

# Storia e didattica della Fisica: uno strano inizio ...



Società Italiana degli Storici  
della Fisica e dell'Astronomia

**40 anni di Storia della Fisica e dell'Astronomia in Italia**  
*40 Years of History of Physics and Astronomy in Italy*

**a cura di / edited by**  
**Ivana Gambaro, Salvatore Esposito**

Federico II University Press



fedOA Press

# La (triste) legislazione 1990-2022

## Storia della Fisica e formazione dei docenti\*

Ivana Gambaro,<sup>1</sup> Lucio Fregonese<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Genova, [ivana.gambaro@unige.it](mailto:ivana.gambaro@unige.it)

<sup>2</sup> Università degli Studi di Pavia, [lucio.fregonese@unipv.it](mailto:lucio.fregonese@unipv.it)

### 1. Introduzione

In questa occasione, a quarant'anni dal primo convegno degli storici italiani della fisica che si tenne a Pavia al Collegio Ghislieri nell'ottobre 1981, sono lieta di poter condividere con Lucio Fregonese e con voi alcune riflessioni sugli intrecci possibili tra Storia della Fisica e Didattica, con uno sguardo specifico rivolto al tema della formazione docenti, che è tornato di recente d'attualità a seguito dell'emanazione del DL del 30 aprile 2022 n.36 convertito nella Legge del 29 giugno 2022 n. 79. Nell'autunno del 2021, preparando questo intervento, ho ripreso in mano contributi elaborati all'epoca delle SSIS (Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario) e ho ritrovato le dispense che la cara amica Maria Grazia Ianniello, purtroppo prematuramente scomparsa nel 2013, aveva steso per il corso rivolto ai futuri docenti. Scriveva Maria Grazia nel 2008:

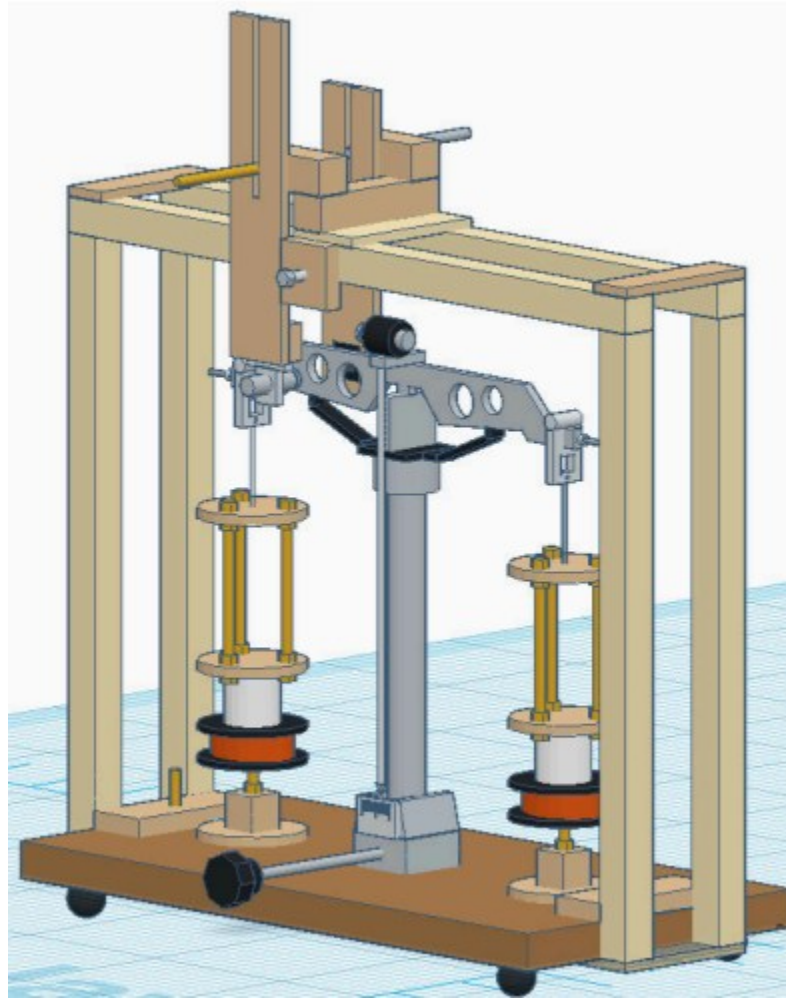
# Programmi di studio a rete vs sequenziali

## 8. Contenuti disciplinari, storia e didattica della fisica e dell'astronomia nei Workshop su massa e luce

La ridefinizione del kg campione nel 2019 dava un'opportunità unica per approfondire a livello didattico il fondamentale concetto della massa. Questo notevole avvenimento scientifico – paragonabile senz'altro per importanza storica al deposito, nel 1799, del kg campione in platino presso gli *Archives de la République* a Parigi nel contesto della creazione del sistema metrico decimale o all'approvazione, nel 1889, del nuovo prototipo internazionale del kg campione in platino-iridio custodito presso il *Bureau international des poids et mesures* a Sèvres – permetteva inoltre di sottolineare la dimensione storica anche della scienza più attuale. Negli studenti la percezione e l'interiorizzazione di questo aspetto non sono scontate e valeva la pena sfruttare l'occasione per evidenziarlo.

Il Workshop ha volutamente invertito l'ordine storico offrendo in apertura una relazione (Massa, 2020), tenuta da un ricercatore dell'INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), che ha illustrato la nuova recente definizione del kg. Questa ridefinizione stabilisce un passaggio epocale

# La ridefinizione del kg campione nel 2019



Bilancia di Kibble

# Il kg campione ancorato alla costante di Planck ripetibile ovunque, si prescinde da campioni fisici

magnetico, si ha  $mg = BLI$ , con  $L$  pari alla lunghezza complessiva del filo della bobina (la somma di tutti gli elementi di lunghezza  $\Delta l$ ). Mantenendo lo stesso campo magnetico, nella fase dinamica le spire della bobina vengono mosse con velocità costante  $v$  ortogonalmente al campo magnetico e ciò dà origine a una forza elettromotrice indotta  $V_i = BLv$  che si manifesta ai capi della bobina. Ponendo a sistema le due equazioni ottenute, il prodotto comune  $BL$  può essere eliminato e, dopo aver espresso la corrente  $I$  con la legge di Ohm  $V/I = R$ , si ottiene la relazione  $mgv = V V_i / R$ . L'eliminazione del prodotto  $BL$  rappresenta un passo importante perché  $B$  e  $L$  sono difficili da misurare con i necessari livelli di accuratezza.

La meccanica quantistica entra in gioco a questo punto in connessione con la misura delle grandezze elettriche che compaiono nella relazione ottenuta. Le differenze di potenziale e la resistenza si misurano infatti con elevata accuratezza sfruttando rispettivamente gli effetti Josephson e Hall quantistici. Le leggi che regolano questi due effetti e le tecniche sperimentali usate rendono possibile esprimere il secondo membro della relazione ottenuta nella forma  $V V_i / R = h (J J_i / H)$ , con  $J, J_i, H$  quantità Josephson e Hall determinabili. Si giunge così alla relazione:

$$mgv = h (J J_i / H),$$

La bellissima rete dinamica della Fisica, approfondimento nell'articolo e nei rimandi bibliografici

# Pavia Congresso del Dipartimento di Fisica e INFN



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Dipartimento di Fisica "Alessandro Volta"



**Congresso di Dipartimento e della Sezione INFN**  
**17-18 Febbraio 2026**

# Pavia Congresso del Dipartimento di Fisica e INFN

Alessandro Volta (1746-1827) is famous today because, among other things, his name appears in the denomination of the standard unit of potential difference, the volt, introduced in 1881 to acknowledge his pioneering efforts to establish consistent, comparable and standardized measurements of electrical "force", which he identified in the notion of electrical tension (T).

The research highlights the fact that such efforts took place when a commonly accepted "standard model" was not yet available to conceptualize electricity and its force as well as the connections of both with the notions of matter and force as established in the different physical areas of mechanics and gravitation. The problem must then be correctly approached as an attempt to reconstruct the specific and still heterogeneous conceptual models and programs which Volta and his contemporaries elaborated to interpret electricity.

The investigation shows how Volta's wide and complex fundamental theory of electricity was dynamically interrelated not only with instruments and experiments but also with systematic metrological concerns and outputs, which he based on his key instrument, the linear electrometer, and on a law for tension  $Q = CT$  ( $Q$ : electric quantity,  $C$ : capacity) which was to have a close formal analogue in the modern theory of electrostatic potential.

A similar four-level dynamic is identified in the important and nearly contemporary case of Charles Augustin Coulomb (1736-1806), although with very different components. Later powerfully developed in modern electrostatics, his alternative approach was at the moment still problematic and less influential due to mathematical difficulties, erratic behaviour of his key instrument, the torsion balance, and less systematic and applicable metrological concerns.

## THE VOLT WHEN THERE WAS NO VOLT

Alessandro Volta's handling of the "force" of electricity and "unison" measurement of electrical tension

Luca Pregonese | [luca.pregonese@unipv.it](mailto:luca.pregonese@unipv.it)  
Physics Department "A. Volta" and University History Museum | Pavia University

### FUNDAMENTAL THEORY



**1760-1767**  
**Matter** | ponderable, electrically active, microstructure: particles made of point particles  
**Electrical force** | one, imponderable, no microstructure  
**Basic "force"** | fluid-fluid action, producing repulsive tension, relationship  $Q = CT$  between quantity  $Q$ , tension  $T$ , capacity  $C$  of the electrified system  
**Attractive force** | matter-fluid elementary actions, producing fluid condensation and all known phenomena by summation of elementary contributions

### INSTRUMENTS

**Linear electrometer** | linear relationship  $T = a$  between tension  $T$  and angular separation  $a$  of the measuring index  
**Electrostatic balance** | free reproducible unit of tension  $T$

### EXPERIMENTS

Many, consistent behaviour of linear electrometers

### METROLOGY

Systematic concern: consistency (quantitative measurement of electrical tension with linear electrometers, referred to an absolute unit of tension  $T$  in recognition, the volt was ascribed to him in 1881)



**1785-1786**  
**Matter** | ponderable, electrically inert, no microstructure  
**Electrical force** | two, imponderable, made of "elements"  $q_1, q_2$   
**Repulsive force** | fluids - fluids elementary mechanical actions  $F_{12} = q_1 q_2 / r^2, F_{21} = q_2 q_1 / r^2$ , producing macroscopic repulsion  $F_R$  by summation of the elementary contributions  
**Attractive force** | fluids - fluids elementary mechanical actions  $F_{12} = q_1 q_2 / r^2, F_{21} = q_2 q_1 / r^2$ , producing macroscopic attraction  $F_A$  by summation of the elementary contributions

**Torsion balance** | measurement of macroscopic mechanical force  $F$  produced by all the elements  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$   
**Linear electrometer** | takes  $q =$  local surface density of fluid,  $q$  is measured with the torsion balance

Many, erratic behaviour of the torsion balance as highlighted by contemporary reports and historical investigation

Partial concern (but important connection electrical metrology - mechanical metrology), problematic status (erratic behavior of the torsion balance)

### FUNDAMENTAL PHYSICS

### EXPERIMENTAL PHYSICS



METROLOGY

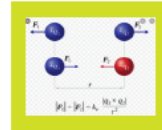
INSTRUMENTS

The analysis affords many possible applications: grounds for historical-conceptual clarification, parallels with contemporary physics (equally characterized by a fruitful interplay between fundamental physics, experimental physics, instrument design, metrology). Interesting applications can follow in many fields: physics education, physics communication, museum exhibitions and other applications, including the forthcoming bicentennial commemoration of Volta's death in 2027.

### Bibliography

- Pregonese, Luca. "Volta Alessandro". In *Dizionario biografico degli italiani*. Istituto dell'Enciclopedia Italiana Vol. 106, pp. 170-175.
- Pregonese, Luca. "Le invenzioni di Volta ha teorica ed esperimenti". In *Giornali di Alessandro Volta: il Gabinetto di Fisica dell'Università di Pavia* edited by Giuliano Bellodi et al., pp. 39-132. Pavia: Università degli studi Milano-Hoapli, 2002.
- Pregonese, Luca. "Lo stato dell'elettività: gli elettroscopi e gli elettrometri". In "Le invenzioni di Volta ha teorica ed esperimenti" ... Pavia: Università degli studi Milano-Hoapli 2002, pp. 107-116.
- Pregonese, Luca. *Volta: Teoria ed esperimenti di un filosofo naturale*. Le Scienze | I grandi della scienza" 11 (1999).
- Giulio, Mario. "Il Volta della seconda maniera". In *Cultura e Scienza* 5 (1946), pp. 235-256.
- Massari, Renzo. "Conferenza di Volta e formule emergenti da manoscritti inediti di Volta con quali nuovi dati storico-matematici nella risoluzione del problema generale dell'elettrostatica". *Rendiconti dell'Istituto Lombardo* 34 (1923), pp. 293-306.

# Pavia Congresso del Dipartimento di Fisica e INFN



## FUNDAMENTAL THEORY

1769 -1787

**MATTER** | ponderable, electrically active, microstructure: particles made of point particles

**ELECTRICAL FLUID** | one, imponderable, no microstructure

**ELASTIC "FORCE"** | fluid-fluid action, producing expansive tension, relationship  $Q \div CT$  between quantity  $Q$ , tension  $T$ , capacity  $C$  of the electrified system

**ATTRACTIVE FORCE** | matter-fluid elementary actions, producing fluid condensation and all known phenomena by summation of elementary contributions

1785-1788

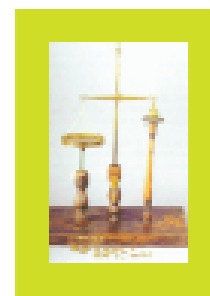
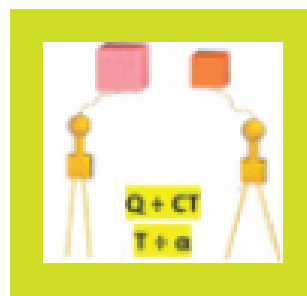
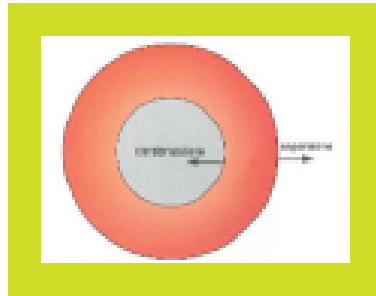
**MATTER** | ponderable, electrically inert, no microstructure

**ELECTRICAL FLUIDS** | two, imponderable, made of "elements"  $q_1, q_2$

**REPULSIVE FORCES** | fluid x - fluid x elementary mechanical actions  $f_{11} \div q_1 q_1 / r^2, f_{22} \div q_2 q_2 / r^2$ , producing macroscopic repulsion  $F_R$  by summation of the elementary contributions

**ATTRACTIVE FORCES** | fluid x - fluid y elementary mechanical actions  $f_{12} \div q_1 q_2 / r^2, f_{21} \div q_2 q_1 / r^2$ , producing macroscopic attraction  $F_A$  by summation of the elementary contributions

# Pavia Congresso del Dipartimento di Fisica e INFN



1769 -1787

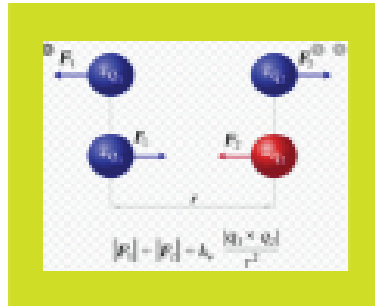
**MATTER** | ponderable, electrically active, microstructure: particles made of point particles

**ELECTRICAL FLUID** | one, imponderable, no microstructure

**ELASTIC "FORCE"** | fluid-fluid action, producing expansive tension, relationship  $Q \div CT$  between quantity  $Q$ , tension  $T$ , capacity  $C$  of the electrified system

**ATTRACTIVE FORCE** | matter-fluid elementary actions, producing fluid condensation and all known phenomena by summation of elementary contributions

# Pavia Congresso del Dipartimento di Fisica e INFN



1785-1788

**MATTER** | ponderable, electrically inert, no microstructure

**ELECTRICAL FLUIDS** | two, imponderable, made of "elements"  $q_1, q_2$

**REPULSIVE FORCES** | fluid x - fluid x elementary mechanical actions

$f_{11} \div q_1 q_1 / r^2, f_{22} \div q_2 q_2 / r^2$ , producing macroscopic repulsion  $F_R$  by summation of the elementary contributions

**ATTRACTIVE FORCES** | fluid x - fluid y elementary mechanical actions

$f_{12} \div q_1 q_2 / r^2, f_{21} \div q_2 q_1 / r^2$ , producing macroscopic attraction  $F_A$  by summation of the elementary contributions

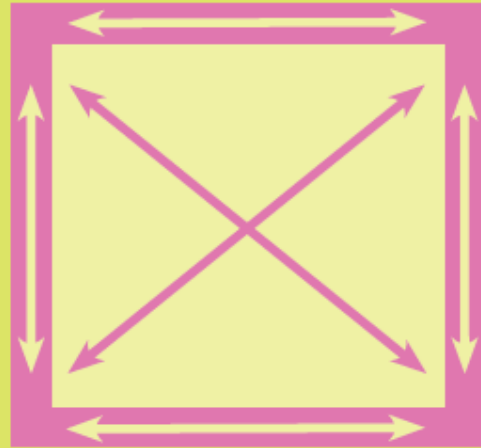
# La reale dinamica a rete della fisica già allora

FUNDAMENTAL PHYSICS

EXPERIMENTAL PHYSICS

METROLOGY

INSTRUMENTS



# Quando il volt rischiò di chiamarsi ohm stimoli per il bicentenario voltiano 2027

## Di *volt* in Volta

G. CASATI, L. FREGONESE 30-09-2022 LEGGI IN PDF

CONDIVIDI SU [f](#) [t](#) [in](#)



➔ *Volta espone la pila a Napoleone (olio di Giuseppe Bertini, 1891, Tempio Voltiano, Como).*

La scorsa estate, al termine di una relazione all'istituto internazionale di fisica teorica a Santa Barbara, io, Giulio Casati, ho chiesto al pubblico presente, una cinquantina di fisici di varie nazionalità, se conoscessero l'origine del nome "*volt*" per l'unità di potenziale elettrico. Con mio grande stupore, nessuno ha saputo rispondere: figuriamoci se si rivolgesse la stessa domanda al generico uomo della strada. Questo vuol dire che la corrente elettrica, una delle più grandi scoperte dell'umanità che ha letteralmente cambiato il mondo, non è più associata, da parte di quasi tutti i cittadini del mondo, a uno scienziato italiano.

# Quando il volt rischiò di chiamarsi ohm stimoli per il bicentenario voltiano 2027

Il processo di definizione di unità elettriche standard prese il via nel 1861 in seno alla British Association for the Advancement of Science, principalmente sotto la spinta delle esigenze tecniche ed economiche della telegrafia. In questo processo interagirono fertilmente due componenti diverse, riconducibili rispettivamente al contesto degli ingegneri e degli "elettricisti pratici" e al più tradizionale mondo accademico della fisica inglese, che avrebbe dopo poco (1873) dato anche il fondamentale "Treatise on Electricity and Magnetism" di James Clerk Maxwell.

Furono i due elettricisti pratici Latimer Clark e Charles Bright ad avanzare l'idea che si denominassero le unità elettriche *"from the names of some of our most eminent philosophers"* ma, secondo loro, *"neglecting for the all etymological rules"*. I nomi e gli abbinamenti con le quattro grandezze fisiche considerate suonano curiosi all'orecchio moderno: *ohma* per la "tensione elettrica", *farad* per la "quantità elettrica", *galvat* per la "corrente elettrica", *volt* per la "resistenza elettrica". Se le cose non fossero cambiate, oggi l'uso del *volt* e dell'*ohm* sarebbe invertito.



# La legge di Coulomb: storia e didattica

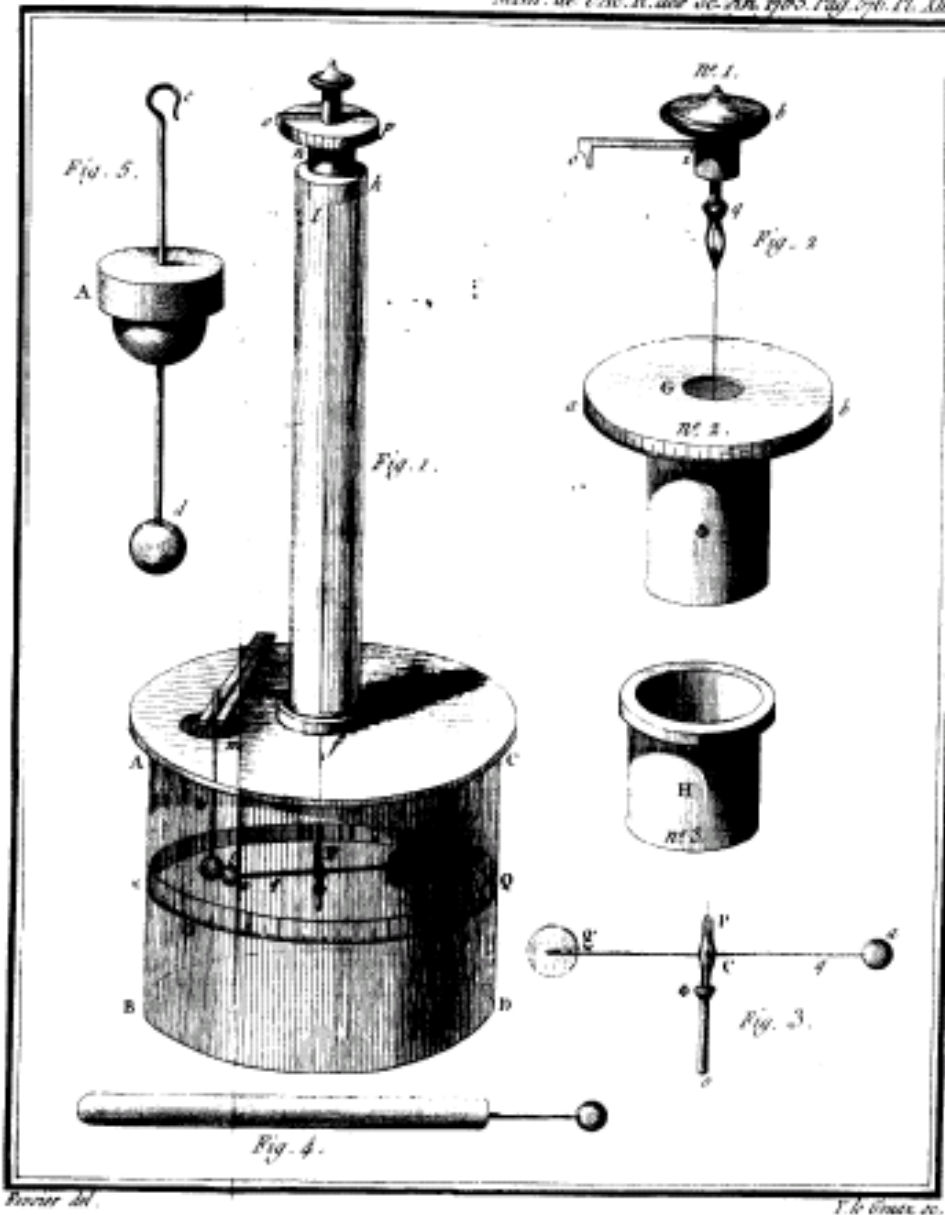
AIF, Pavia, 22 marzo 2017

Lucio Fregonese

Dipartimento di Fisica – Università di Pavia

# La bilancia di torsione originale (1785)

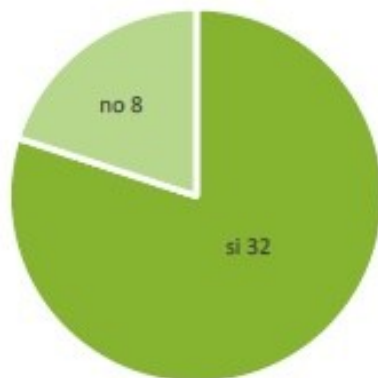
*Mém. de l'Ac. R. des Sc. An. 1785. Pag. 56. Pl. XIII.*



# La statistica sui libri di testo: esplicitamente o implicitamente la legge determinata con la bilancia di torsione di Coulomb

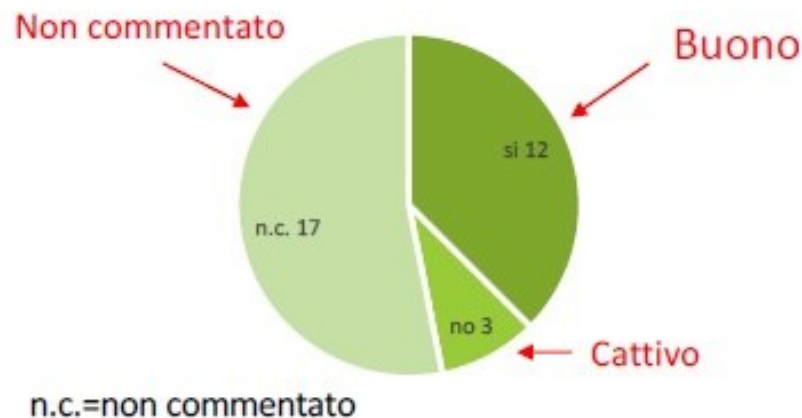
Analisi di 40 libri di testo per tutti gli ordini delle scuole secondarie superiori, pubblicati dal 1979 al 2016.

Bilancia di torsione nei 40 libri di testo



Nella maggioranza dei libri di testo (32 su 40) viene menzionata la bilancia di torsione nella presentazione didattica della legge di Coulomb.

La bilancia di torsione è uno strumento "buono"?



Sui 32 libri nei quali essa è menzionata soltanto in 3 è esplicitamente considerata uno strumento "cattivo".

# La bilancia di torsione rimane un “enigma appeso a un filo”



# Henry Cavendish



*H. Cavendish*

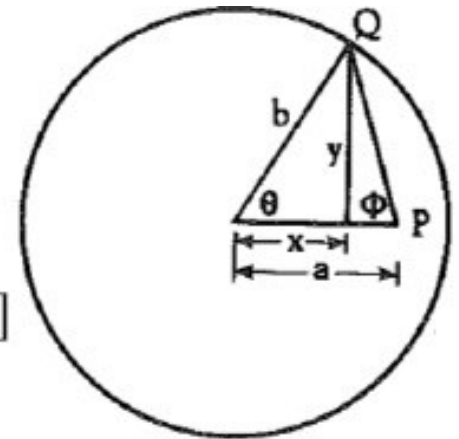


Si può impostare un integrale risolvibile per il calcolo di  $F(Q_{ABD})$  con esponente  $n$  generico

$$F = Kq \int_0^\pi \frac{\sigma 2\pi y b \cos \phi}{r^n} d\theta$$

Si ottiene:

$$F = Kq \sigma 2\pi b \left\{ -\frac{1}{(b-a)^{n-2}} [(b-a) + a(3-n)] - \frac{1}{(b+a)^{n-2}} [-(b+a) + a(3-n)] \right\}$$



# Che fare didatticamente?

## Livello 2 (storia della effettiva “normalizzazione”)

Il valore di  $\eta$  dipende dalla sensibilità dello strumento.

Cavendish (1773):  $|\eta| < \frac{1}{50}$

Maxwell (1879):  $|\eta| < \frac{1}{21.600}$

Plimpton Lawton (1936):  $|\eta| < 2 \times 10^{-9}$

Ulteriori esperimenti hanno migliorato questo valore ma esulano dalla fisica classica.

C'è un miglioramento di  $\eta$  che ha portato all'accettazione della legge fondamentale dell'interazione elettrostatica attraverso questo percorso e non quello di Coulomb.