

# MECCANICA

studia le leggi del moto e l'equilibrio dei corpi sottoposti all'azione di forze

## TRACCE di STORIA

**IV secolo a.C.** ARISTOTELE formula una teoria sul moto dei corpi che influenza l'interpretazione della realtà per secoli.

**III secolo a.C.** ARCHIMEDE studia l'equilibrio di oggetti (ME1, ME2, ME3) e utilizza macchine semplici per costruzioni meccaniche, idrauliche, militari.

**I secolo.** ERONE descrive e costruisce sia strumenti utili alla vita quotidiana come carrucole, ingranaggi e ruote dentate sia giochi meccanici che stupiscono e affascinano lo spettatore.

**XIV secolo.** BURIDAN attribuisce ai corpi in movimento un impeto che si consuma a causa della resistenza dell'aria.

**XVI secolo.** TARTAGLIA nei suoi studi di balistica si serve di dati basati sull'esperienza e ipotizza traiettorie composte da tratti rettilinei e circolari. GALILEI utilizza un approccio diverso al problema che consente di formulare una nuova motivazione, verificabile e riproducibile oltre che sostenuta da considerazioni matematiche. La teoria galileiana fa uso come forza essenziale della gravità e ritiene la resistenza trascurabile.

**XVII secolo.** HUYGENS formula le leggi del moto circolare uniforme (ME4), applica all'orologio gli studi sul pendolo, esplicita la nozione di momento di inerzia e determina le leggi dell'urto di corpi elastici generalizzando il caso particolare enunciato da DESCARTES come teorema della variazione della quantità di moto.

NEWTON espone la prima trattazione matematica del moto dei corpi ed enuncia le tre leggi della meccanica classica (ME5, ME6). VARIGNON conclude lo studio dell'equilibrio dei corpi e della composizione di forze con le applicazioni del poligono delle forze (ME7, ME8).

**XVIII secolo.** Si perfezionano i nuovi metodi di calcolo che vengono applicati alla meccanica dei sistemi.

**XIX secolo.** Si attua la revisione della meccanica classica e si mettono in discussione i concetti di spazio e tempo.

## BIOGRAFIA di un'IDEA: LA CADUTA DEI GRAVI



ARISTOTELE

Tutti i corpi sono composti da quattro elementi: aria, acqua, terra e fuoco, che condizionano il movimento degli oggetti costringendoli a raggiungere la propria collocazione naturale. Il vapore composto da aria e fuoco tende verso l'alto. Un sasso composto prevalentemente di terra, lasciato cadere dall'alto, tende a raggiungere la superficie terrestre con maggior impeto di una piuma il cui elemento principale è l'aria.

L'indagine scientifica scaturisce dall'osservazione qualitativa e diretta dei fenomeni nell'ambito dell'esperienza quotidiana. Elencazione, classificazione, ordine, luogo e scopo consentono di ricavare generalizzazioni dalle quali dedurre logicamente asserzioni riguardanti i fatti osservati.

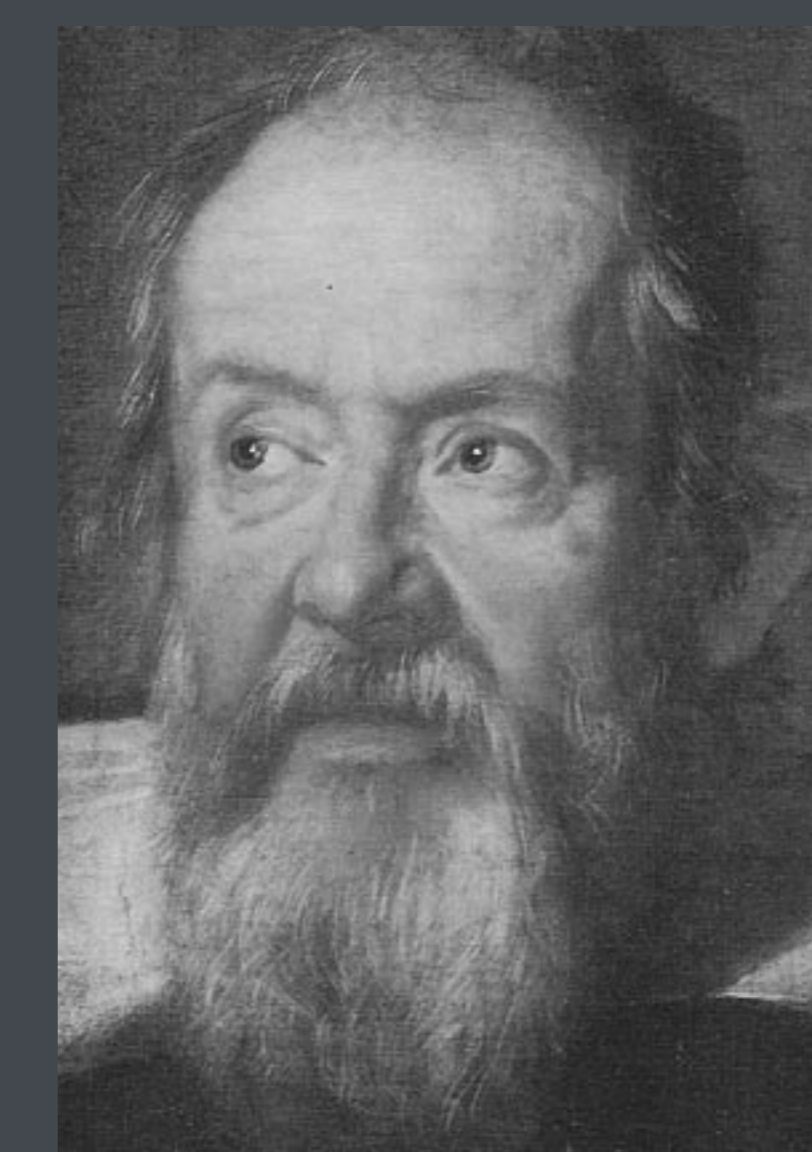
La descrizione del moto implica una relazione di proporzionalità inversa tra i pesi di due corpi e i rispettivi tempi di caduta. Se un corpo cade in un determinato intervallo di tempo, un oggetto di peso doppio cade nella metà del tempo. Di conseguenza maggiore è il peso di un corpo, maggiore è la sua velocità di caduta.

Il tempo e la velocità di caduta dipendono, inoltre, dal mezzo in cui avviene il movimento. Se il corpo si muove in un mezzo sottile e incorporeo (aria) in un certo tempo e con una determinata velocità, allora lo stesso corpo si muoverà in un mezzo meno leggero (acqua) in un tempo maggiore e con velocità minore.

Le conseguenze della teoria aristotelica implicano l'impossibilità del vuoto, poiché questo comporterebbe un mezzo inesistente e una velocità infinita; quindi un corpo potrebbe trovarsi contemporaneamente in più luoghi.

Non esistono solo i moti naturali altrimenti dopo poco tempo nulla più si muoverebbe; esistono anche i moti violenti per i quali la causa può essere l'uomo. Se si lancia orizzontalmente un sasso, questo dopo aver lasciato la mano non cade di moto naturale verticale verso terra perché la natura ha orrore del vuoto. Il sasso muovendosi tende a creare assenza di materia e la natura, che non permette l'esistenza del nulla, riempie lo spazio con dell'aria che precipitando contro l'oggetto gli comunica una spinta. Il mezzo materiale anziché opporre resistenza aiuta il moto stesso.

GALILEO GALILEI



Corpi diversi cadono contemporaneamente con uguale velocità se si riducono gli attriti (ME9). Una palla di sughero e una di piombo, cento volte più pesante, attaccate a due fili sottili e fatte oscillare, impiegano lo stesso tempo per raggiungere la posizione più bassa; lasciate, quindi, libere di cadere al suolo dalla medesima altezza, impiegano lo stesso tempo e acquisiscono la medesima velocità.

Per descrivere il moto di un corpo in caduta libera occorre misurare i tempi e attenuare la forza di gravità (ME5). Il problema della misurazione dei tempi è risolto con un orologio ad acqua composto da un secchio appeso al soffitto, con una sottile cannula uscente dal fondo che consente di far cadere un filo d'acqua in un bicchiere. Il peso dell'acqua raccolta rappresenta la misurazione del tempo trascorso.

L'attenuazione della caduta è ottenuta tramite l'uso di un piano inclinato, un regolo di legno in cui viene scavato un canaletto pulito e liscio, nel quale è fatta rotolare una palla di bronzo perfettamente sferica e pulita. La caduta in verticale è assimilabile al limite a cui tende un piano inclinato quando l'angolo di inclinazione tende all'angolo retto.

Se facendo scendere la palla lungo tutto il percorso essa impiega un determinato tempo, per un quarto della lunghezza totale impiega metà del tempo precedente. Ripetendo più volte sia per lunghezze sia per inclinazioni diverse si ottiene che gli spazi percorsi sono direttamente proporzionali ai quadrati dei tempi.

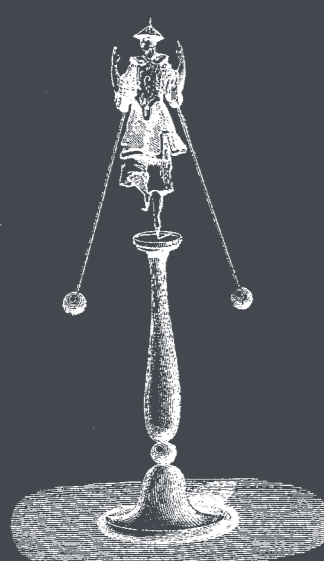
Dalla relazione tra spazi percorsi e tempi impiegati a percorrerli si conclude che la velocità di caduta è proporzionale al tempo trascorso ovvero che il moto è uniformemente accelerato.

La traiettoria di un sasso lanciato orizzontalmente dipende dalla composizione di due moti indipendenti (ME10, ME11). Il sasso si muove di un moto misto di retto e circolare: il moto orizzontale, impresso nel momento in cui è stato lanciato, mantiene velocità costante; il moto verticale di caduta libera è uniformemente accelerato. La perturbazione del mezzo avviene in infiniti modi e non può essere espressa tramite regole precise, tuttavia è sempre di contrasto e impedimento al moto.

# MECCANICA

## OGGETTI e STRUMENTI

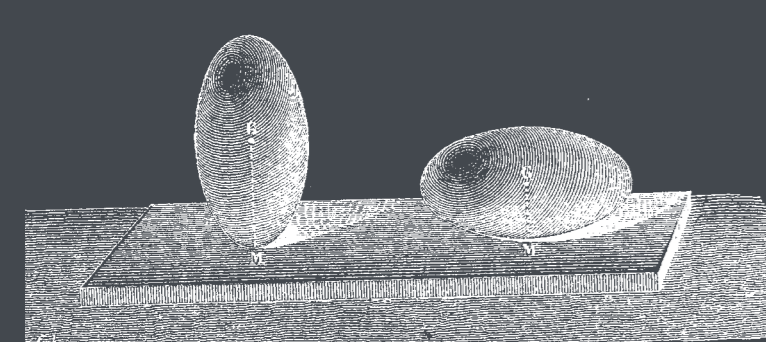
### ME1 EQUILIBRISTA



Lo strumento è costituito da una figurina in legno appoggiata per un punto su una base orizzontale; il centro di gravità dell'equilibrista è abbassato mediante due aste metalliche terminanti con due sfere in legno.

L'equilibrio del sistema rimane stabile perché il baricentro si trova al di sotto del punto di appoggio: se si sposta la figura essa ritorna sempre nella posizione di equilibrio.

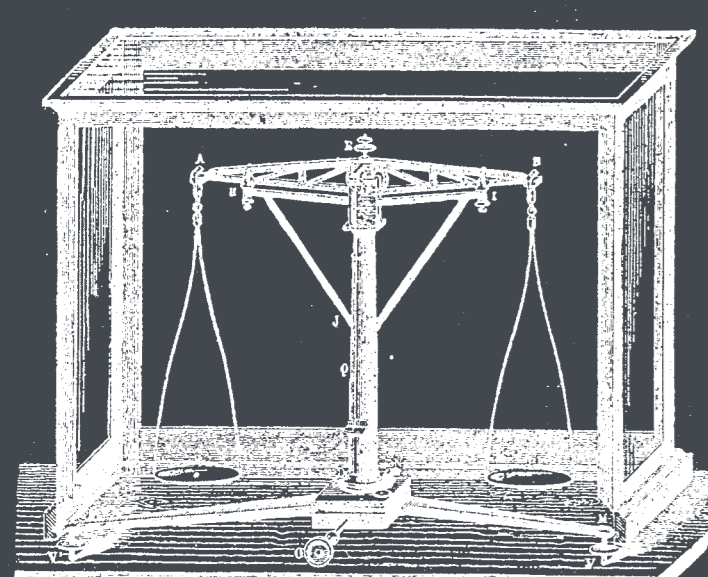
### ME2 UOVO DI LEGNO



L'uovo di legno è costituito da un corpo di forma ellissoidale. La verticale, passante per il suo centro di gravità, incontra il piano orizzontale nel suo punto di appoggio;

il baricentro si trova molto in basso a causa di un peso posto nella parte inferiore; se spostato dalla sua posizione di equilibrio vi torna dopo poche oscillazioni.

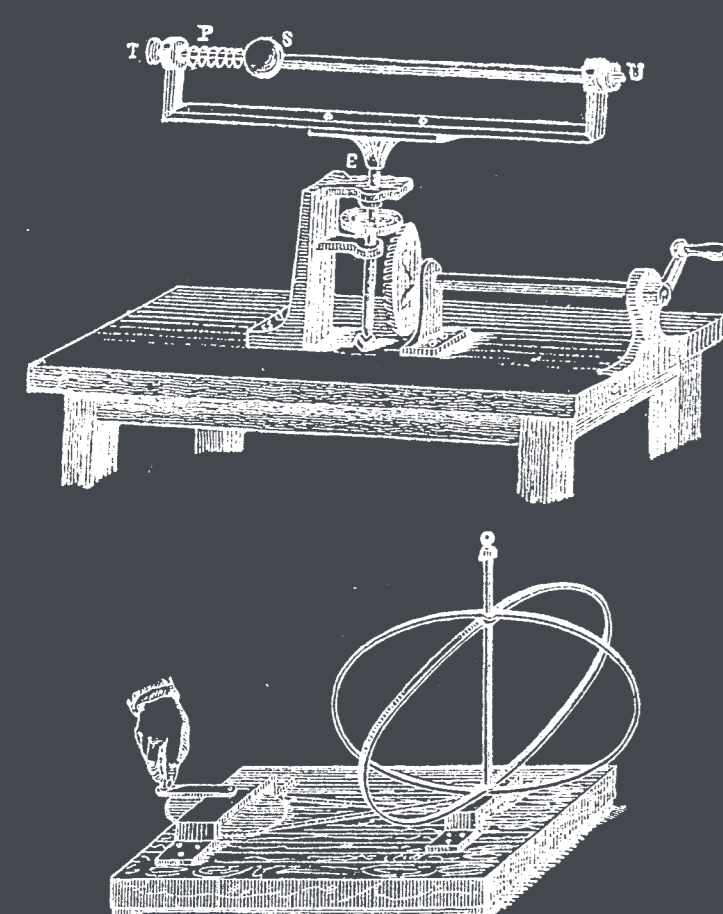
### ME3 BILANCIA



È uno strumento che serve per misurare la massa dei corpi; è costituito da una leva rigida detta giogo, mobile intorno ad un asse centrale, che è appoggiato su un piano orizzontale; alle estremità del giogo sono attaccati due piatti; quando sono vuoti, la loro altezza è allo

stesso livello e la bilancia è in equilibrio. Per misurare la massa di un oggetto lo si pone su un piatto e sull'altro si adagia una massa nota: se i due piatti sono in equilibrio le masse sono uguali, mentre, se non c'è equilibrio, è maggiore la massa collocata sul piatto più basso.

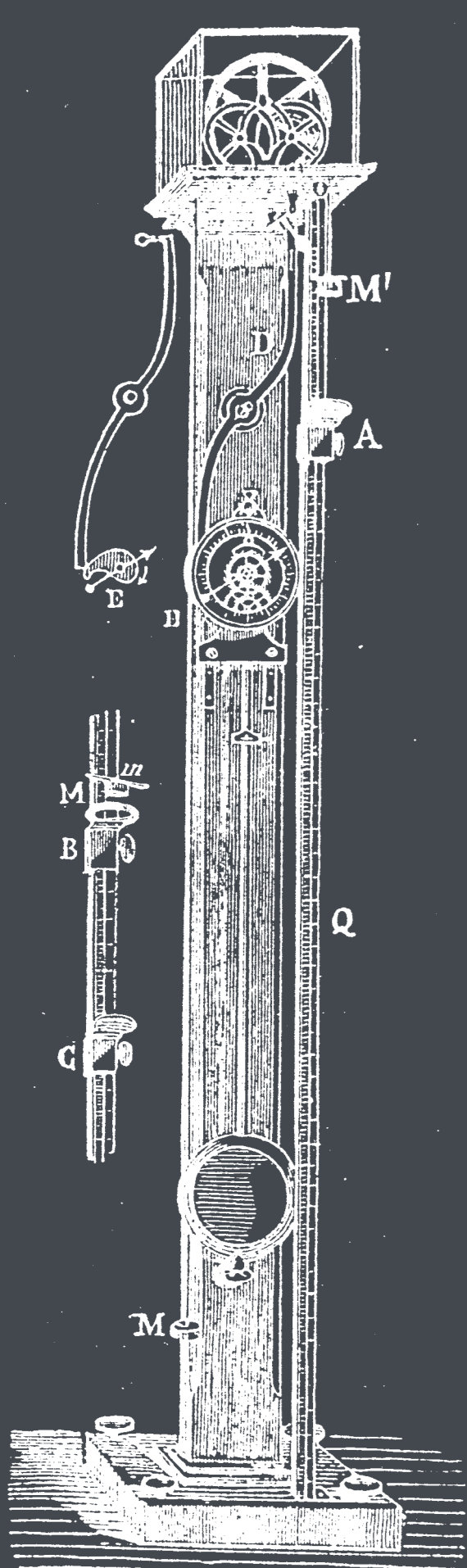
### ME4 APPARECCHIO PER ESPERIENZE SULLE FORZE CENTRIFUGHE



È uno strumento utilizzato già dalla fine del 1700 per dimostrare l'azione delle forze centrifughe; manca l'albero rotante ma sono presenti alcuni accessori: un'asta orizzontale con due palline di avorio scorrevoli legate tra loro mediante una funicella, un sistema di tre cerchi di nastro metallico incastrati su un asse

verticale a 120° l'uno dall'altro, utilizzato per verificare lo schiacciamento della terra ai poli, un supporto per dimostrare la possibilità di sollevare un peso mediante la forza centrifuga e due tubi di vetro inclinati e comunicanti nella parte inferiore contenenti acqua e mercurio in cui sono inserite due palline di diversa densità.

### ME5 MACCHINA DI ATWOOD



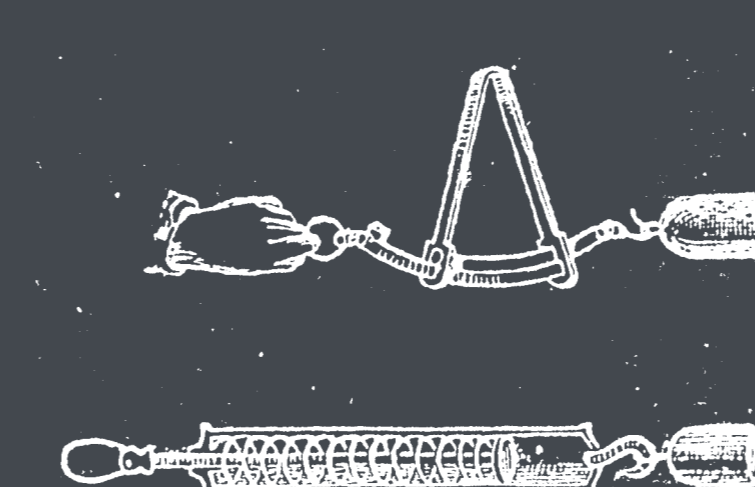
Lo strumento prende il nome dal fisico George Atwood che lo inventò verso il 1784 per studiare e dimostrare le leggi del moto uniformemente accelerato e rettilineo uniforme.

Ha una base in legno su cui sono fissate due colonne a sezione rettangolare ed una a sezione circolare, alte circa due metri. La colonna cilindrica è provvista di un pendolo contasecondi, di un sistema di pulegge sul quale passano le funi con i pesi e di un sistema per sganciare la caduta. Le altre colonne recano ciascuna due cursori con piattello, anello e scala graduata da 0 a 190 centimetri.

Se sulla gola della puleggia scorre un filo sottile ai cui estremi sono sospesi due

corpi di ugual massa, il sistema si trova in equilibrio indifferente, mentre se si aggiunge un dischetto da una parte, sull'intero sistema agisce una forza motrice. Misurando gli spazi percorsi sull'asta graduata si nota che l'accelerazione è costante e il moto è perciò uniformemente accelerato. Mediante un anello forato, si può arrestare la massa addizionale durante la discesa ottenendo così il moto uniforme. Si può anche verificare il secondo principio della dinamica togliendo da una parte alcuni dischetti e collocandoli dall'altra, mostrando così, senza cambiare la massa totale del sistema, che, a parità di massa, il rapporto tra forza e accelerazione è costante.

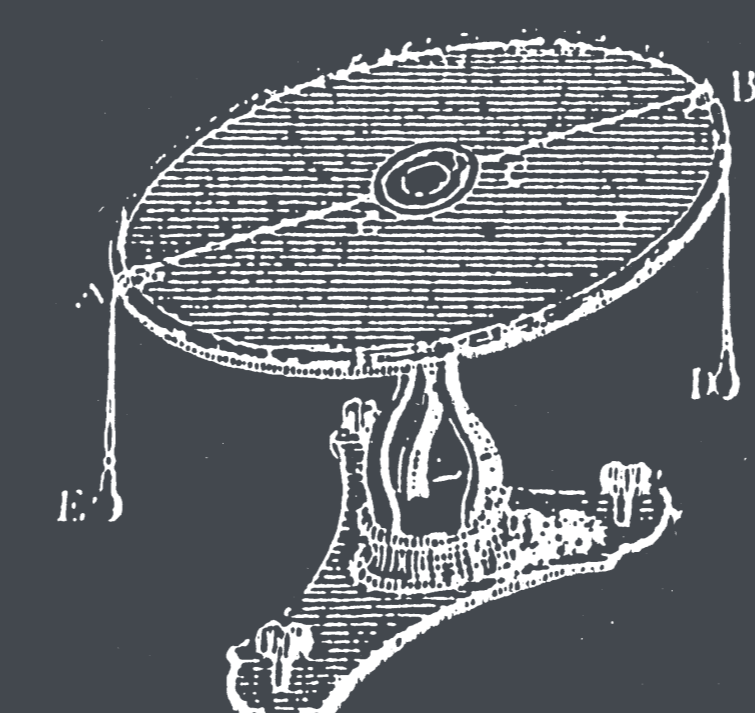
### ME6 DINAMOMETRO



Il dinamometro è uno strumento che serve per determinare l'intensità delle forze. I dinamometri possono avere diverse forme ma sono costituiti tutti sostanzialmente da una molla di acciaio su

cui si fanno agire successivamente delle forze o dei pesi di diversa intensità; la deformazione, dovuta alla forza agente, viene indicata da un indice che si muove su una scala graduata.

### ME7 TAVOLINO DI VARIGNON

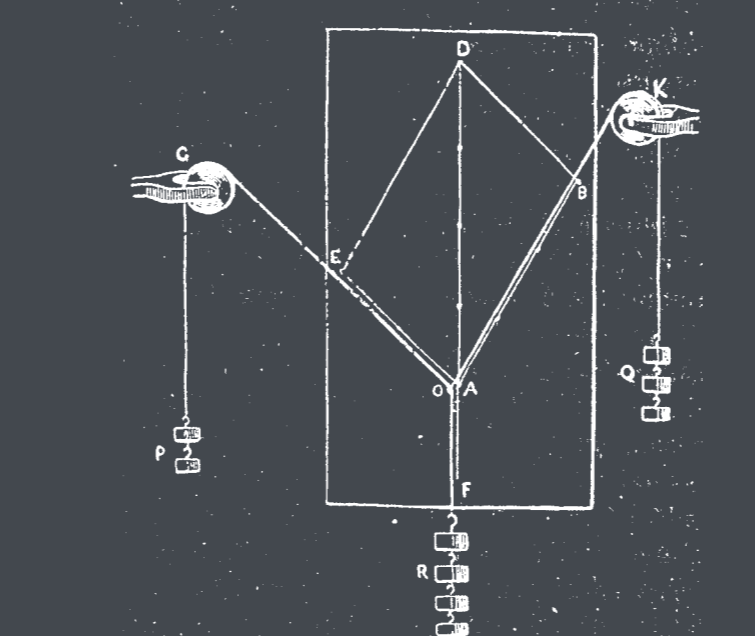


È costituito da un tavolo rotondo in legno munito di quattro pulegge; viene impiegato per lo studio dell'equilibrio di un corpo soggetto a due o più forze.

Utilizzando solo tre carrucole si può ottenere l'equilibrio facendo passare tre fili flessibili, legati da una parte in modo da formare un anello, mentre all'altro capo sono applicati dei pesi variabili,

due dei quali sono le forze componenti, mentre l'altro è la risultante. Sul tavolo è disegnato il grafico della composizione delle forze e l'anello, che rappresenta il corpo soggetto alle forze, è tenuto fermo al centro del tavolino mediante uno spillo. Ottenuto l'equilibrio, rimosso lo spillo, l'anello rimane fermo al centro del tavolo.

### ME8 PARALLELOGRAMMA DELLE FORZE



Se un corpo è sottoposto all'azione di due o più forze la loro risultante si ottiene con la regola del parallelogramma. Lo strumento con cui si può dimostrare l'esattezza di quanto affermato è l'apparecchio di Gravesande. Il vettore risultante di due forze concorrenti è dato dalla

diagonale del parallelogramma costruito sui segmenti che rappresentano le due forze. Il vettore risultante è rivolto verso l'alto, ha modulo uguale a quello del vettore che rappresenta la forza peso, ma verso opposto. Il sistema risulta così in equilibrio.

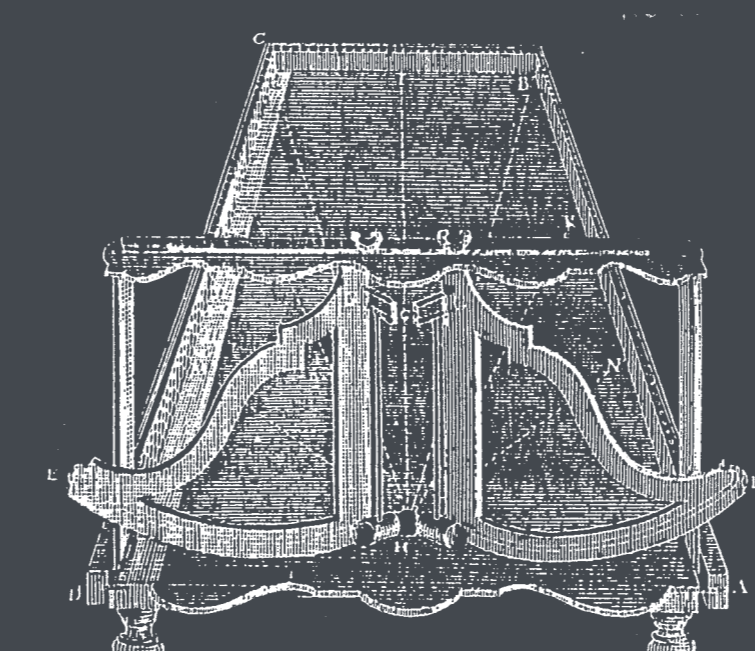
### ME9 TUBO DI NEWTON



È composto da un tubo di cristallo lungo circa 150 cm, chiuso ad una estremità e fornito di un rubinetto di ottone all'altra; all'interno sono presenti una piuma, un

pezzetto di piombo e altri piccoli oggetti. Ottenuto il vuoto con una macchina pneumatica collegata al rubinetto, capovolgendo il tubo si dimostra che tutti gli oggetti nel vuoto cadono con la stessa velocità; riempito poi il tubo con aria si può osservare la diversa velocità di caduta dei corpi nell'aria.

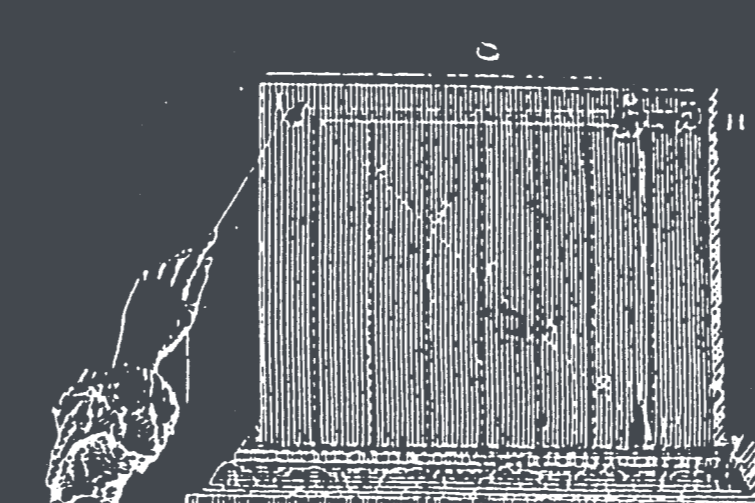
### ME10 BILIARDO



Piccolo biliardo in legno composto da un tavolo (mancante) e da due ali girevoli fornite di martelli che si possono muovere in tutte le direzioni intorno ad un punto fisso. Si pone una biglia di avorio sul piano e si agisce con i martelli; se questi si muovono con la stessa velocità e le ali sono ugualmente inclinate rispetto alla mediana del tavolo, la biglia

dopo l'urto segue questa direzione; se invece l'inclinazione è diversa o la forza impressa disuguale allora la biglia si muoverà verso gli angoli del tavolo o in altra direzione, legata al rapporto delle forze che hanno determinato il suo moto. Veniva utilizzato per studiare la composizione dei moti dovuti a forze di diversa intensità.

### ME11 PIANO VERTICALE



È costituito da una tavola verticale in legno di forma quadrata. Nel vertice superiore destro è fissata una delle estremità di una corda che passa per una puleggia e porta alla sua estremità un peso. Questa puleggia è mobile su due fili di ottone tesi orizzontalmente e viene tirata da un filo che passa su un'altra carrucola fissata in un punto in alto a sinistra. Tirando questo filo la puleggia si sposta da destra a sinistra e il peso, soggetto a due

forze, una orizzontale e l'altra verticale, sale lungo la diagonale del quadrato. Questo esperimento è descritto da Nolle nel suo libro (*Leçon de Physique Expérimentale, tome II, V Leçon, Sur le Mouvement composé, et sur les Forces centrales*); è interessante esaminare il testo in cui l'abate afferma che il moto di molti animali è legato all'abitudine di spostarsi con moti composti: vipere, uccelli e farfalle si muovono in questo modo.