



Andrea Zirotti,
¹ Liceo scientifico
Gregorio Ricci-Curbastro
Lugo (RA)

andrea.zirotti@liceolugo.it

Sulla traiettoria ellittica dei proiettili lenti

ABSTRACT

In the famous Newton's ideal experiment, slow projectiles (i.e. those reaching the ground) move along an elliptical path. The relationship between this and the previous idea of parabolic trajectory is instructive from many points of view and needs to focus on reference frames. For a horizontal throw, an analytic method to approximate the elliptical arc with parabolic one is shown; the adopted parametrization lets us (i) avoid Taylor expansion and (ii) gain some physical insight; eccentricity turns out to depend only on the ratio: initial velocity/escape velocity from the initial point.

Introduzione “Qual è la traiettoria del moto di un proiettile?” si domanda ad uno studente delle scuole secondarie di II grado. Se è piuttosto bravo, appena appresa la dinamica newtoniana può dare questa risposta:

La traiettoria di un proiettile (che ha velocità iniziale non nulla e non diretta lungo la verticale), osservata in un sistema di riferimento inerziale, è parabolica, a condizione che l'attrito con l'aria sia trascurabile.

Una volta affrontata la gravitazione newtoniana, assai raramente l'attività didattica è predisposta per tornare ad esaminare, alla luce del mutato quadro teorico, questa situazione, che nel famoso esperimento ideale di Newton [1,2] (fig.1) riguarda i proiettili che ricadono sulla Terra, che qui diremo “lenti”. A giudicare dagli attuali manuali scolastici, questa sembra essere una scelta didattica diffusamente adottata. La scelta di autori ed insegnanti può essere dovuta a varie ragioni, piuttosto valide, legate alla didattica (tempi a disposizione, rispondenza degli studenti, livello di difficoltà del problema, materiale di supporto) o strettamente inerenti alla fisica: gli esperimenti sui proiettili non portano, tipicamente, a porre il problema di ricercare una teoria fondamentale più elaborata di quella già disponibile.

A tali ragioni ci si propone qui di affiancarne altre, di segno opposto, ritenute rilevanti. A questo obiettivo è rivolta la sezione 1 del presente articolo, non prima di aver ricordato perché e in quale senso, piuttosto sorprendentemente per molti studenti, la traiettoria dei proiettili lenti sia un arco non di para-

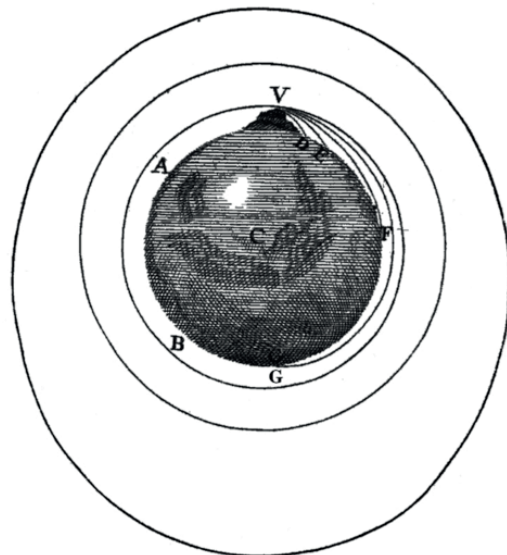


Figura 1. La celebre illustrazione di Newton [1].
E se, in un secondo tempo, la rileggessimo dalla traiettoria esterna verso quelle sempre più interne?

bola, ma di ellisse; viene quindi stabilita la relazione tra le due situazioni. Nella sezione 2 viene presentata, per il caso di lancio orizzontale, una via analitica per mostrare come, una volta considerate nel medesimo sistema di riferimento (SR), la traiettoria parabolica sia un'approssimazione di quella ellittica. Tale percorso ha un paio di pregi: (i) non ricorre allo sviluppo di Taylor; (ii) mostra come la differenza tra le due traiettorie dipenda da un parametro immediatamente riconducibile a poche grandezze fisiche significative del problema. Un'Appendice pubblicata online fornisce maggiori dettagli al riguardo.

La traiettoria ellittica dei proiettili lenti e la sua rilevanza didattica

Breve richiamo sul perché “la traiettoria dei proiettili è parabolica”

A scuola, le usuali esperienze in laboratorio conducono alla conclusione per cui la traiettoria di un proiettile (lanciato non verticalmente) è un arco di parabola: affermazione ovviamente valida entro le incertezze sperimentali, che qui assumiamo essere quelle tipiche. In linea di principio non si può dunque escludere che la forma della traiettoria sia diversa, ma la conclusione raggiunta ha, per così dire, una considerevole solidità.

Tipicamente, ad essa si giunge per via deduttiva, a partire dalle osservazioni per cui il moto è piano ed è pensabile come composizione di un moto rettilineo uniforme lungo l'orizzontale e di un moto uniformemente accelerato (con $|a|=g$) lungo la verticale: fissate le premesse, spesso per via induttiva, la conclusione segue necessariamente¹. Un'indagine empirica diretta della traiettoria² conduce anch'essa, per via induttiva, alla parabola. Nel caso, si fa uso del criterio della massima semplicità della conclusione: siccome esistono più curve compatibili con i dati sperimentali (ad esempio, si può mostrare agli studenti il grafico di $f(x)=ax^2+dx^3$, con d molto piccolo), si opta generalmente per quella più semplice. (Ciò si può considerare come un'applicazione del “rasoio di Ockham”, per lo meno se confrontiamo due curve di cui una ha espressione analitica più complessa dell'altra³.) Ovviamente, questi due risultati si confermano a vicenda.

Un ulteriore consolidamento delle conclusioni di questo percorso si ottiene quando i risultati cinematici sopra richiamati vengono collocati nel quadro della dinamica newtoniana, nel quale inizialmente la forza peso viene concepita come localmente costante, specificando in modo più o meno vago che “ g dipende dal luogo”. Mi sembra che questo percorso vada a costituire negli studenti una “teoria efficace” della gravità.

Il moto del proiettile lento, nel quadro della gravitazione newtoniana

Quando si introduce la teoria della gravitazione universale, si presta giustamente molta attenzione a sottolinearne le rivoluzionarie novità concettuali. Corpi “terrestri” e “celesti” soggiacciono alle stesse leggi, al punto che in determinate condizioni un proiettile potrebbe divenire un satellite o viceversa. L'espressione fondamentale della forza di gravitazione si applica al caso di corpi puntiformi,

¹ È forse opportuno ricordare che la deduzione è oggi svolta assai semplicemente tramite l'algebra; non era così quando fu presentata per la prima volta, negli anni '30 del Seicento: il pensiero va a Galilei [3], ma pare che in questo caso parte sostanziale della primogenitura debba attribuirsi a Bonaventura Cavalieri. Per una ricostruzione storica, si veda ad es. [4].

² Un'interessante proposta didattica che riguarda specificamente la traiettoria del proiettile è in [5].

³ Non entro qui nell'eventuale problema, che ha avuto rilevanza storica, di distinguere la parabola da una curva catenaria, la quale si può produrre “meccanicamente”, senza conoscerne l'espressione analitica. In [6] tale problema è affrontato con una classe quinta di liceo scientifico.

estendendosi a quelli in cui uno o entrambi i corpi hanno una distribuzione di massa a simmetria sferica (la posizione del corpo è quella del suo centro di massa; i corpi sono esterni l'uno all'altro). Tali casi includono il moto di un proiettile vicino alla superficie terrestre, se modellizziamo la Terra come una sfera omogenea ed il proiettile come un punto materiale. È, questo, un particolare sistema a due corpi, in cui il secondo ha massa molto minore del primo. In tale approssimazione, il SR che ha origine nel centro della Terra e assi non rotanti rispetto alle stelle fisse risulta inerziale; consideriamo il moto del proiettile rispetto ad esso. Ragionando sulla prevalenza dell'energia potenziale o dell'energia cinetica si può mostrare l'esistenza di stati legati e non legati. Il passo successivo non compare in tutti i manuali scolastici, come penso invece meriterebbe:

Si dimostra che rispetto al SR considerato la traiettoria del moto è una sezione conica, di cui il secondo corpo occupa un fuoco; il tipo di sezione conica, nel caso non degenera, dipende unicamente dal segno dell'energia meccanica del sistema, secondo la corrispondenza seguente:

$E_M < 0$	$0 \leq e < 1$	<i>ellisse</i>
$E_M = 0$	$e = 1$	<i>parabola</i>
$E_M > 0$	$e > 1$	<i>iperbole</i>

Tipicamente queste proposizioni non sono dimostrate a scuola (ma si veda [7]); esse forniscono, almeno al liceo, un interessante collegamento col parallelo insegnamento di matematica.

In ogni caso, è assente una riflessione specifica sui proiettili che ricadono a terra. Nel contesto appena delineato, a cui si riferisce anche l'esperimento ideale di Newton, qual è la loro traiettoria? Se non si pone la domanda, ritengo si corra il rischio di lasciare gli studenti nello stato conoscitivo precedente. Però, *una volta posta la domanda*, la risposta è deducibile in modo molto semplice. L'energia meccanica dei proiettili lenti è minore di quella che permetterebbe loro di percorrere l'orbita circolare (a parità di posizione iniziale, la velocità iniziale è insufficiente) ed è perciò negativa; nel SR indicato essi percorrono quindi un arco di ellisse.

Quale relazione tra i due risultati?

Non di rado la conclusione appena ottenuta appare in contraddizione con il risultato già assodato e per gli studenti sorge il problema di affrontare una crisi. Perché non si ottiene un arco di parabola? La schematizzazione della forza agente è diversa; i SR adottati sono diversi: prima è solidale al laboratorio (S_{LAB}), poi non è più partecipe del moto di rotazione della Terra ("non corotante", S_{NC}). A ben vedere, che la traiettoria nei due casi risulti diversa può non sorprendere affatto. Ma in quale relazione si trova la nuova conclusione con la teoria e i risultati sperimentali precedenti? V'è contraddizione?

Spesso, a questo punto, si è già mostrato agli studenti che la forza peso costante ritorna come approssimazione in piccole regioni di spazio della forza di gravitazione universale. Si tratta ora di delineare la relazione conseguente tra i corrispondenti moti. Essi sono stati descritti in diversi SR, i quali, a rigore, non possono essere entrambi inerziali! *Lo sono però dal punto di vista pratico*: è esperienza comune che nelle condizioni sperimentali di laboratorio non ci si accorge che durante il volo del proiettile la Terra ruota: gli effetti di non inerzialità risultano cioè minori delle incertezze tipiche. In tali condizioni, entrambi i SR possono così essere trattati come inerziali e in essi si misureranno perciò le stesse accelerazioni e diverse velocità, la relazione tra queste essendo data dalla nota legge di

composizione: $\mathbf{v}_{NC} = \mathbf{v}_{LAB} + \mathbf{v}_{rot,0}$ ($\mathbf{v}_{rot,0}$ è la velocità dovuta alla rotazione terrestre nel punto considerato nell'istante iniziale del lancio)⁴. L'arco di parabola descritto in laboratorio sarà ancora un arco di parabola in S_{NC} , *ma non il medesimo*, dato che la velocità iniziale del proiettile risulta diversa; inoltre, un lancio orizzontale in laboratorio rimane orizzontale anche nel sistema non corotante, dato che \mathbf{v}_{NC} è somma di due velocità appartenenti al piano tangente la superficie della Terra nel punto di lancio.

È ora possibile confrontare *nello stesso* SR^5 , quello inerziale, la parabola così ottenuta e la traiettoria ellittica, la quali hanno nel punto di lancio un vertice comune, e verificare che per archi sufficientemente piccoli la prima costituisce un'ottima approssimazione della seconda. Questo confronto si può oggi fare facilmente per via grafica, tramite un applicativo come *GeoGebra*. Dalle espressioni analitiche ricavate nella sez.2 del presente lavoro osserveremo che per proiettili come quelli lanciati in laboratorio (ma nel vuoto) l'approssimazione è tale da rendere sperimentalmente indistinguibili le due traiettorie, data la modesta precisione delle misure; aumentando a sufficienza la precisione delle misure la traiettoria si mostra in primo luogo non piana: una piccola riflessione al riguardo è riportata in Appendice.

Riflessione sulla didattica

Mi pare che la conclusione appena ottenuta, con poco sforzo, apra un'occasione didattica particolarmente favorevole per molti motivi.

- (i) Si stupiscono gli studenti con un esperimento ideale, dovuto allo stesso Newton [1,2], dall'esito non intuitivo.
- (ii) Avendo ricondotto i diversi risultati in un coerente quadro unitario, si è contrastata la tendenza a che la differenza nell'uso pratico nell'uso dei due diversi quadri concettuali venga acquisita dagli studenti come una rinnovata differenza *teorica*, riguardante le leggi cui obbediscono proiettili lenti e satelliti, in flagrante contraddizione con l'universalità della teoria newtoniana.
- (iii) Si è data nuova prova della forte dipendenza delle conclusioni dalle condizioni sperimentali e in particolare dalle incertezze delle misure: un richiamo mai scontato al lavoro sulla misura fatto all'inizio del corso di fisica, ma anche un momento in cui poter apprezzare l'importanza, in campo scientifico, dello stato della tecnica.
- (iv) Si può puntare l'attenzione sulla chiarezza dell'insieme di assunzioni teoriche necessarie per le successive deduzioni e quindi per l'interpretazione del fenomeno. Essa risulterà tale non in senso assoluto, *ma solo all'interno del quadro teorico individuato*. Ciò è motivo di una revisione critica profonda, insieme agli studenti, dell'immagine primitiva di metodo scientifico che talvolta si illustra loro all'inizio del percorso, la quale poggia su un ingenuo utilizzo del metodo induttivo.
- (v) Si offre un importante esempio di fenomeno interpretabile alla luce di presupposti teorici diversi, che sono in relazione tra loro e con le risposte della natura non secondo una logica binaria, ma secondo un rapporto più articolato; in particolare, l'ultima teoria "approfondisce" la prima, nel

⁴ In altri termini, nei casi in esame il SR non inerziale del laboratorio (S_{LAB}) risulta indistinguibile da un terzo SR (S_{MRU}), in moto rettilineo uniforme con velocità $\mathbf{v}_{rot,0}$ rispetto al SR inerziale non corotante (S_{NC}). In S_{LAB} e S_{MRU} troviamo la stessa parabola; occorre poi una trasformazione delle velocità da S_{MRU} a S_{NC} .

⁵ Ammetto che questa considerazione non mi si è presentata immediatamente. Se ad altri è capitato di sottovalutarla possono unirsi con me a un club che conta anche vittime illustri e valenti come Popper [8] e Odifreddi [9].

sensu indicato da [10]. Ciò è anche propedeutico a comprendere che in linea di principio possono esistere altre teorie capaci di interpretare diversamente lo stesso fenomeno: ne è un esempio la relatività generale. Ma se nel caso qui considerato le due teorie sono, per così dire, "compatibili" tra loro, non avverrà lo stesso, ad esempio, nello studio della luce che gli studenti affronteranno in seguito.

La traiettoria ellittica e la sua approssimazione parabolica: una via analitica

Premetto che ritengo improponibile presentare tutto il contenuto di questa sezione a tutti gli studenti; un interessamento del docente di matematica per la relativa parte sarebbe di stimolo; una sintetica illustrazione di alcuni risultati fisici, quando possibile, penso invece possa essere istruttiva.

Adottiamo un SR con origine nel centro della Terra e assi non corotanti con essa, ma fermi rispetto alle stelle fisse (S_{NC}). Seguendo Newton, facciamo astrazione dell'influenza degli altri corpi dell'universo e assumiamo che la Terra, sferica, abbia massa molto maggiore di quella del proiettile. Limitandoci al caso di lancio orizzontale di proiettili lenti, presentiamo ora una via analitica per mostrare che in questo SR (inerziale) e in un intorno del punto di lancio, la traiettoria ellittica è ben approssimata da un'opportuna parabola: proprio quella che in questo SR corrisponde, nell'approssimazione di inerzialità di S_{LAB} , alla traiettoria trovata in laboratorio.

Il punto di lancio è un vertice dell'ellisse, siccome la velocità iniziale è normale alla forza centrale; esso si trova sull'asse maggiore, dato che vi appartiene anche il centro di forza, coincidente con un fuoco (fig.2). Si osservi che il centro della Terra deve trovarsi in questo caso *nel fuoco più lontano*. La conservazione dell'energia meccanica implica infatti che l'avvicinamento del proiettile al centro di forza comporti un aumento del modulo della sua velocità. Ciò è possibile se il centro di forza si trova nel fuoco più lontano, ma non se esso si

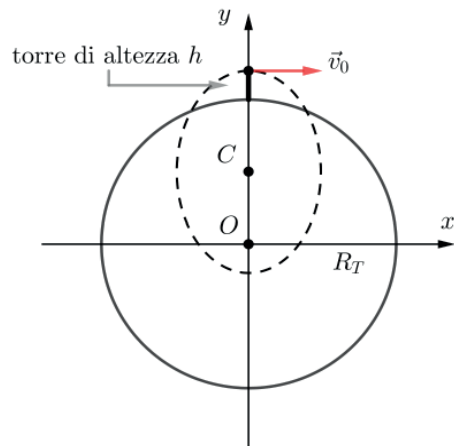


Figura 2. Schema del riferimento S_{NC} . L'asse di rotazione terrestre non è qui rappresentato; esso passa per l'origine e può avere direzione qualsiasi.

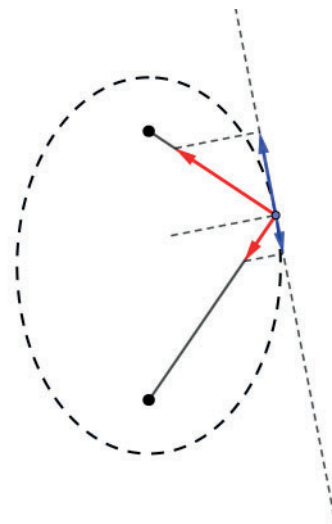


Figura 3. Per la proprietà focale, in ogni punto dell'ellisse i componenti tangenziali dei vettori in rosso hanno sempre versi opposti tra loro.

trova in quello più vicino, come si evince tracciando, in un qualsiasi punto della traiettoria, la forza di gravità agente sul proiettile come se essa fosse esercitata da uno o l'altro fuoco e osservando in ciascun caso il verso del componente tangente (fig.3). L'opposto avviene per le traiettorie ellittiche che il proiettile-satellite percorre interamente, in cui inizialmente il proiettile si allontana dal centro di forza (si disegni per comodità anche l'orbita circolare): in tali casi, il centro di forza deve perciò trovarsi *nel fuoco più vicino*.

Seguono ora i risultati del metodo algebrico di approssimazione della traiettoria ellittica con la corretta parabola; per maggiori dettagli si rimanda all'appendice pubblicata online.

In S_{NC} l'equazione della traiettoria ellittica è dunque

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{(y-c)^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

dove in questo caso la semi-distanza focale è $c = \sqrt{b^2 - a^2}$ e risulta [11, 7, 12]

$$a = \frac{L}{\sqrt{2m|E_M|}}, \quad b = \frac{GMm}{2|E_M|} \quad (b > a). \quad (2)$$

Vicino alla posizione iniziale, distante $r_0 = c + b = R_T + h$ dal centro della Terra, risulta $y > y_c$ e l'arco interessato si scrive

$$y = c + b\sqrt{1 - x^2/a^2} \quad (3)$$

e con semplici passaggi algebrici si giunge alla forma:

$$y = r_0 - \frac{b}{2a^2} \left(\frac{2}{\sqrt{1 - x^2/a^2} + 1} \right) x^2 \quad (\text{arco di ellisse}) \quad (4)$$

Confrontiamo questa espressione con quella della parabola che in S_{NC} corrisponde alla traiettoria trovata in laboratorio. Essa ne ha la stessa forma generale e siccome $g(r_0)/(2v_0^2) = b/(2a^2)$, risulta:

$$y = r_0 - \frac{b}{2a^2} x^2 \quad (\text{parabola}) \quad (5)$$

Se $x \ll a$, allora $y_{ELL} - y_{PAR} \approx 0$: ovvio, i due archi hanno un estremo in comune per $x = 0$. Più significativo è valutare tale differenza in rapporto alla variazione di quota, anch'essa piccola per $x \ll a$:

$$\frac{y_{ELL} - y_{PAR}}{y_{PAR} - y_{PAR,0}} = \frac{-\frac{b}{2a^2} x^2 \left(\frac{2}{\sqrt{1 - x^2/a^2} + 1} - 1 \right)}{-\frac{b}{2a^2} x^2} = \frac{2}{\sqrt{1 - x^2/a^2} + 1} - 1 \quad (6)$$

Si può osservare in modo semplice che per $x \ll a$ (e tanto più ciò è vero) questo rapporto è vicino a zero (e, corrispondentemente, tanto più ciò è vero). Da un punto vista matematicamente superiore, ciò comporta l'aver provato che nel limite $x/a \rightarrow 0$ le due funzioni coincidono almeno fino al secondo ordine in x/a .

Ma quanto vale a ? In appendice si mostra come i semiassi, equazioni (2), si possono esprimere tramite semplici funzioni di r_0 e del rapporto v_0/v_{j0} , dove v_{j0}

è la velocità di fuga dalla posizione iniziale. L'eccentricità, invece, dipende dal solo rapporto v_0/v_{f0} . Per una *qualunque* velocità iniziale risulta infatti:

$$e = \sqrt{1 + (2L^2 E_M)/(G^2 M^2 m^3)} = \left| 1 - 2(v_0/v_{f0})^2 \right| \quad (7)$$

Si noti che la traiettoria circolare $e = 0$ si ottiene se e solo se $v_0 = v_{f0}/\sqrt{2}$. Ciò mi pare illumina con semplicità la somiglianza tra le formule per la velocità di fuga e per la velocità di satelliti in moto circolare. È per velocità maggiori o uguali a quest'ultima, cioè per proiettili che "entrano in orbita", che generalmente si concentra l'attenzione didattica; la (7) e il relativo grafico possono contribuire ad un buon livello di dettaglio per l'intero spettro di velocità iniziali.

Si ricordi il SR adottato: la velocità iniziale qui indicata è quella misurata non in laboratorio, ma nel riferimento non corotante (S_{NC}):

$$\mathbf{v}_0 = \mathbf{v}_{LAB,0} + \mathbf{v}_{rot,0} \quad (8)$$

Poniamo ora in questo esperimento ideale i valori tipici delle esperienze di laboratorio. Avendo qui trascurato l'attrito viscoso dell'aria, che tipicamente può produrre effetti osservabili, un eventuale confronto tra modello e dati sperimentali potrebbe effettuarsi se, perlomeno, il moto reale avvenisse nel vuoto, o meglio in un "vuoto" tale da rendere gli effetti dell'attrito trascurabili in relazione alla precisione delle misure adottata.

Ad esempio, nel caso di lancio verso est da un punto a 45° di latitudine, per velocità tipiche (diciamo $v_{LAB,0} \leq 5$ m/s), essendo $v_{rot} \approx 328$ m/s e $v_{f0} \approx 11,2$ km/s risulta comunque v_0/v_{f0} poco minore del 3%. In corrispondenza di tale valore, i semiassi dell'ellisse valgono rispettivamente (tra parentesi il numero di cifre significative)

$$a \approx r_0 \cdot \frac{v_0}{v_{f0}} \approx \frac{3}{100} R_T \approx 190 \text{ km (2 c. s.)}, \quad b \approx \frac{r_0}{2} \approx \frac{R_T}{2} \approx 3190 \text{ km (3 c. s.)} \quad (9)$$

Se il lancio avviene da 2,0 m di altezza con $v_{LAB,0} = 5,0$ m/s, si avrà in S_{NC} una gittata dell'ordine dei 200 m e quindi, al più $x/a \approx 10^{-3}$; per la (6), la differenza tra le ordinate della traiettorie ellittica e della sua approssimazione parabolica sarà, al massimo, dell'ordine di $1/10^6$ della variazione di quota.

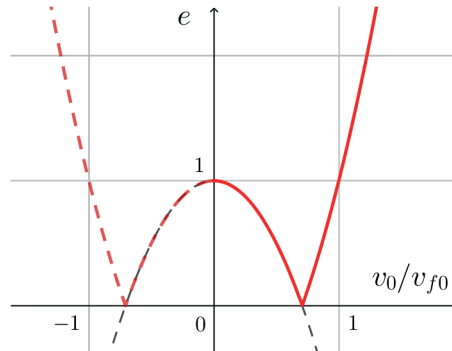


Figura 4. Dipendenza dell'eccentricità della traiettoria dall'unica variabile: v_0/v_{f0} .

- Bibliografia** [1] NEWTON, I. *Sistema del mondo*, Boringhieri, Torino, 1959, 20-22. Associazione Per l'Insegnamento Della Fisica (AIF): www.aif.it/esperienze-di-laboratorio-con-materiale-povero-da-realizzare-a-casa-o-in-classe/ (Ultimo accesso: 16.11.2021)

- [2] NEWTON, I. *Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di A. Pala, UTET, Torino, 1965, 97 e 186-188.
- [3] GALILEI, G. *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, in *Opere*, 2 voll., a cura di F. Brunetti, UTET, Torino, 2005, II, Giornata quarta.
- [4] RUSSO, L. *Stelle, atomi e velieri. Percorsi di storia della scienza*, Mondadori, Milano, 2015, 71-73.
- [5] CERRETTA, P. “Tra Terra e Cielo: il moto dei proiettili e l’esperimento di Guidobaldo del Monte e di Galileo”, *LFnS*, LI, supplemento al n.3-4, (2018), 169-174.
- [6] FERA, G. “Catenaria o parabola?”, *LFnS*, LII, 1, (2019), 26-29.
- [7] MICHELUTTI, G.L., GIUGLIARELLI, G., MICHELINI, M., “Un semplice metodo di soluzione del problema di Keplero”, *Giornale di Fisica*, XXXVII, 2, (1996), 141-147.
- [8] POPPER, K. *Poscritto alla logica della scoperta scientifica. Il realismo e lo scopo della scienza*, il Saggiatore, Milano, 2009, 171.
- [9] ODIFREDDI, P. *Hai vinto, Galileo!*, Mondadori, Milano, 2009, cap. X, 84-85.
- [10] GEYMONAT, L. *Lineamenti di filosofia della scienza*, UTET Università, Torino, 2006, cap. XI.
- [11] LANDAU, L.D., LIFŠITS, E. M. *Meccanica*, III edizione, Editori Riuniti, Roma, 1994, par. 15.
- [12] DONELLI, P., “Sul moto ellittico dei pianeti”, *LFnS*, XLVI, 4, (2013), 163-169.

Scale temporali e francobolli

Il lettore attento avrà notato una incongruenza nell'immagine di copertina dove 3 francobolli celebrano Isaac Newton. Al centro campeggia un francobollo di un paese francofono africano il Togo, o per meglio dire la Repubblica Togolese. Mentre ai lati due emissioni britanniche ricordano Sir Isaac. Ma le date di nascita sono diverse!

I francobolli del paese che ha dato i natali a Newton indicano come anno di nascita il 1642, mentre il francobollo africano riporta il 1643. Possibile che i curatori siano stati così poco attenti?

Sì e no. Approfondendo la questione si scopre che nell'Inghilterra in cui Newton ha vissuto era utilizzato il calendario giuliano¹ promulgato da Giulio Cesare nel 46 a.C., mentre il calendario utilizzato in quasi tutti i paesi del mondo è il calendario gregoriano², che prende il nome dal papa Gregorio XIII, che lo introdusse il 4 ottobre 1582 con la bolla papale *Inter gravissimas*.

L'introduzione del calendario gregoriano si era resa necessaria per correggere lo sfasamento tra le stagioni astronomiche e il calendario giuliano che si era accumulato in oltre 1200 anni di uso³ (1 giorno ogni 128 anni). Al 4 ottobre 1582 seguì il 15 ottobre, ricollocando i solstizi nelle stagioni corrispondenti. Il calendario gregoriano introdusse le regole attuali sull'anno bisestile per impedire che lo sfasamento del calendario giuliano si ripetesse negli anni a venire.

Il francobollo togolese indica correttamente gli anni di nascita e di morte di Newton nel calendario gregoriano. Ci si aspetterebbe che i francobolli inglesi utilizzino correttamente il calendario giuliano, secondo cui Newton è nato il 25 dicembre 1642 e morto il 20 marzo 1726.

¹ it.wikipedia.org/wiki/Calendario_giuliano

² it.wikipedia.org/wiki/Calendario_gregoriano

³ Una prima correzione era stata fatta ai tempi dell'imperatore Costantino, nel 325 d.C. durante il Concilio di Nicea.