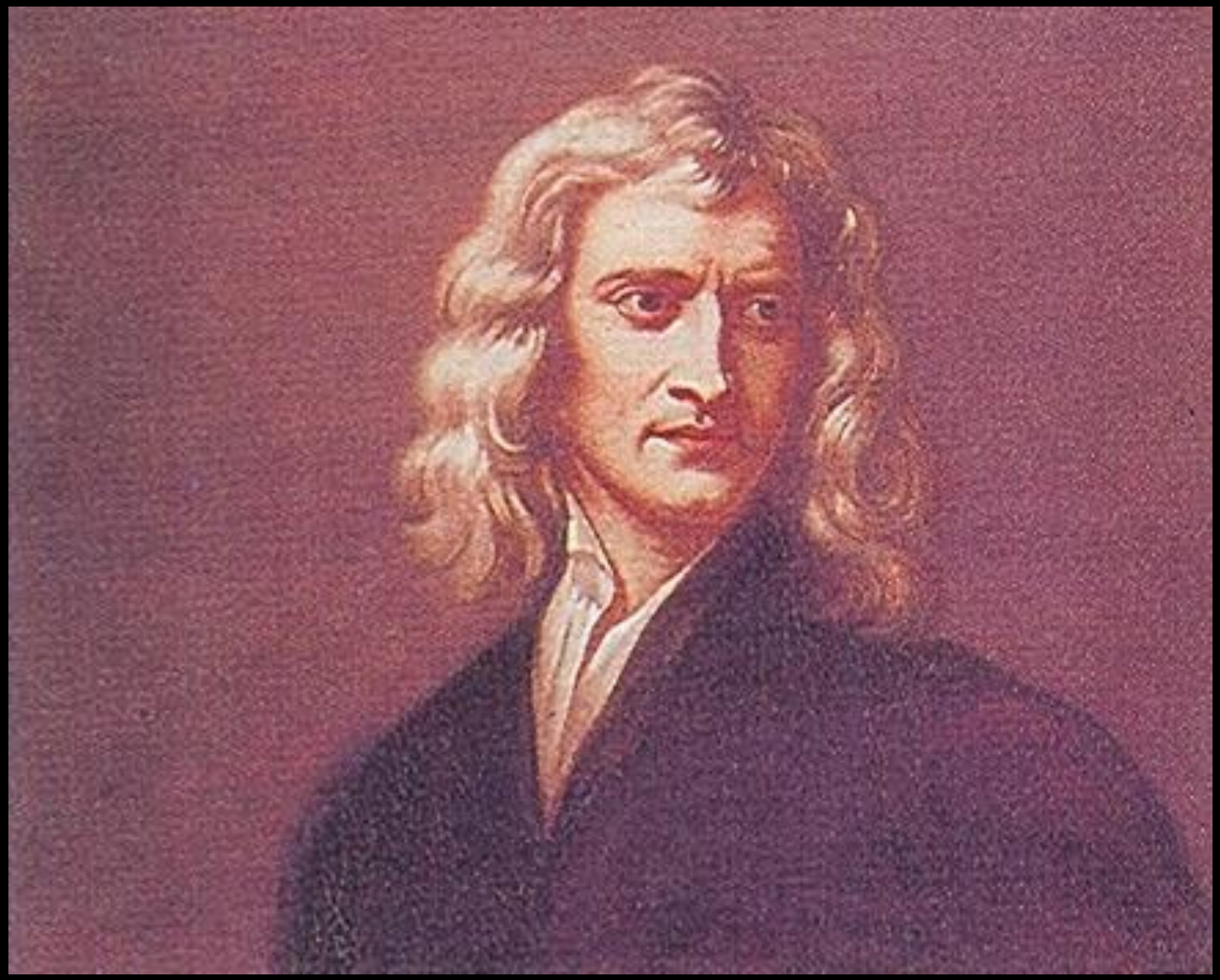
NEWTON E LA GRAVITAZIONE UNIVERSALE

ISAAC NEWTON



1642 - 1727

ALLA RICERCA DELLA VERA CAUSA

Sia le leggi del moto dei pianeti scoperte da Keplero
che quelle del moto dei corpi scoperte da Galileo
erano solo FENOMENICHE,
cioè DESCRIVEVANO esattamente
il modo in cui si svolgevano i suddetti fenomeni ...

... ma non spiegavano PERCHÉ le cose stavano così.
Tale spiegazione venne data da Isaac Newton

LA LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE

1665-1666

$$F = G \frac{m' m''}{d^2}$$

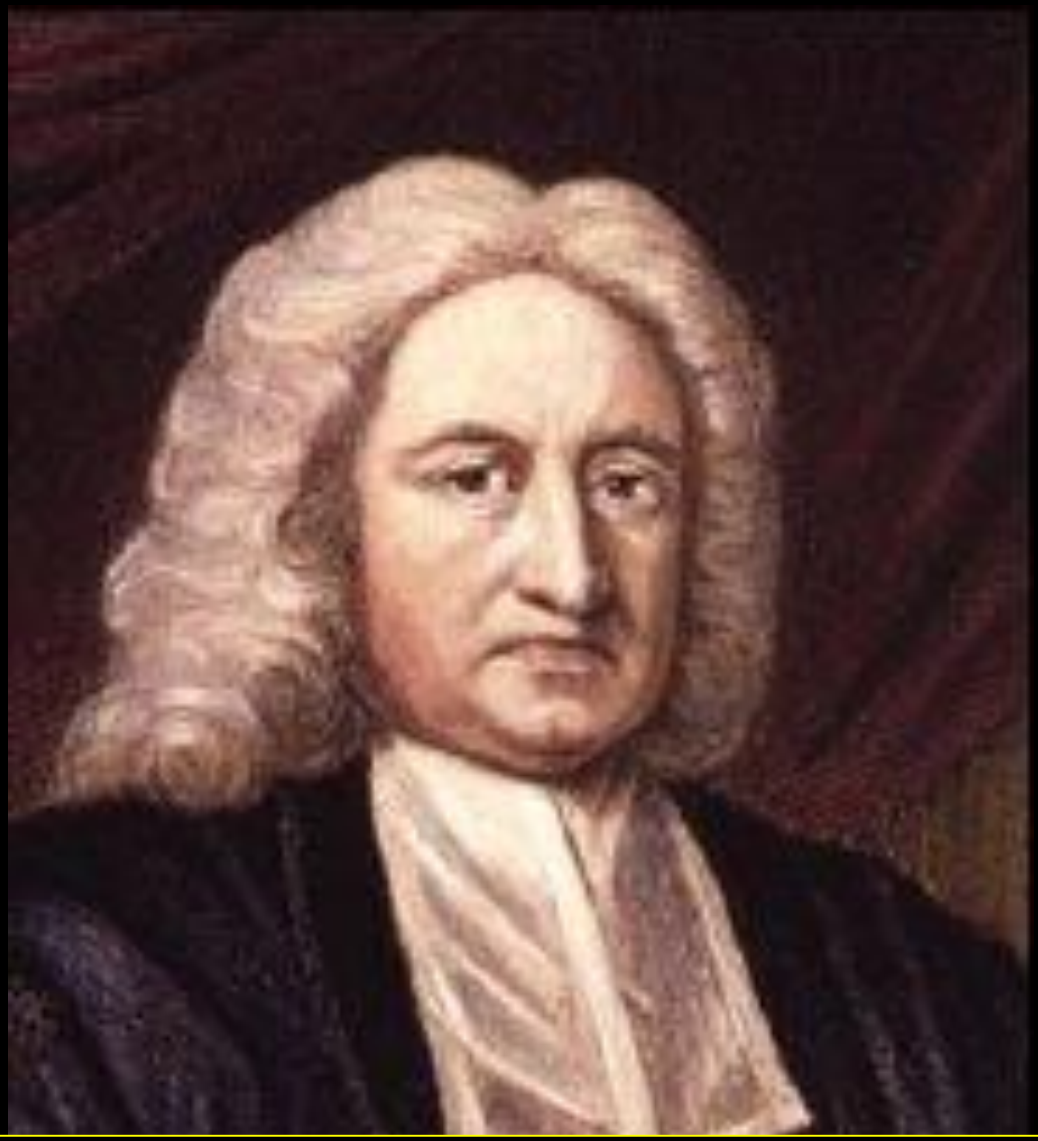
L'attrazione gravitazionale tra due corpi
è direttamente proporzionale alle loro masse
e inversamente proporzionale al quadrato
della loro distanza

ATTENZIONE

Nella formula di Newton non compare il TEMPO

Ne segue che la gravità risultava agire indipendentemente da esso, cioè ISTANTANEAMENTE, il che era piuttosto strano, soprattutto in un Universo INFINITO come quello di Newton

EDMUND HALLEY



1656 - 1742

… che grazie alle sue spiegazioni riuscì
per la prima volta a predire
correttamente il ritorno della …

1757

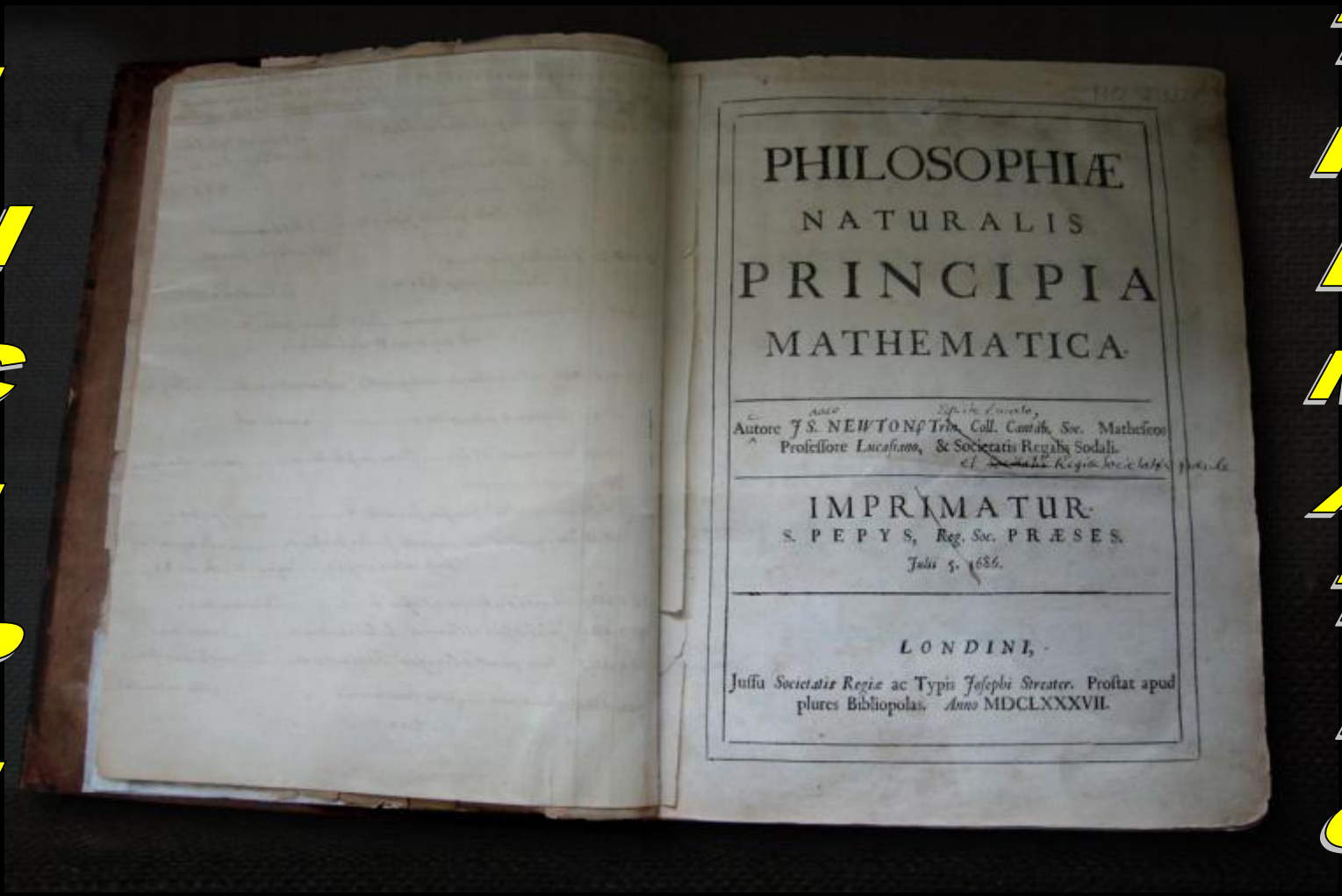
C O M E T A

D I H A L L E Y

… per il 1757, sulla base dell'ipotesi che le comete del 1531, 1607 e 1682 fossero in realtà una sola, che percorre un'orbita periodica in circa 76 anni

1687

PRINCIPIA MATHEMATICA



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

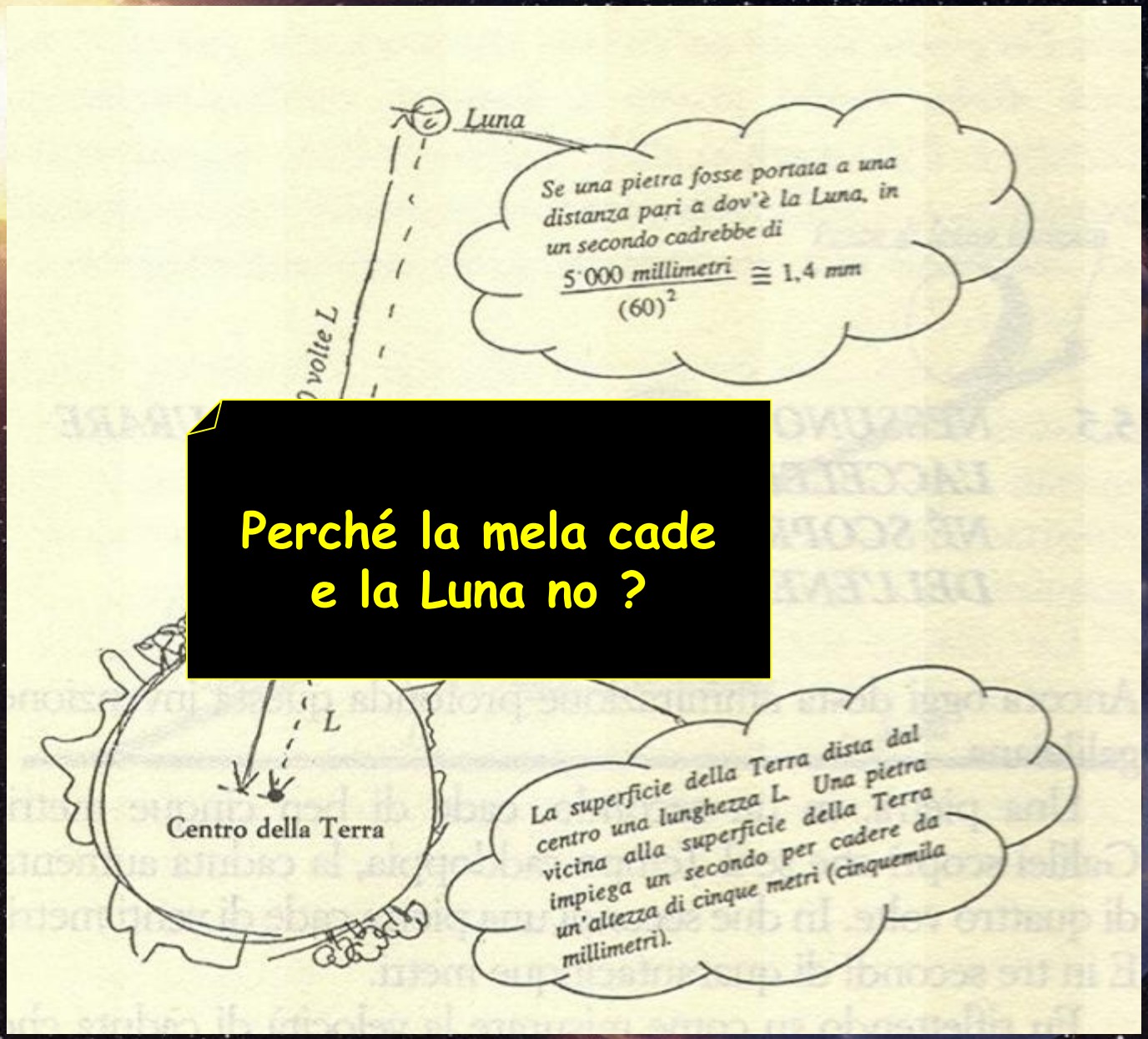
Autore JS. NEWTONO, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

LA MELA DI NEWTON

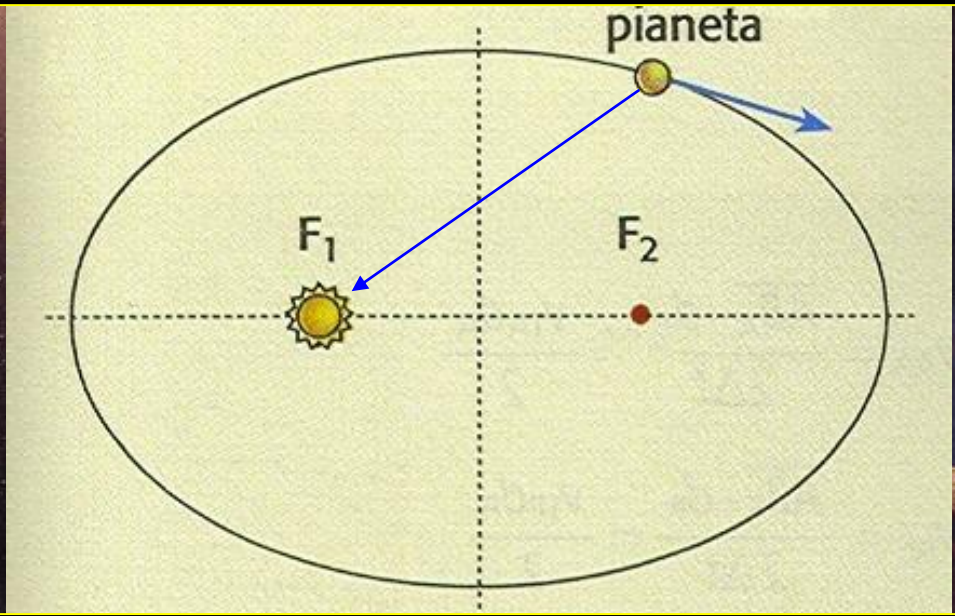
LA MELA DI NEWTON



Perché la mela cade e la Luna no ?

LA MELA DI NEWTON

In un certo senso la Luna CADE DAVVERO sulla Terra, ad ogni istante, a causa della FORZA DI GRAVITÀ …

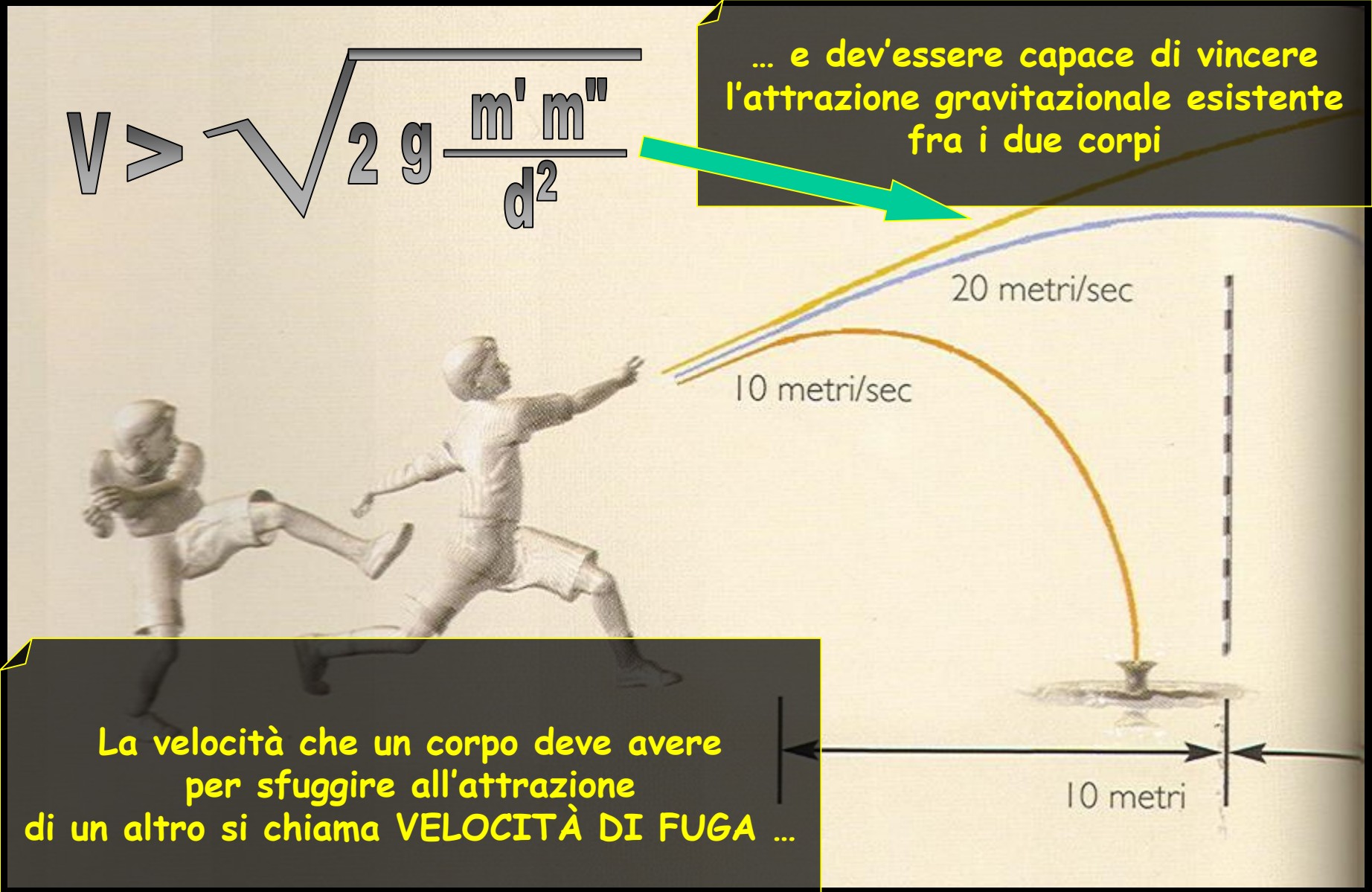


… solo che a ciò si oppone la sua velocità, che, per l'inerzia, la spinge a proseguire in linea retta: quando le due forze sono in equilibrio, nasce un'ORBITA STABILE, che in fondo può essere vista come UNA CADUTA DI DURATA INFINITA

VELOCITA' DI FUGA

$$V > \sqrt{2\,g\,\frac{m'\,m''}{d^2}}$$

… e dev'essere capace di vincere l'attrazione gravitazionale esistente fra i due corpi



La velocità che un corpo deve avere per sfuggire all'attrazione di un altro si chiama VELOCITÀ DI FUGA …

L'UNIFICAZIONE DEL MONDO FISICO

Con la teoria della gravitazione universale di Newton ...

... si completa dunque il processo di
UNIFICAZIONE DEL MONDO SUBLUNARE
CON QUELLO DEI CORPI CELESTI
iniziato da Galileo e Keplero quasi 80 anni prima

COME LA LUNA

Gli astronauti nella Stazione Spaziale o nelle astronavi in orbita intorno alla Terra NON si trovano fuori dal campo gravitazionale terrestre

Pertanto, la ragione per cui non sentono il proprio peso NON è che lassù non ci sia gravità, bensì che la gravità (CHE C'È) è però esattamente bilanciata dalla velocità orbitale e perciò si trovano di fatto in caduta libera

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

1646 – 1716

LA SCOPERTA DEL CALCOLO INFINITESIMALE E LA CONTROVERSIA CON LEIBNIZ

La teoria di Newton fu la prima ad aver bisogno di una matematica molto complessa, il CALCOLO INFINITESIMALE, che fu scoperto contemporaneamente da Newton stesso e da Leibniz

Per questo sorse una controversia sulla paternità della scoperta. Essa venne alla fine attribuita a Newton, ma oggi, per ragioni tecniche, lo si usa in genere nella forma datagli da Leibniz, che ha così a sua rivincita postuma

LA NASCITA DEL MECCANICISMO SCIENTIFICO

L'UNIVERSO SECONDO NEWTON

La visione newtoniana presupponeva un Universo INFINITO caratterizzato da uno spazio e un tempo ASSOLUTI (cioè esistenti indipendentemente dai corpi) ...

... nei quali si muovevano i CORPI (o PUNTI MATERIALI), che interagivano tra loro o per CONTATTO o tramite la GRAVITÀ

ATTENZIONE

Benché in questo modello trovi posto facilmente e quasi naturalmente una TEORIA ATOMICA della materia ...

... di per sé la teoria newtoniana NON la prevedeva

NEWTON E IL MECCANICISMO

Nonostante le precisazioni che ora faremo,
è innnegabile che lo strepitoso successo del sistema newtoniano portò DI FATTO ad un rafforzamento della posizione dei sostenitori del meccanicismo filosofico di stampo cartesiano ...

... benché in linea di principio le due cose fossero profondamente diverse.
INFATTI ...

PRINCIPI DEL MECCANICISMO SCIENTIFICO

1

RIDUZIONISMO

Il tutto "non è altro che" la somma delle parti

2

DETERMINISMO

Ogni stato del sistema è totalmente determinato dai precedenti

3

REVERSIBILITA'

Se si inverte la direzione del tempo la fisica non cambia

4

LINEARITA'

L'imprecisione di una qualsiasi misura non cresce col tempo, ma resta sempre costante

ATTENZIONE

Metodo molto POTENTE e UTILE …

… però con alcuni LIMITI

LAPLACE 1776

- Dobbiamo dunque considerare lo stato presente dell'universo come l'effetto del suo stato anteriore e come la causa del suo stato futuro. Un'Intelligenza che, per un dato istante, conoscesse tutte le forze da cui è animata la natura e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se per di più fosse abbastanza profonda per sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e dell'atomo più leggero: nulla sarebbe incerto per essa e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi. Lo spirito umano offre, nella perfezione che ha saputo dare all'astronomia, un pallido esempio di questa Intelligenza. Le sue scoperte in meccanica e in geometria, unite a quella della gravitazione universale, l'hanno messo in grado di abbracciare nelle stesse espressioni analitiche gli stati passati e quelli futuri del sistema del mondo.

(*Essai philosophique sur les probabilités*)

ATTENZIONE

Nonostante il diffondersi di tali scorrette interpretazioni, il meccanicismo scientifico, a differenza di quello filosofico, conservò intatta la propria CAPACITÀ DI AUTOCORREZIONE …

… e ciò grazie alla sua STRUTTURALE APERTURA ALLA REALTÁ, dovuta al metodo sperimentale, che alla lunga finì per imporsi, a dispetto dei pregiudizi degli scienziati e perfino del proprio stesso successo

LA RIVOLUZIONE A SCOPPIO RITARDATO: L'ELETTROMAGNETISMO

LA SCOPERTA DELL'ELETTROMAGNETISMO

La teoria newtoniana seguitò ad essere il punto di riferimento principale per tutta la scienza per quasi 2 secoli ...

... anche quando venne formulata
la TEORIA ELETTROMAGNETICA,
che unificava il già noto fenomeno del magnetismo
con le nuove scoperte circa l'elettricità

LA SPIEGAZIONE MECCANICISTA DELL'ELETTROMAGNETISMO ...

Per un certo tempo anche le forze elettriche e magnetiche furono interpretate nel quadro newtoniano ...

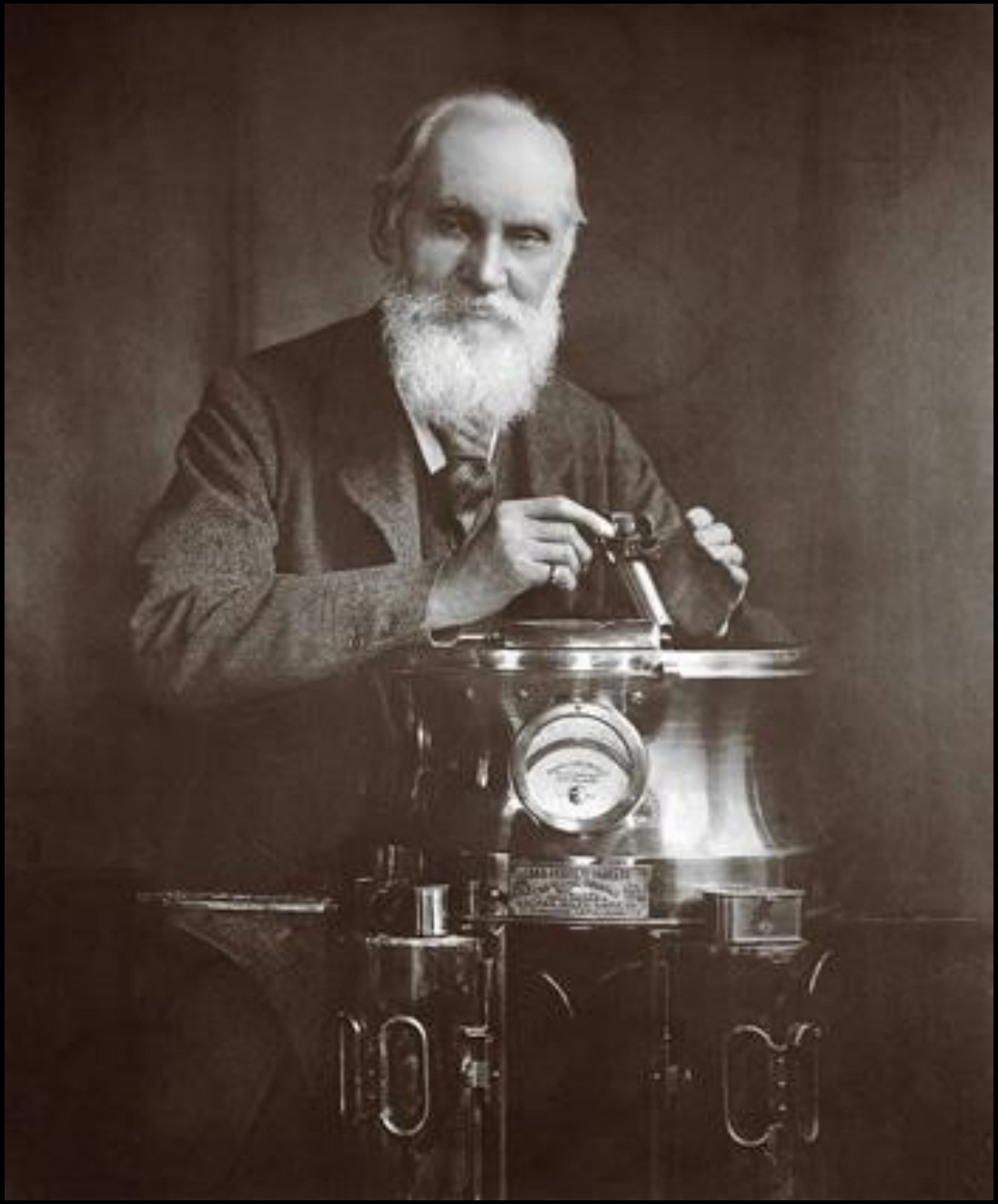
... poiché, analogamente alla gravità,
agivano tra i punti centrali dei corpi
(FORZE CENTRALI)
in proporzione diretta alle loro cariche
e in proporzione inversa al quadrato della loro distanza

VON HELMHOLTZ 1847

- Il compito delle scienze fisiche si determina pertanto, in ultima istanza, come quello di ricondurre i fenomeni naturali a forze immutabili, attrattive o repulsive, la cui intensità dipende dalla distanza. La possibilità che questo compito sia assolto costituisce, nello stesso tempo, la condizione della completa intelligibilità della natura.

(*Sulla conservazione della forza*)

WILLIAM KELVIN



1824 - 1907

KELVIN 1884

- Io non mi sento soddisfatto se prima non sono riuscito a costruirmi un modello meccanico dell'oggetto che studio; se mi posso fabbricare un tale modello, comprendo, se non posso farlo, non comprendo. Per questa ragione non riesco a comprendere la teoria elettromagnetica.

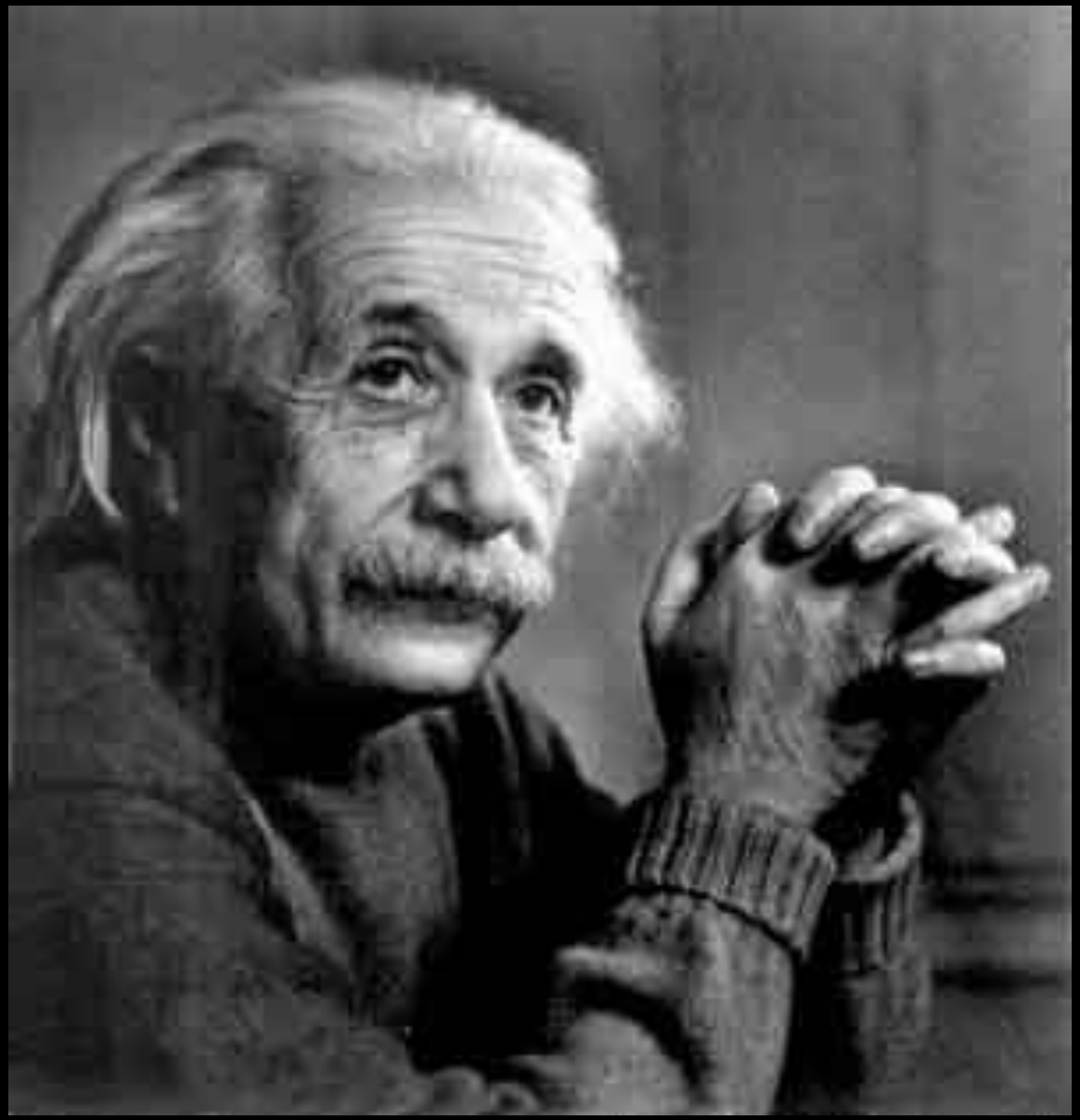
(*Lezioni sulla dinamica molecolare e sulla teoria ondulatoria della luce*)

... E IL SUO FALLIMENTO

Ciononostante, la teoria finale dell'elettromagnetismo,
così come stabilita dalle equazioni di Maxwell,
si basava su concetti estranei al meccanicismo ...

... e per questo alla fine, come vedremo,
sarà la causa principale del suo superamento,
essendo alla base tanto della relatività di Einstein
che della meccanica quantistica

ALBERT EINSTEIN



1879 – 1955

EINSTEIN 1949

- La teoria della relatività ristretta deve la sua origine alle equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico. Queste ultime, a loro volta, si possono formalmente capire in modo soddisfacente solo per mezzo della teoria della relatività ristretta. [… Esse] dimostrarono infatti che ci sono fenomeni elettromagnetici per loro stessa natura svincolati da ogni genere di materia ponderabile: tali le onde di "campi" elettromagnetici nello spazio vuoto. Per poter ancora considerare la meccanica come il fondamento della fisica, bisognava interpretare meccanicamente anche le equazioni di Maxwell. Si tentò di farlo con molto impegno, ma senza costrutto, mentre i risultati delle equazioni si dimostravano sempre più fecondi. Ci si abituò a usare questi campi come entità indipendenti, senza sentire la necessità di darne una spiegazione di natura meccanica; così la meccanica come fondamento della fisica stava per essere abbandonata, quasi inavvertitamente, perché la speranza di poterla adattare ai fatti si era alla fine dimostrata vana.

(*Autobiografia scientifica*, in *Opere scelte*, pp. 90-91 e 72-73)

UNA RIVOLUZIONE A SCOPPIO RITARDATO

Cionondimeno, la consapevolezza ESPLICITA di ciò giunse, appunto, solo con la relatività

Per questo, almeno dal punto di vista concettuale, quella dell'elettromagnetismo si può interpretare in certo senso come una rivoluzione mancata, o quantomeno rimandata

IL FASCINO DISCRETO DELL'INVISIBILE

Con l'elettromagnetismo per la prima volta ...

... la scienza diventa prevalentemente
una conoscenza di oggetti INOSSERVABILI

MICHAEL FARADAY

1791 – 1867

WEISSKOPF

- Molto raramente si effettuano scoperte scientifiche avendo in mente lo scopo specifico al quale applicarle. Faraday non pensava ai motori quando studiava la relazione tra elettricità e magnetismo. Hertz non pensava alle comunicazioni radio quando scoprì le onde radio, e certamente Curie, Rutherford e Chadwick non prevedevano l'uso dell'energia nucleare o la cura dei tumori quando studiavano la radioattività. Terminata la celebre conferenza di Faraday sull'elettricità alla *Royal Society*, un membro del Parlamento inglese domandò a Faraday: <<A che servono tutti i suoi splendidi esperimenti?>>, ed egli replicò: <<A che serve un bambino appena nato?>>. Il bambino crebbe fino a divenire l'industria elettrica.

(*Il privilegio di essere un fisico*)