

## ESEMPI DI STRUMENTI SCIENTIFICI DA COLLEZIONE CON DESCRIZIONE

*di Ezio Fornero*

Da alcuni anni ormai si è sviluppato un crescente interesse verso la catalogazione, la rivisitazione e il restauro del materiale raccolto in vecchi laboratori di Fisica (in particolare quelli di molte scuole medie superiori, o delle Università e dei centri di ricerca) e collezioni pubbliche e private. In particolare, diversi licei e istituti tecnici hanno pubblicato sul web elenchi ragionati e schede illustrative del materiale “storico” in loro possesso, talvolta risalente fino alla prima metà del XIX secolo se non – in alcuni casi – addirittura al XVIII secolo.

Ma – dirà qualcuno – perché questo interesse per le tecnologie superate e i rottami restaurati? In effetti, solo una parte – credo la minore – di tutto il materiale inventariato e reso pubblico può tuttora funzionare, e comunque ciò non avrebbe importanza, perché il fine di una collezione di strumenti “antichi” non è certo quello di conservare congegni che assolvano una qualche funzione sia pure anche solo di tipo dimostrativo, ma di testimoniare, attraverso l’osservazione della fattura e della costruzione dello strumento, l’evoluzione delle competenze tecniche, degli strumenti della ricerca, dei campi verso cui si indirizzava l’indagine scientifica e – di conseguenza – l’insegnamento delle materie scientifiche. Ma vi è un altro aspetto, forse addirittura prevalente, ed è di carattere essenzialmente estetico: gli strumenti dell’epoca aurea (dal XIX secolo fin verso la metà del XX) sono belli, furono spesso costruiti da artigiani che badavano alla forma, con le parti metalliche in ottone, sostegni in legno dal profilo sagomato in forme talvolta elaborate, parti in legno ben verniciate, mentre a partire dagli anni ’50 dello scorso secolo compaiono strumenti in metallo grigi e pesanti, dall’aspetto massiccio, forme squadrate senza concessioni all’estetica, che decisamente “sfigurano” rispetto ai precedenti. Ma soprattutto, il funzionamento degli strumenti “antichi” è evidente: non contengono componenti elettronici a semiconduttore né tantomeno circuiti integrati. In particolare, gli strumenti elettronici costruiti negli ultimi decenni sono spesso “scatole nere”, indubbiamente molto più funzionali dei loro antenati, ma il cui funzionamento è nascosto dalla complessità e dalle piccole dimensioni dei componenti elettronici: essi collegano input e output, ma il processo interno resta misterioso, irraggiungibile a chi non sia esperto. Si confronti un termometro analogico a mercurio o ad alcool con uno a display digitale: nel primo caso un osservatore in possesso di semplici nozioni può riconoscere la legge fisica che pone in relazione la lunghezza della colonna liquida alla variazione della temperatura, nel secondo è confinato alla registrazione di una misura risultato di un processo invisibile. La legge fisica che presiede allo scopo di un apparecchio antico è chiara, e può essere svelata facilmente anche a un ascoltatore non particolarmente esperto.

Un elenco di siti dedicati alle collezioni di strumenti di laboratorio di costruzione antica o meno recente è riportato al fondo di questo articolo.

Forse gli strumenti più interessanti sono quelli di elettrologia elementare, che esplorano le prime proprietà della carica elettrica: l'elettrizzazione, le forze attrattive e repulsive, la pila ecc. La seguente immagine si riferisce a un **elettroscopio a foglie d'oro** risalente circa alla metà del XIX secolo, attualmente nel "laboratorio storico" del Liceo "Augusto Monti" di Chieri.

Come suggerisce il nome, l'elettroscopio rivela la presenza di una carica elettrica. Si distinguono una sferetta di ottone in cima, che funge da sonda, infilata su un'asta anch'essa in ottone (il conduttore più utilizzato nel XIX secolo fin verso la metà del XX) terminante nell'estremità inferiore in due pagliette d'oro (molto spesso sostituito dalla carta stagnola nei modelli recenti). Ponendo a contatto un conduttore carico con la sonda, la carica si propaga lungo il corpo dello strumento fino alle due fogliette d'oro, che caricandosi con cariche dello stesso segno si respingono e divergono; l'ampiezza dell'angolo tra di esse formato è indicativo della quantità di carica assorbita dallo strumento, pur non essendo di per sé un indice preciso. Da notare la cassetta degli strumenti in legno alla base dell'apparecchio.



Una variante è l'**elettrometro condensatore** ideato dal Volta; a lato, un campione in dotazione al Liceo Classico "L. Ariosto" di Ferrara, di epoca imprecisata ma anteriore al 1875.

In questo caso, la sonda è sostituita dalle armature di un condensatore. Una delle due armature è fissa al corpo dello strumento, l'altra (a sin. nell'immagine) viene appoggiata sulla prima; il contatto elettrico tra i due piatti è impedito da uno strato di vernice applicato alla faccia superiore del piatto fisso. Ponendo un conduttore carico a contatto con la superficie esterna del piatto fisso, il condensatore ne assorbe la carica quasi completamente, avendo una capacità elettrica relativamente grande; ma se il piatto superiore viene allontanato, la capacità del piatto fisso diminuisce e la carica viene distribuita nel corpo dello strumento fino alle foglioline, che divergono tra di loro in misura tanto maggiore quanto maggiore è la carica assorbita dallo strumento.



I corpi possono essere elettrizzati strofinandone la superficie, o – nel caso dei conduttori – mediante contatto con un corpo già carico. A questo scopo, intorno al 1775 Volta ideò l'**elettroforo** (nell'immagine, un campione in dotazione al Liceo Scientifico "Alessandro Serpieri" di Rimini).

È costituito da un piatto sul quale è applicato uno strato di resina isolante detto "stiacciata", che può essere caricato negativamente strofinandolo p.es. con pelle di gatto, e da un disco metallico ("scudo") dotato di manico isolante (tipicamente, vetro). Appoggiando lo scudo sullo strato di resina, la faccia a contatto con questa si carica positivamente per induzione (le cariche negative attirano quelle positive) ma, essendo lo scudo complessivamente neutro, si forma simultaneamente una carica negativa sulla sua faccia superiore. Scaricando questa a terra (p. es. toccandola con un dito), resta la carica positiva su quella prospiciente la resina. Allontanando lo scudo, questo resta caricato positivamente e si può trasferire la sua carica a un altro conduttore. In tal modo da una carica iniziale negativa si possono ottenere *ad libitum* cariche positive della stessa intensità.



Un grande progresso, tra il XVIII e il XIX secolo, fu l'invenzione delle macchine elettrostatiche (capaci di realizzare potenziali di centinaia di migliaia di Volt), quali quelle di **Ramsden** e **Wims-hurst**. Sotto, due campioni della **macchina elettrostatica di Ramsden**, molto utilizzata alla fine del XVIII e nella prima metà del XIX secolo specie per produrre grandi scintille elettriche: a sin., la macchina in dotazione al Museo A.M. Traversi, anteriore al 1818; a destra, quella presso il Museo Galileo di Firenze, risalente al secondo quarto del XIX secolo.



Tutte le macchine elettrostatiche convertono energia meccanica in energia elettrica. Nel caso della macchina di Ramsden il lavoro esterno consiste nel far girare manualmente mediante una manovella

un grande disco di vetro che striscia tra due cuscini in pelle, caricandosi per attrito. La carica così prodotta viene convogliata per induzione ai due bracci collettori. La carica ottenuta ha segno positivo.

Un'altra invenzione epocale è la **pila di Volta**, nel 1799. È il primo generatore di energia elettrica statica mai realizzato. Qui è riprodotto uno dei primi esemplari, databile al 1810 c.ca, in possesso dell'Università della Sapienza di Roma: è costituita da 120 "elementi voltaici" ovvero coppie di dischi di zinco e rame separati da un panno imbevuto di una soluzione di acido solforico in acqua, infilati intorno a un'asta verticale di ottone.



Ogni elemento è in grado di generare una forza elettromotrice di 0,76 V, quindi la tensione totale fornita in generale è data dal numero degli elementi per 0,76 V.

La stretta connessione tra correnti elettriche e fenomeni magnetici (scoperta dal fisico danese H.C. Oersted nel 1821) può essere evidenziata dal **telaio moltiplicatore di Schweigger** (Johann Schweigger, scienziato tedesco 1779-1857), che, per così dire, amplifica il campo magnetico generato da una spira percorsa da una corrente elettrica, fino a riuscire a orientare un ago magnetico posto al centro dello strumento in direzione perpendicolare al giacitura delle spire avvolte sul telaio. Insomma, il telaio di Schweigger è il prototipo delle moderne bobine. Ecco il campione del Liceo Ginnasio "Alessandro Manzoni" di Milano.



Le spire, avvolte lungo il perimetro del telaio e tutte percorse dalla stessa corrente nello stesso verso, generano nello spazio da loro limitato un campo magnetico di intensità uguale alla somma delle intensità dei campi prodotti dalle singole spire e capace di orientare lungo la propria direzione l'ago magnetico posto nel centro.

Ecco infine una bella bussola, costruita da Charles Jest, “meccanico” operante in Torino nella seconda metà del XIX secolo, facente parte del “Laboratorio Storico” del Liceo “Augusto Monti” di Chieri.



Bisogna tener presente che fin verso la fine del XIX secolo, e anche oltre, la costruzione degli apparecchi scientifici era per lo più affidata ad artigiani come C. Jest, “macchinista preparatore” del Gabinetto di Fisica dell’Università di Torino dal 1852 al 1900.

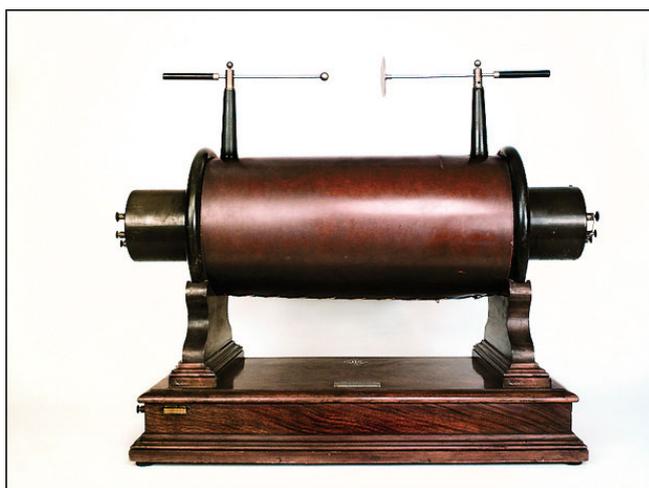
Di Charles Jest, lo stesso Liceo “A. Monti” di Chieri conserva anche questa **macchina pneumatica a mano**, con campana di vetro, anteriore al 1876 e tuttora in discrete condizioni:



Sul piano tecnico-scientifico, l’elettromagnetismo raggiunse il suo pieno sviluppo poco dopo la metà del XIX sec. con la completa comprensione delle relazioni esistenti tra fenomeni magnetici e correnti elettriche. Questi risultati, basati essenzialmente sulla *Legge di Faraday-Neumann* la quale

stabilisce che un flusso di campo magnetico variabile concatenato a un avvolgimento (bobina) genera nel medesimo una corrente elettrica, sono alla base della produzione della corrente alternata industriale. Tale principio è altresì alla base della produzioni di elevate tensioni alternate, mediante il cosiddetto **rocchetto di Ruhmkorff** (Heinrich Daniel Ruhmkorff, fisico tedesco, 1803 – 1877). Partendo da corrente continua a bassa tensione, si eccita una elettrocalamita (circuito primario) che muove l'interruttore, interrompendo la corrente che la alimenta. Ciò produce una forte e rapida variazione del campo magnetico concatenato a un avvolgimento secondario coassiale al primario; per Faraday-Neumann, l'improvvisa variazione del flusso magnetico induce una tensione indotta ai capi del secondario dell'ordine di decine di migliaia di Volt. L'interruttore ritorna alla posizione iniziale e consente di nuovo il passaggio della corrente, con rapida variazione del flusso magnetico e conseguente nuovo forte impulso di tensione, iniziando un nuovo ciclo, e così via. Il valore della tensione indotta dipende essenzialmente dal rapporto tra il numero delle spire dell'avvolgimento secondario e quelle del primario. Il rocchetto fu la principale sorgente di alte tensioni utilizzabili nei laboratori di Fisica per più di mezzo secolo, e consentì lo studio del passaggio della corrente elettrica nei gas e delle onde hertziane.

Ecco l'esemplare custodito nel Museo del Dipartimento di Fisica dell'Università "La Sapienza" di Roma, fabbricato dalla ditta Balzarini di Milano, anno 1910. Si noti lo spinterometro sopra il corpo dello strumento ricoperto da una guaina in pelle, tra i cui elettrodi scocca la scintilla.



La disponibilità di alte tensioni e di vuoti sempre più spinti consentì di studiare il passaggio della corrente nei gas, **dall'uovo di de La Rive** (August de La Rive, ginevrino, 1801-1873) sino al **tubo di Crookes** che, grazie al vuoto molto spinto e alle alte tensioni applicate (migliaia di Volt) consentì l'osservazione dei *raggi catodici* e, grazie agli studi di Thomson, la scoperta dell'elettrone. Ecco l'apparecchio di de La Rive in dotazione al Gabinetto di Fisica del Museo Urbinato della Scienza e della Tecnica (età imprecisata, XIX sec.).



Questo strumento poteva essere azionato anche solo da una macchina elettrostatica. I progressi nella tecnica di produzione degli alti vuoti e delle elevate tensioni portarono il fisico inglese William Crookes (1832-1919) alla realizzazione di un tubo ad alto vuoto, nel quale la scintilla luminosa che scocca tra due elettrodi ad alta tensione, si dissolve progressivamente al diminuire della pressione fino a che, quando questa scende a  $10^{-5}$  atm, l'interno del tubo appare oscuro, mentre si osserva una macchia verdastra fluorescente sul vetro in prossimità dell'anodo.

Crookes dimostrò che il fenomeno è dovuto a una radiazione uscente dal catodo, capace di formare ombre nette, cui fu dato il nome di *raggi catodici*; fu poi accertato che tali raggi sono in realtà costituiti dagli elettroni emessi per evaporazione dalla superficie del catodo, surriscaldata dal bombardamento cui è sottoposta da parte degli ioni positivi presenti nel gas residuo contenuto all'interno del tubo, che vengono spinti ad alte velocità dall'intenso campo elettrico.

Ecco un tubo di Crookes in funzione (Liceo Monti, Chieri, esperimento compiuto nel 2006).



Si noti l'ombra della croce di Malta dalla parte opposta rispetto al catodo.

I tubi Crookes hanno forme diverse; ecco un esemplare presumibilmente risalente ai primi anni del XX sec., appartenente ad una collezione privata ([http://uv201.com/Misc\\_Pages/crookes\\_tube.htm](http://uv201.com/Misc_Pages/crookes_tube.htm))



Passando alla Meccanica dei Fluidi, ci imbattiamo in questo magnifico **vaso di Tantalo**, appartenente al Museo per la Storia dell'Università di Pavia:



Il nome deriva dal fatto che è impossibile bere da questo recipiente, essendo possibile riempirlo solo fino al punto in cui il livello del liquido raggiunga l'apice del sifone (il tubo ricurvo al centro). Quando ciò avviene, il vaso viene svuotato fino al livello dell'apertura del sifone.

Passiamo ora alla **fontana di Erone** (Erone di Alessandria, matematico e inventore ellenistico, I sec. d.C.). Il Museo Galileo ne possiede un bellissimo esemplare, databile alla seconda metà del XVIII secolo.



È costituita da due globi di vetro; su quello superiore è montata una vaschetta. Si deve prima riempire d'acqua per metà il recipiente inferiore, e così quello superiore. Un tubo verticale esce dalla vaschetta e, dopo aver attraversato il recipiente superiore, pesca in quello inferiore. Un altro tubo parte dal volume libero del globo inferiore e termina al di sopra del livello del liquido in quello superiore. Infine, una terza condotta pesca nell'acqua del recipiente posto in alto e termina nel centro della vaschetta.

Si versa dell'acqua in quest'ultima; l'aumento di volume del liquido nel recipiente in basso spinge l'aria nel tubo che unisce i due globi, che a sua volta preme sulla superficie dell'acqua nel recipiente in alto, costringendo l'acqua a fuoriuscire attraverso il terzo

tubo uscente dalla vaschetta.

Di Erone si può ricordare ancora l'**eolipila** ("Sfera di Eolo"). Questo è lo strumento conservato al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (La Coruña, Spagna), risalente alla seconda metà del XIX sec.



L'eolipila di Erone sfrutta il principio di azione e reazione, come pure l'arganetto idraulico e quello elettrico – altri strumenti, questi, normalmente presenti nei laboratori di Fisica delle scuole. La sfera metallica, riempita d'acqua, viene posta su una fiamma; il vapore prodotto fuoriesce con violenza dagli ugelli posti alle estremità dei bracci posti in cima al corpo dello strumento, in direzioni opposte. Si tratta dello stesso principio del motore a reazione: lo strumento riceve un impulso che lo fa ruotare intorno ad un asse ortogonale alla direzione dei due bracci.

Nell'arganetto idraulico, si ottiene lo stesso effetto facendo espellere l'acqua sotto pressione; nell'arganetto elettrico, i bracci possono essere tre o quattro o anche di più, e dalle punte alle loro estremità vengono espulse cariche elettriche trasferite allo strumento.



A sin., l'**arganetto elettrico** della collezione di **Carlo de Rubeis** (un privato che ha negli ultimi decenni ricostruito i prototipi di molti strumenti scientifici, vedi <http://www.percorsielettrici.it/>); a destra, **arganetto idraulico** custodito al Liceo Scientifico "Marconi" di Parma.

Non si può infine ignorare la classica **bilancia di Archimede**, o **idrostatica**. Ecco l'esemplare custodito presso l'Istituto Tecnico "F. G. Fontana" di Rovereto, acquisito nella seconda metà del XIX secolo:



Passando alla termologia, ecco il **bollitore di Franklin** (Benjamin Franklin, Boston 1706 – Filadelfia 1790, cui si devono – tra l'altro – gli studi sull'elettricità che lo portarono all'invenzione del

parafulmine) in dotazione al Liceo Scientifico “Alessandro Serpieri” di Rimini; in questo caso si tratta di un campione relativamente più recente, delle Officine Galileo di Firenze, forse degli anni ‘40 del XIX secolo.



L'interno del tubo e dei palloncini è stato svuotato dall'aria, per cui il liquido (acqua colorata) è in equilibrio col proprio vapore. Inizialmente il tubo è posizionato in basso, e i globi son riempiti fino alla loro metà. Afferrando con la mano uno dei due globi, il calore ad esso trasferito fa evaporare un poco di liquido, aumentando la pressione del suo vapore saturo soprastante; ciò è bastante a spingere la massa liquida nell'altro globo fino a riempirlo completamente, svuotando anche il tubicino di collegamento. Il termine “bollitore” deriva dal fatto che il vapore, propagandosi entro la massa liquida, la pone in ebollizione.

La dilatazione dei solidi all'aumentare della temperatura può essere verificata con l'**anello di 's Gravesande** (Willem Jacob 's Gravesande, olandese, 1688 – 1742); qui lo strumento in dotazione all'Istituto tecnico “F. G. Fontana” di Rovereto, acquisito nel 1872:



Si riscalda la sfera di metallo ponendola su una fiamma; ciò ne provoca la dilatazione. La sfera, che fredda poteva passare attraverso l'anello, non può più attraversarlo quando è calda.

Si può misurare la dilatazione termica anche mediante il **dilatometro lineare di Laplace** (Pierre-Simone Laplace, 1749 – 1827, matematico e scienziato francese). Lo strumento sotto rappresentato, tutto in legno e ottone, appartiene alla collezione del Liceo Classico “Vittorio Emanuele II” di Jesi e risale al principio del XX secolo.



L'apparecchio misura la *dilatazione lineare* di una sottile sbarretta metallica riscaldata da una fiamma, amplificata da un *comparatore a quadrante* che – noto il rapporto angolo/spostamento – consente di effettuare la misura dell'allungamento lineare. Si brucia alcool sotto tutta la sbarretta; le fiamme applicate a tutta la sbarretta la riscaldano (quasi) uniformemente, questa dilatandosi aziona il meccanismo a leva che fa ruotare la lancetta di un angolo proporzionale alla dilatazione lineare, che a sua volta è proporzionale alla variazione della temperatura.

Con la **cassetta di Ingenhousz** (Jan Ingenhousz, olandese, 1730 – 1799) si misura la velocità di propagazione del calore lungo materiali diversi.



A fianco un apparecchio della collezione del Liceo Classico “L. Ariosto” di Ferrara, risalente all'ultimo quarto del XIX sec. Il dispositivo è costituito da otto barrette con la stessa sezione e lunghezza ma di materiale diverso, immerse per qualche centimetro all'interno di una cassetta metallica che viene riempita con acqua calda. L'estremità libera delle barrette è ricoperta di cera; dal tempo che la cera inizia a fondere si deduce la rapidità con cui il calore si propaga attraverso i vari materiali.

Onde e acustica sono state indagate nel XIX secolo grazie a dispositivi come il **tubo di Kundt**, realizzato nel 1865 dal fisico tedesco August Kundt (1838 – 1894), col quale è possibile misurare la lunghezza d'onda e quindi la velocità di propagazione del suono in una sostanza gassosa.



Qui è riprodotto lo strumento in custodia presso il Museo di Fisica “Antonio Maria Traversi”, che raccoglie gli strumenti scientifici del vecchio laboratorio di fisica del Liceo Foscarini di Venezia.

L’onda sonora, propagantesi all’interno di una sostanza gassosa, genera vibrazioni longitudinali tali che una polvere sottile, preventivamente cosparsa all’interno del tubo, si accumula nei cosiddetti *nodi* di pressione, cioè nei punti in cui la vibrazione sonora è nulla. La distanza tra due nodi prossimi è la lunghezza d’onda, data dal rapporto tra la velocità del suono nel gas contenuto nel tubo e la frequenza delle vibrazioni. Queste vengono prodotte eccitando un’asta metallica penetrante nel tubo per 1/4 della lunghezza di questo, o sfregando la superficie esterna del vetro con un panno; la colonna vibrante è compresa tra un tappo scorrevole e un disco posto all’estremità interna dell’asta eccitatrice, la cui lunghezza determina la frequenza della vibrazione. Nota la lunghezza dell’onda sonora nel gas e la frequenza, si può determinare la velocità del suono.

Il suono veniva prodotto mediante sirene, come le **ruote dentate di Savart** (Félix Savart, fisico e medico francese, 1791-1841):

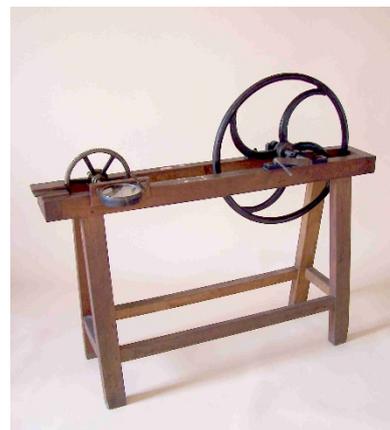


Questo esemplare appartiene alla Collezione dell’ ITT “G. e M. Montani” di Fermo, intorno al ’900.

Le quattro ruote coassiali, di 40, 50, 60, 80 denti sono poste in rotazione con la stessa velocità angolare da una macchina di rotazione. Il suono viene generato accostando una lamina metallica o un cartoncino ai denti in rotazione. Poiché l’altezza del suono dipende dalla frequenza delle vibrazioni, il suono più acuto è prodotto dal disco con 80 denti. La frequenza si ottiene moltiplicando il numero dei denti per il numero dei giri compiuti in un secondo.

Una variante è la ruota dentata del laboratorio storico del Liceo “A. Monti” di Chieri, risalente alla fine del XIX sec. e costruita dalla ditta G. R. Duroni di Torino, costruttore di strumenti di precisione per le scienze, le arti e le industrie:

Le due ruote sono collegate mediante una cinghia di trasmissione; si fa girare manualmente mediante una manovella al ruota grande, il suono è prodotto dagli urti dei 90 denti della ruota piccola contro una bretta di legno o di cartone.



Altrimenti, è possibile produrre il suono mediante la **sirena di Seebeck** (T. J. Seebeck, fisico estone, 1770 – 1831). Qui è raffigurato il disco della sirena custodito al Liceo Scientifico “G. Marconi” di Parma.



Il suono viene prodotto soffiando un getto d’aria perpendicolare al piano del disco posto in rapida rotazione. L’aria passa attraverso due fori successivi in un intervallo di tempo, il cui reciproco è la frequenza della vibrazione prodotta. Il campione in oggetto reca quattro serie di fori; la frequenza maggiore è quella generata dalla serie esterna.

Infine, il **sonometro**, strumento di concezione più antica, essendo l’evoluzione rinascimentale del monocordo pitagorico. In questo caso il suono è prodotto dalle vibrazioni di più corde poste in tensione.

Il magnifico esemplare del Liceo Ariosto di Ferrara, con archetto e pesi, è stato acquisito nel 1871. Si tratta di un sonometro differenziale di Marlye. Sulla cassa armonica sono tese tre corde metalliche, un ponte in legno scorrevole permette di stabilire la lunghezza della parte di corda vibrante. La tensione della corda centrale può essere regolata mediante i pesi. Lo strumento permette di studiare le relazioni tra frequenza del suono e grandezze caratteristiche delle corde (lunghezza, diametro, tensione ecc.).

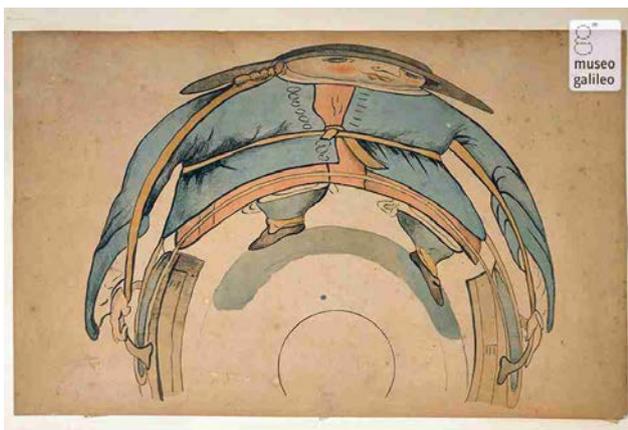


In musica, il tempo può essere scandito dal **metronomo di Mälzel** (Johann Nepomuk Mälzel, tedesco, 1772-1838). Lo strumento qui riprodotto, anteriore al 1880, è conservato presso la Fondazione Galileo Galilei di Pisa.

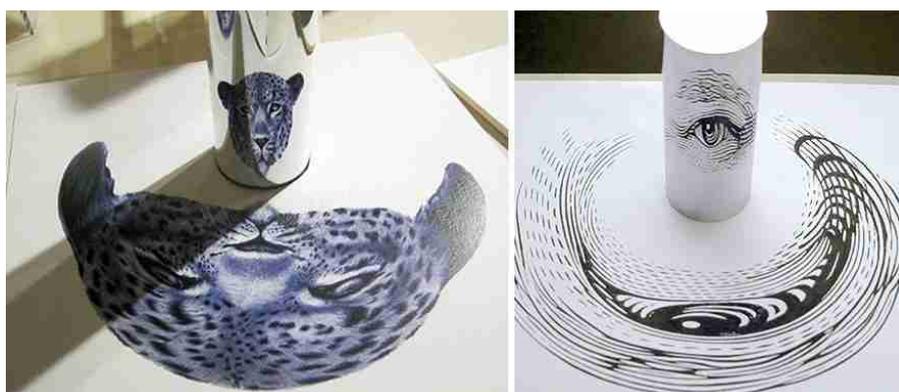
Si tratta di un pendolo con contrappeso, innovazione che permette di limitarne la lunghezza. Il periodo di oscillazione di un pendolo semplice aumenta con la radice quadrata della lunghezza; la battuta di un secondo esige una lunghezza di 1 m c.ca, due secondi corrispondono a 4 m ecc.; l'effetto del contrappeso è quello di rallentare le oscillazioni. Si ottiene il ritmo desiderato regolando la distanza del contrappeso dal fulcro; allontanandoli, il periodo di oscillazione aumenta.



Passando all'Ottica, possiamo considerare lo spettacolare effetto dell'**anamorfosi**. Dal punto di vista geometrico, è una trasformazione da una figura contenuta in un piano a una figura sulla superficie laterale di un cilindro. L'immagine piana è una figura deformata, che si rivela nelle dimensioni naturali quando viene riflessa dalla superficie di uno specchio cilindrico. Il bellissimo campione, risalente al XVII sec., fa parte della dotazione del già citato Museo Galileo.

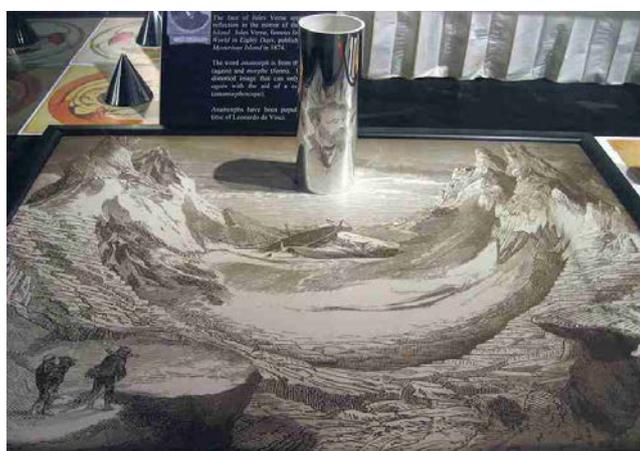


In tempi più recenti, l'arte dell'anamorfose ha raggiunto risultati spettacolari:



*artisti: Lisa Mallison (sinistra) e István Orosz (destra).*

La seguente anamorfose trasforma un paesaggio tridimensionale in un ritratto d'uomo:



Qui si ottiene un capitello.



Gli **specchi sferici** si distinguono in **concavi**, **piani**, **convessi**. Nel laboratorio “storico” del Liceo “Monti” di Chieri vi sono tre esempi di altrettanti tipi.



La diversa tipologia degli specchi si riconosce dalle caratteristiche delle immagini. Viste da distanze maggiori del doppio della focale dello specchio, le immagini prodotte da specchi concavi sono reali, capovolte, rimpicciolite; quelle degli specchi convessi sono per ogni distanza virtuali, rette, rimpicciolite; quelle degli specchi piani sono reali, rette, congruenti agli oggetti. Si riconosce che lo specchio a sin. è concavo (si osservi il portaombrelli vicino all’armadio), quello in mezzo è convesso, quello a destra è piano.

Gli specchi riflettono non solo la luce, cioè la componente visibile della radiazione elettromagnetica, ma anche la radiazione termica. Gli **specchi ustori** – che notoriamente possono focalizzare la luce fino a produrre la combustione di oggetti posti nel fuoco – possono fungere altresì da riflettori acustici, come nel caso dei due specchi metallici parabolici in dotazione all’ ITT “Montani” di Fermo, di costruzione anteriore al 1906:



Infine, uno strumento che utilizza una componente umana. L'**igrometro di De Saussure** (alpinista e scienziato svizzero, 1740 – 1799) funziona in base al fatto che i capelli si allungano all'aumentare dell'umidità relativa. Lo strumento serviva originariamente per verificare le condizioni meteorologiche in alta quota. Igrometri a capello vengono tuttora costruiti. Qui sotto, uno strumento risalente al 1830, costruito dalla ditta francese Deleuil, specializzata in strumenti scientifici.



Nell'armadietto in legno, con porticina di vetro, è alloggiato anche un termometro. Un meccanismo a leva-indice azionato dalla deformazione del capello permette di leggere l'umidità relativa su un indice.

## SITI WEB ITALIANI CHE OSPITANO COLLEZIONI DI STRUMENTI SCIENTIFICI

Museo di Fisica Antonio Maria Traversi del Liceo classico Foscarini di Venezia ([museo.liceofoscarini.it](http://museo.liceofoscarini.it))

Museo virtuale del Liceo scientifico Marconi di Parma (<http://www.melegari.net/marconi/Museo/>)

Strumentaria – antico laboratorio di Fisica del Liceo Ariosto di Ferrara (<http://www.liceoariosto.it/strumentaria/index.php/>)

Museo di Fisica dei Licei F. Cicognini – G. Rodari di Prato (<http://www.esteticainfisica.it/>)

Laboratorio storico del Liceo Scientifico Monti di Chieri (<http://www.liceomonti.it/images/SEZIONE%20FISICA/PaginaIniziale.html>)

Collezione di antichi strumenti di fisica del Liceo ginnasio Alessandro Manzoni di Milano (<http://www.liceoclassicomanzoni.gov.it/iniziative-progetti-liceo-manzoni/progetti-scienza-tecnologia-salute/collezione-antichi-strumenti-fisica/>)

Museo virtuale degli strumenti scientifici del Liceo V. Emanuele di Jesi (<http://www.liceoclassicojesi.gov.it/index.php/collezioni-storiche-topmenu-82/museo-virtuale-degli-strumenti-scientifici-topmenu-86>)

Museo degli strumenti di Fisica del Liceo A. Serpieri di Rimini (<http://www.liceoserpieri.it/museo/elenco.php>)

Museo scientifico del Liceo Garibaldi di Palermo (<http://museogaribaldi.it/it/>)

Catalogo del museo di Fisica del Liceo P. Villari di Napoli ([http://www.liceovillari.it/public/file/Catalogo\\_museo\\_fisica\\_Villari\\_10\\_2\\_17.pdf](http://www.liceovillari.it/public/file/Catalogo_museo_fisica_Villari_10_2_17.pdf))

Museo virtuale di Fisica dell'Istituto tecnico Fontana di Rovereto (<http://www.fgfontana.eu/index.php/museo-di-fisica.html>)

Museo virtuale dell'ITIS Montani di Fermo (<http://www.istitutomontani.gov.it/museo/file/index.php>)

Museo Galileo Firenze – Museo Virtuale (<http://www.museogalileo.it/esplora/museovirtuale.html>)

A.R.A.S.S. Brera (<http://www.arass-brera.org/it/>)

Fondazione Galileo Galilei – Museo delle collezioni di strumenti scientifici (<http://www.fondazionegalileogalilei.it/museo/museo.html>)

Museo di Fisica dell'Università “La Sapienza” di Roma (<https://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/home.htm>)

Museo per la storia dell'Università di Pavia, sezione Fisica (<http://musei.unipv.eu/msu/>)

Museo Urbinate della Scienza e della Tecnica – Gabinetto di Fisica ([http://physlab.uniurb.it/Collection\\_index.html](http://physlab.uniurb.it/Collection_index.html))

The Reverse Time Page – collezione privata di strumenti (<http://uv201.com/framepage1.htm>)

Collezione De Rubeis – percorsi elettrici (<http://www.percorsielettrici.it/>)