quando cioè non si conosce ancora la sua sensibilità, si deve incominciare con poche coppie, crescendo poi gradatamente fino al segno che può sopportarle senza incomodo. [...] Nel 1844 io fui richiesto in Venezia a dirigere un elettrizzamento da applicarsi ad una paralisi facciale, e sembrandomi l'ammalato di un sistema nervoso esaltato, applicai un solo elemento di rame e zinco della superficie di cinque centimetri, montato con acqua satura di sal comune, e al chiudersi del circolo l'ammalato balzò dalla sedia con tutta la persona, riempiendo di meraviglia e di stupore i medici astanti che presciedevano [sic] alla cura, e in me destando uno sdegno contro tanta non curanza, che mi avrebbe esposto a gravi conseguenze, se non avessi proceduto coll'estrema circospezione.

V. Metodo di applicazione dell'elettrico. L'elettrico si applica a scariche o a correnti discontinue, intermittenti, che all'atto dell'aprirsi e del chiudersi del circolo produce delle scosse; ovvero a circoli, a correnti continue. Le scosse si fanno succedere le une alle altre a piccoli intervalli di tempo, come in un secondo o due; nè si danno tutte di seguito, e si lascia un riposo di parecchi minuti ogni quaranta o cinquanta scosse. Si può bensì fra una serie di scosse e l'altra, elettrizzare qualche volta l'ammalato a corrente od a circolo. [...]

VI. Direzione della corrente. [...]

VII. Stagione più favorevole alle cure elettriche. Non ogni stagione è ugualmente favorevole all'applicazione della elettricità negli estremi di caldo e di freddo, la sua benefica influenza è minore.

VIII. Perseveranza. Non dimenticherò di ricordare che si ricerca pazienza e perseveranza per avere dei risultati soddisfacenti. Il Marianini ha continuato in alcuni casi l'applicazione delle correnti elettriche per più mesi; e in due casi la salute non si è ristabilita che dopo 2500 scosse. [...] Non dimenticherò per ultimo di ricordare che alla cura elettrica devono essere associati i mezzi più efficaci dell'arte salutare. Egli è nei casi di ricerca e di esperimento che si deve procedere col solo elettrico, per rilevarne la sua efficacia. [...] Ma non di rado prima si esauriscono i soccorsi della chirurgia e della materia medica tormentando gli ammalati con mille ammollienti, antispasmodici, cataplasmi, vescicanti, frizioni, bagni vaporosi, morfina [...]; e in fine sfiniti e consunti si consegnano ad un elettricista, o ad un inserviente di fisica, o ad un flebotomo, perchè applichino loro l'elettricità e ridonino quella salute che non aveva risposto all'invito di tanta loro sapienza. Più volte risposi che io sono, come è infatti, profano alla medicina, veggendo inutile l'uso della elettricità in tanta consunzione. [...] Io dirigo questo prudente ammonimento a tutti i miei colleghi che amano l'onore della scienza e di sè [sic] stessi.

Francesco Zantedeschi, Trattato di Fisica elementare, volume III, parte II, Venezia, MDCCCXLV, Tipografia Armena di S. Lazzaro, pagg. 503, 505 - 510, 514 - 515.

NOTE DI FISICA

Baricentro o centro di massa

In un sistema di punti materiali o in un solido il baricentro è il punto in cui si può immaginare concentrata l'intera massa. Esso è un punto rappresentativo del tutto, cioè lo studio di un sistema complesso attraverso il moto del suo baricentro semplifica notevolmente la trattazione. Per il baricentro passa la risultante dei pesi parziali delle singole parti di un corpo, comunque esso venga orientato; così ne segue che sospendendo il corpo per tale punto, esso si trova in equilibrio.

Se si considerano le figure geometriche regolari come se costituite da materiali omogenei (e quelle piane formate da una lastra omogenea di materiale con spessore costante), si dimostra che il baricentro ha le seguenti posizioni:

Triangolo	Punto d'incontro delle mediane.
Parallelogrammi	Punto d'incontro delle diagonali.
Cerchio	Coincidente con il centro.
Piramide regolare	} Sull'altezza h a $h/4$ dalla base.
Cono retto	
Parallelepipedi	Punto d'incontro delle diagonali principali.
Sfera	Coincide con il centro.

Per i corpi irregolari il centro di massa si determina sperimentalmente.

Calore specifico

Fornendo calore a un corpo, esso si scalda, ovvero si porta ad una temperatura più alta di quella prima del riscaldamento. Si può assumere che la quantità di calore necessaria per scaldare un corpo sia proporzionale alla differenza di temperatura che si vuole ottenere. Il coefficiente di proporzionalità è detto capacità termica del corpo (quantità di calore necessaria per elevare di $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura del corpo).

Quando ci si riferisce alla capacità termica relativa all'unità di peso di una certa sostanza, si ha allora il cosiddetto calore specifico.

Conducibilità termica

Grandezza termodinamica che esprime l'attitudine di un mezzo a favorire la propagazione del calore. In altre parole quantifica la capacità di trasmettere il calore più o meno facilmente.

Declinazione magnetica

Il Nord magnetico e Nord geografico non coincidono (distano più di 1000 km), il che significa che sulla superficie terrestre l'ago della bussola presenta un certo angolo, variabile da luogo a luogo, rispetto al meridiano terrestre. A tale angolo si dà il nome di declinazione magnetica. Nel 1622 si scoprì che la declinazione magnetica non solo era diversa da luogo a luogo, ma che presentava anche variazioni. Graham scoprì nel 1722 che queste variazioni erano addirittura giornaliere.

Diffrazione

E' tipica delle onde. Per diffrazione si intende la capacità delle onde di trasmettersi in direzione diversa da quella di propagazione. Ciò si osserva in modo palese quando, ad esempio, si pratica una piccola apertura circolare su uno schermo (produzione di un cono di luce, anziché di un raggio luminoso) oppure guardando il comportamento delle onde sulla superficie dell'acqua presso le imboccature delle darsene. Le onde

sonore e la radiazione elettromagnetica (dunque anche la luce) manifestano questo fenomeno.

Dispersione della luce

La deviazione subita da ogni “colore” (lunghezza d’onda) costituente la luce bianca (quella prodotta dal sole o da una lampadina a filamento) nel passaggio dall’aria al vetro di un prisma e poi dal vetro nuovamente all’aria non è costante. Ogni colore subisce una deviazione differente che è minima per il rosso e massima per il violetto e inoltre dipende dal mezzo disperdente. La figura colorata che si ottiene oltre il prisma è detta spettro della luce.

Elettroscopio

L’elettroscopio è un dispositivo elettrostatico in grado di rilevare (“scopio”) la presenza di cariche elettriche (“elettro”) su di un corpo. Salvo particolari configurazioni, il classico elettroscopio è formato da una bottiglia di vetro con fissata un’asta metallica ben isolata dall’involucro. L’asta termina all’esterno con un bottone d’ottone o con un piatto, all’interno invece con un sistema d’ancoraggio per due foglioline d’oro o d’argento. Un simile dispositivo circolava col nome di elettrometro di Bennet. Se si avvicina un corpo carico all’estremità dell’asta metallica senza toccarla (in questo caso il bottone si carica per *induzione elettrostatica*→) o anche lo si mette in contatto con essa, le foglioline si caricano con cariche dello stesso segno, respingendosi reciprocamente, quindi divergendo.

Elettrometro

Si tratta di un *elettroscopio*→ munito sull’involucro di vetro di una scala per la misura (metro) dell’angolo di divergenza delle foglioline. Si poteva quindi esprimere un giudizio qualitativo di tipo comparativo sullo stato di carica di un corpo.

Equazioni cardinali della statica

La Statica, cioè la scienza dei corpi in quiete, si fonda su due equazioni fondamentali, dette equazioni cardinali della statica, che per un corpo rigido sono necessarie e sufficienti.

La prima equazione cardinale della statica impone per la quiete di un corpo rigido che la risultante R delle forze agenti su di esso (esterne e vincolari, se presenti) sia nulla.

La seconda equazione cardinale impone per la quiete di un corpo rigido che il momento delle forze agenti sul sistema (esterne e vincolari, se presenti) sia nullo.

Nel caso di un corpo vincolato a muoversi, per esempio, su un piano verticale, per la quiete la prima equazione della statica impone che siano contemporaneamente nulle la somma delle forze in direzione orizzontale e in direzione verticale oltre al fatto che sia verificata la seconda equazione cardinale (equilibrio alla rotazione attorno a un’asse ortogonale al piano che contiene le forze). Se le forze agenti sono tutte verticali, per la quiete del corpo è allora sufficiente l’equilibrio alla traslazione verticale oltre a quello alla rotazione.

Grandezze vettoriali

Sono quelle grandezze non esprimibili attraverso un solo numero, ma per le quali è necessario precisare anche una direzione e un verso. Si pensi alla forza: con un braccio è sviluppabile una forza di 20 Newton (circa 2 chili), ma con essa si può tirare un oggetto o spingerlo oppure spostarlo lateralmente da una parte o da quella opposta. Considerazioni analoghe coinvolgono per esempio la grandezza velocità.

Inclinazione magnetica

Un ago calamitato sospeso per il suo baricentro non si dispone orizzontalmente, ma si inclina (tranne che all'equatore magnetico) più o meno verso il suolo. L'angolo tra l'orizzontale e la direzione con cui l'ago calamitato punta al suolo è detto inclinazione magnetica. Il fenomeno dell'inclinazione magnetica fu riportato nel 1576 da Robert Norman in un saggio dal titolo *The New Attractive*.

Induzione elettrostatica

Nel 1753 John Canton (1718-1772) giunse all'osservazione che un conduttore posto vicino a un corpo carico, ma non in contatto con esso, manifesta una carica elettrica di segno opposto a quella del corpo carico nella parte più vicina a quest'ultimo e una carica dello stesso segno nella parte più lontana. Chiamato in seguito induzione elettrostatica, questo effetto di separazione delle cariche a distanza, cioè in assenza di contatto diretto con un corpo elettrizzato o con una macchina elettrica, è facilmente dimostrabile anche con mezzi semplicissimi.

Induzione elettromagnetica

Evitando il linguaggio tecnico, si può dire, semplificando assai, che l'induzione elettromagnetica è quel fenomeno elettrodinamico in grado di produrre (indurre) correnti elettriche in un circuito chiuso quando:

- il circuito si muove o deforma entro un campo magnetico costante nel tempo;
- il circuito si trova immerso in un campo magnetico variabile nel tempo.

Se il circuito è aperto, il risultato è la generazione di una certa tensione tra i suoi terminali, con eventuale produzione di scintille.

Le macchine elettriche rotanti (motori e generatori) e i trasformatori funzionano grazie all'induzione elettromagnetica.

Interferenza

È un fenomeno tipico delle onde per cui, dalla loro sovrapposizione, si può avere in una regione dello spazio rinforzo, diminuzione o addirittura estinzione, cioè una intensità maggiore o minore di quella delle singole onde interferenti. L'intensità al limite può perfino essere nulla (interferenza distruttiva).

Legge di Boyle - Legge di Mariotte

Per un gas ideale a temperatura T costante il prodotto della pressione assoluta p per il volume V è costante (cioè $pV = \text{costante}$ per T costante). Da essa deriva, per esempio, che raddoppiando la pressione il volume del gas si dimezza.

Leggi di caduta dei gravi nel vuoto

I) Tutti i corpi nel vuoto cadono con la stessa velocità.

L'evidenza quotidiana è in netta contraddizione rispetto a quanto appena affermato. Tuttavia va ricordato che non si è in condizioni di vuoto; quindi è la presenza dell'aria atmosferica che fa arrivare a terra una palla di ferro prima di un foglio di carta.

II) Gli spazi percorsi da un corpo che cade nel vuoto sono proporzionali ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli.

Matematicamente la cosa si esprime nella relazione $S = \frac{1}{2}gt^2$ (S = spazio percorso, t = tempo e g = accelerazione di gravità).

III) La velocità acquistata da un corpo che cade nel vuoto è proporzionale alla durata della caduta.

Matematicamente ciò si esprime come $v = gt$ (v = velocità, t = tempo e g = accelerazione di gravità).

Legge di composizione dei moti

Il moto di un punto materiale può essere studiato come somma di tre moti elementari indipendenti l'uno dall'altro nella direzione degli assi del sistema di riferimento.

Si osserva che fu Galileo Galilei (1564-1642) ad affermare che due moti tra loro perpendicolari non si influenzano e che quindi essi si svolgono come se l'altro non esistesse.

La legge di Coulomb

La forza tra due corpi elettrizzati è inversamente proporzionale al quadrato della distanza e direttamente proporzionale alla quantità di elettricità che possiedono.

Leggi delle piccole oscillazioni del pendolo

I) Per un medesimo pendolo le piccole oscillazioni sono isocrone (isosincronismo del pendolo).

In altre parole, le piccole oscillazioni si compiono in tempi uguali indipendentemente da quanto si sia spostato inizialmente il punto materiale dalla posizione di equilibrio

II) Per pendoli della medesima lunghezza la durata delle piccole oscillazioni è uguale qualunque sia la massa del punto materiale sospeso.

Ne segue che non ha alcuna importanza la natura del materiale che forma la massa sospesa alla cordicella (sughero, rame, piombo, legno, ecc.).

III) Per pendoli di diversa lunghezza la durata delle oscillazioni è proporzionale alla radice quadrata della lunghezza.

In altre parole, se la lunghezza di un pendolo lungo 1 metro divenisse 4, 9, 16, ecc. volte più grande, la durata delle oscillazioni ne risulterebbe 2, 3, 4, ecc. volte maggiore.

IV) Per pendoli di uguale lunghezza la durata delle oscillazioni varia secondo l'inverso della radice quadrata dell'accelerazione di gravità g .

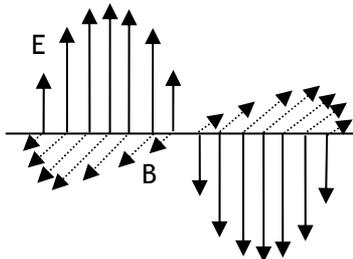
Legge di Stevino

La pressione sopra ogni strato di fluido è proporzionale alla profondità con costante di proporzionalità pari al peso specifico del fluido stesso.

Diretta conseguenza di quanto scritto è che una pressione può essere convertita, a meno di una costante, in una colonna di altezza z di fluido avente un certo peso specifico.

Onda elettromagnetica

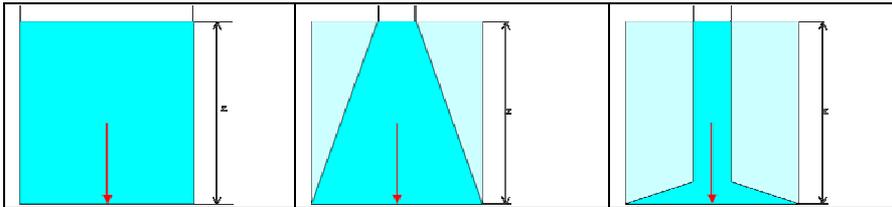
Un'onda elettromagnetica è costituita da un campo elettrico "E" e un campo magnetico "B" che si propagano simultaneamente a una velocità di circa 300.000 km/s nel vuoto. Immaginando di "fotografare" un'onda elettromagnetica, si osserverebbe il profilo ondulatorio dei campi E e B, la loro reciproca perpendicolarità (angolo di 90°) e che sono entrambi perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda.



Di norma il campo E presenta un'orientazione (sul piano perpendicolare a quello di propagazione) variabile nel tempo in modo casuale, cioè senza una "regola". In caso contrario l'onda si dice polarizzata e il fenomeno *polarizzazione della luce* →.

Paradosso idrostatico

La pressione a livello del punto più profondo di un recipiente dipende solo dall'altezza e non dalla quantità di liquido ospitato. Da ciò segue che sul fondo dei recipienti di forma diversa raffigurati qui sopra la pressione è identica, poiché lo stesso liquido che li riempie raggiunge in tutti la medesima altezza (e si noti che i volumi di liquido sono differenti).



Persistenza dell'immagine retinica

Quando si fissa una sorgente luminosa, l'immagine impressa sulla retina (parte sensibile alla luce dell'occhio) vi permane per un po' di tempo anche dopo che si è distolto lo sguardo dalla sorgente.

Pila a secco

Non tutte le pile richiedono necessariamente la presenza di una o più soluzioni conduttrici. Così, per l'assenza di soluzioni elettrolitiche, queste pile furono dette a secco. Una pila a secco modello Zamboni si otteneva sovrapponendo tanti dischetti (anche fino a 1800) ricavati dal taglio di strati di sette o otto fogli di carta ricoperti di stagno da un lato e dall'altro di biossido di manganese finemente polverizzato e fissato con del grasso. Alle estremità della pila si poneva un disco di rame. In genere si proteggeva il tutto con un cilindro cavo rigido a volte di vetro. In ogni pila il dischetto di rame che comunicava con lo stagno era il polo negativo e quello lato biossido di manganese era il polo positivo. Per la verità un po' d'acqua c'è sempre, dovuta all'umidità dell'aria.

Polarizzazione della luce

Per polarizzazione si intende un fenomeno che introduce una regola per il campo elettrico E di un'onda elettromagnetica →. Tali onde "dotate di regola" sono dette polarizzate. La polarizzazione può essere:

- *rettilinea*: l'orientazione del campo E è costante nel tempo e quindi appartiene a un piano. Il piano di oscillazione di E è detto piano di polarizzazione;
- *ellittica*: l'orientazione del campo elettrico E cambia nel tempo con regolarità, ruotando in modo costante "descrivendo con la punta" un'ellisse;
- *circolare*: caso particolare del precedente con il campo elettrico che ruota in modo costante "descrivendo con la punta" una circonferenza.

Un sistema per polarizzare la luce è il seguente: far incidere un raggio su una superficie riflettente con un'angolazione particolare (angolo di Brewster). Il raggio riflesso risulta polarizzato linearmente.

Prisma Nicol

Nel 1828 William Nicol (1768-1851) inventò un particolare sistema acromatico formato da due prismi, di cui uno birfrangente. Grazie alla riflessione totale in corrispondenza dell'unione delle facce, il raggio ordinario prodotto dal primo prisma di spato d'Islanda risultava eliminato (usciva infatti lateralmente), cosicché emergeva direttamente dal prisma solamente il raggio straordinario, quindi *luce polarizzata* → linearmente.

Proprietà delle forze parallele

La risultante R di due forze parallele F_1 e F_2 è uguale alla loro somma algebrica e divide il segmento congiungente i loro punti d'applicazione in parti inversamente proporzionali alle loro intensità.



Principio di Archimede

Un corpo solido indeformabile immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato.

Questo principio vale per i fluidi, cioè liquidi e gas.

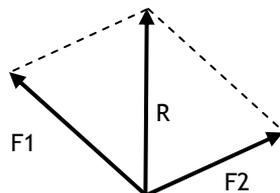
Principio dei vasi comunicanti

In vasi aperti comunicanti tra loro il menisco liquido - aria in ciascun vaso si dispone su un piano orizzontale comune.

In altre parole, il livello raggiunto dal liquido che riempie i vasi (acqua, alcol, mercurio, ecc.) è sempre lo stesso.

Regola del parallelogramma delle forze

Il vettore risultante R di due forze F_1 e F_2 le cui rette d'azione siano concorrenti in un punto, è pari alla diagonale del parallelogramma costruito sui segmenti che le rappresentano.



Rifrazione

Fenomeno tipico delle onde che si manifesta con un cambiamento di direzione dell'onda nel passaggio da un mezzo a un altro di diverse caratteristiche fisiche.

Spinta aerostatica

La spinta (forza dal basso verso l'alto) aerostatica è una diretta conseguenza del *principio di Archimede* → per i gas. Essendo l'aria atmosferica un fluido, ne segue per sui corpi immersi in essa è presente una forza di sostentamento pari naturalmente al peso del volume d'aria spostato.

Teorema del moto del baricentro

Il moto di un sistema soggetto a forze esterne è determinato solo dal moto del suo *baricentro* → dotato dell'intera massa e soggetto al risultante delle forze esterne.

BIBLIOGRAFIA COLLEGATA AGLI STRUMENTI

- G. AMBROSOLI, *Prime nozioni di fisica*, Francesco Vallardi, Milano, 1845
- A. BATTELLI, C. Cardano, *Trattato di fisica sperimentale ad uso delle università*, Francesco Vallardi, Milano, ed. 1913, 1916, 1922-1925
- B. BESSO, *Le grandi invenzioni antiche e moderne*, Fratelli reves, Milano, 1875
- G. B. BIOT, *Trattato elementare di fisica sperimentale*, Tipografia del giornale enciclopedico, Napoli, 1818
- A. BOUCHARDAT, *Physique élémentaire avec ses principales applications*, Germer Baillière, Paris, 1851
- G. CANTONI, *Lezioni di fisica*, Francesco Vallardi, Milano, 1875
- T. CAVALLO, *Trattato completo d'elettricità teorica e pratica*, Gaetano Cambiagi stampatore Granducale, Firenze, 1779
- A. CLERC, *Fisica popolare*, Edoardo Sonzogno, Milano, 1885
- R. COLSON, *Traité Élémentaire d'électricité*, Gauthier-Villars, Paris, 1885
- C. DESPRETZ, *Traité élémentaire de physique*, Méquignon-Marvis, Libraire-éditeur, Paris, 1832
- A. DRIGO, *Lezioni di fisica sperimentale e applicata alla medicina e alla biologia*, Libreria R. Zannoni, Padova, 1941
- A. GANOT, *Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicata*, Francesco Pagnoni Tipografo-Editore, Milano, ed. 1861, 1883
- G. GELCICH, *Ottica*, Hoepli, Milano, 1895
- G. GIORDANO, *Trattato elementare di fisica sperimentale e di fisica terrestre*, Stabilimento tipografico di Federico Vitale, Napoli, 1862
- J. JAMIN, *Piccolo trattato di fisica*, B. Pellerano, Napoli, 1880
- J. JOUBERT, *Traité élémentaire d'électricité*, G. Masson éditeur, Paris, 1889
- M. MARTINELLI, *Le pile elettriche e loro applicazioni*, E. Bignami & C., Milano, 1910
- C. MATTEUCCI, *Lezioni di fisica*, Rocco Vannucchi, Pisa, 1847
- G. MILANI, *Corso elementare di fisica e meteorologia*, Editori della biblioteca utile, Milano, 1869
- O. MURANI, *Trattato elementare di fisica compilato ad uso dei licei e degli istituti tecnici*, Hoepli, Milano, 1906
- J. A. NOLLET, *Lezioni di fisica sperimentale*, Giambattista Pasquali, Venezia, 1762
- E. PERUCCA, *Fisica generale e sperimentale*, UTET, Torino, 1937
- L. PINTO, *Trattato elementare di fisica compilato ad uso dei licei*, Cav. Antonio Moreno editore, Napoli, 1892
- A. PRIVAT DESCHANEL – P. PICHOT, *Trattato elementare di fisica*, Fratelli Dumolard, Milano, 1871
- A. RÒITI, *Elementi di fisica*, Le Monnier, Firenze, 1908-1910
- E. SGUARIO, *Dell'elettricismo: o sia delle forze elettriche de' corpi*, Stamperia Giovanni Di Simone, Napoli, 1747
- A. M. TRAVERSI, *Elementi di Fisica generale*, Tipografia Antonio Curti, Venezia, 1822.
- B. ZAMBRA, *I principj e gli esperimenti della fisica*, Francesco Vallardi, Milano, 1854
- F. ZANTEDESCHI, *Trattato di Fisica elementare*, Tipografia Armena di S. Lazzaro, Venezia, 1843-1846
- F. ZANTEDESCHI, *Ricerche fisico-chimico-fisiologiche sulla Luce*, G. Antonelli, Venezia, 1846

GLI AUTORI

FEDERICO ANDREOLO è docente di storia e filosofia al Liceo Foscarini e ne è vicepresidente.

PAOLO BONA VOGLIA è docente di matematica e fisica al Liceo Foscarini, è responsabile dei laboratori di informatica e webmaster del sito internet.

DANIELA MAGNANINI è docente di chimica, biologia e scienze della terra. Attualmente distaccata presso la Scuola Europea di Bruxelles I per l'insegnamento della Biologia e della Chimica, è stata docente al Foscarini dal 1989 al 2006. E' stata Direttore del Museo Traversi dal 2003 fino a settembre 2006.

PIERANDREA MALFI dal 1996 si occupa del progetto di recupero e valorizzazione del patrimonio strumentale del Liceo. Dal 2003 è Curatore del Museo di Fisica "A. M. Traversi".

LEONARDO MEZZAROBA è docente di italiano e latino al Liceo Foscarini.

PATRIZIA ZAMPIERI è docente di matematica e fisica al Liceo Foscarini. Da ottobre 2006 è Direttore del Museo Traversi.