

# STORIA DELLA FISICA

## Il pendolo di Foucault

A volte anche gli esperimenti più semplici hanno risvolti straordinari. Nel 1851 il fisico francese Jean-Bernard-Léon Foucault riuscì a fornire una prova della rotazione terrestre senza bisogno di andare nello spazio. Tutto quello che utilizzò fu un pendolo, un semplicissimo pendolo formato da una biglia attaccata a un filo: solo che la biglia era una sfera di piombo con una massa di 28 kg e il filo, d'acciaio, era lungo 67 m.

Il pendolo di Foucault era sospeso alla volta del Pantheon di Parigi e un folto pubblico era presente per assistere alla dimostrazione: il filo che tratteneva la sfera lontano dalla posizione di equilibrio fu bruciato e il pendolo iniziò a oscillare. Si poté osservare sin dalle prime oscillazioni che la sfera non tornava esattamente nella posizione di partenza ma leggermente spostata verso sinistra rispetto a questa. La sua elevata inerzia garantiva una notevole riduzione degli smorzamenti, e con il passare del tempo si vide chiaramente che il piano di oscillazione del pendolo ruotava in senso orario.

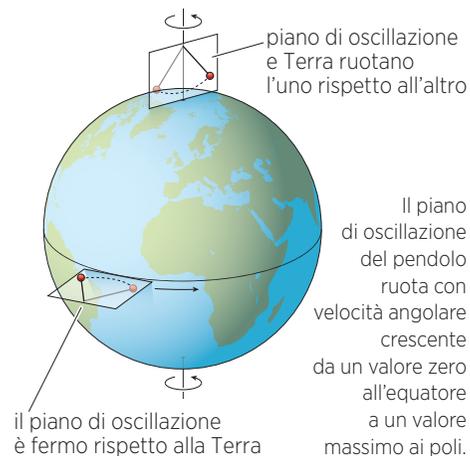


Marco Cammizaro / Shutterstock

### Il pendolo di Foucault e la rotazione terrestre

Come premesso, la spiegazione del comportamento del pendolo sta nella rotazione terrestre. In un certo senso è come se il punto di sospensione del pendolo fosse immobile rispetto alle stelle fisse, mentre la Terra gli ruota sotto. Uno degli accorgimenti che richiesero a Foucault particolare attenzione riguardò proprio l'innesto tra il filo e la volta: il pendolo doveva essere libero di oscillare a 360°, e sull'acciaio non dovevano crearsi torsioni che avrebbero interferito con l'esperimento.

A seconda della latitudine alla quale si esegue l'esperimento il pendolo ha comportamenti diversi: all'equatore il piano di oscillazione non ruota affatto, mentre ai poli la rotazione è molto veloce, effettuando un giro completo in un giorno. La velocità di rotazione varia con continuità tra questi due valori alle latitudini intermedie: è più veloce vicino ai poli e più lenta all'equatore. Nell'emisfero australe, inoltre, essa avviene in senso antiorario.

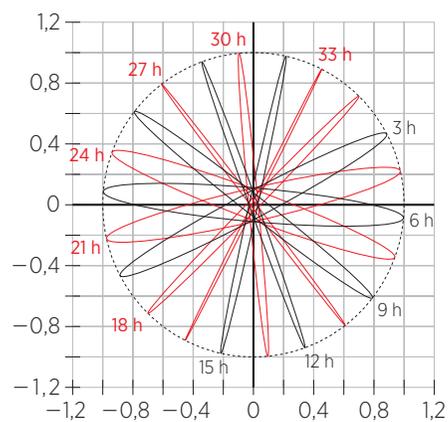


### Sistemi di riferimento non inerziali

Lo spostamento laterale della sfera suggerisce la presenza di una forza diversa da quella di gravità, che invece è responsabile dei moti verticali. Si tratta della forza di Coriolis, una forza apparente, dovuta cioè all'inerzia, che si manifesta quando il sistema di riferimento nel quale si osserva il pendolo ruota rispetto alle stelle fisse.

### Il pendolo di Foucault oggi

Oggi in moltissimi musei della scienza sono riprodotti esperimenti di questo tipo, ma su scale ridotte. Per ridurre gli smorzamenti si usano elettromagneti o altri dispositivi che consentono al pendolo di non fermarsi dopo poche oscillazioni.



Traiettoria del pendolo mentre il piano di oscillazione ruota rispetto alla Terra.

**DOMANDA** In quali musei o istituti universitari è presente un pendolo di Foucault? Fai una ricerca sulla rete, raccogliendo immagini e informazioni sui dispositivi utilizzati, e prepara una breve presentazione.

## LETTERATURA

## Naufragio

*Pare che il destino si voglia divertire a nostre spese, vedo. Prima ci fa arrivare a un tiro di schioppo dalla salvezza e poi fa in modo che non abbiamo alcun mezzo per arrivarci; ci fornisce di cibo per una settimana, di aria per tre giorni e della provvista di acqua per un anno intero.»*

(Isaac Asimov, *Naufragio*, 1939)

I resti della nave spaziale *Silver Queen* sono in orbita intorno a Vesta, un grande asteroide fra la Terra e Marte, con i motori in avaria e tre superstiti a bordo. L'ironia della sorte li ha lasciati in un'area intatta, con aria a disposizione per soli tre giorni e un'enorme cisterna piena d'acqua che basterebbe a dissetarli per un anno intero. Si tratterebbe davvero di una beffa del destino se i tre non conoscessero la fisica. Essi infatti risolvono il loro problema e riescono a trarsi in salvo proprio grazie alla grande disponibilità di acqua.

Un foro nel serbatoio e i principi della dinamica fanno il resto: la grande differenza di pressione fra l'interno del serbatoio e lo spazio vuoto fa sì che l'acqua venga spinta con forza fuori dalla nave; quest'ultima a sua volta, per il principio di azione e reazione, riceve una spinta uguale e contraria. Una spinta provoca un'accelerazione nella sua stessa direzione, per cui l'astronave può spostarsi dall'orbita e puntare verso Vesta se il foro viene fatto dalla parte giusta.

## Motori a reazione

Di fatto l'acqua funge da propellente per il nuovo «motore a reazione» dell'astronave. Un motore a reazione, come la denominazione suggerisce, sfrutta il terzo principio della dinamica: un materiale (propellente) viene espulso ad alta pressione in una direzione e il veicolo si muove in direzione opposta. Tutti i veicoli spaziali utilizzano motori a reazione, e ormai anche i motori degli aerei utilizzano lo stesso principio. Possiamo costruire un semplice motore a reazione casalingo con un palloncino pieno d'aria: quando l'aria, a pressione elevata, fuoriesce dal palloncino lo spinge a sua volta in direzione opposta al getto.



NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

Vesta è un asteroide di circa 530 km di diametro. È un oggetto molto piccolo ma molto brillante e a volte è visibile a occhio nudo.



NASA/Bill Ingalls

I gas espulsi in una direzione causano il movimento di un corpo in direzione opposta.



Nel I secolo a.C. Erone d'Alessandria inventò un congegno a reazione che chiamò «eolipila». Essa sfruttava getti di vapore in uscita da due ugelli.

**DOMANDA** In quale direzione ruota l'eolipila? Spiega con un disegno e una didascalia di 5 righe il funzionamento del dispositivo e individua i vettori delle forze in gioco

## CON GLI OCCHI DI UN FISICO

### Le avventure del barone di Münchhausen

#### Il barone

L'ufficiale tedesco Karl Friedrich Hieronymus, barone di Münchhausen, vissuto tra il 1720 e il 1797, era famoso tra gli amici per i suoi straordinari racconti di imprese inverosimili. Pare avesse un vero e proprio repertorio di quelle che oggi chiameremmo «leggende metropolitane» e che fosse abilissimo nell'infarcirle dei particolari più improbabili. Nello stesso periodo viveva Rudolf Erich Raspe, un erudito bibliotecario di Hannover, che decise di dare vita alle vicende del barone in un romanzo, destinato ad accrescerne fama e prodezze. *Le avventure del barone di Münchhausen* fu riscritto e tradotto da più mani prima di arrivare ai nostri giorni, arricchito nel corso del tempo di assurde spaccate attribuite al protagonista.

#### La leggerezza del barone

Nella prima delle *Lezioni americane* (1985) dedicata alla «leggerezza», Italo Calvino scrive: «*Le avventure di Münchhausen*, che come le Mille e una Notte non si sa se abbiano avuto un autore, molti autori o nessuno, sono una continua sfida alla legge della gravitazione: il Barone è portato in volo dalle anatre, solleva se stesso e il cavallo tirandosi su per la coda della parrucca, scende dalla luna tenendosi a una corda più volte tagliata e riannodata durante la discesa». Il barone agisce dunque come un essere senza peso e senza massa, sfida le leggi della fisica e i suoi stessi principi.



Il barone di Münchhausen in un disegno di Gustave Doré, 1862.



Illustrazione di Oskar Herrfurth

Grandissimo esperto di caccia, il barone riuscì a catturare diverse dozzine di anatre con un unico pezzo di lardo legato a una cordicella. Il lardo fu divorato avidamente e scivolò indisturbato lungo l'apparato digerente di ciascuna anatra, una dopo l'altra, fino a formare una lunga catena volante.

#### Sulla palla di cannone

Durante la guerra contro i turchi le truppe del barone assediavano una città, ed era diventato molto importante conoscere che cosa stesse succedendo nella piazza principale. Con il suo zelo proverbiale il barone pensò che fosse giunto il momento per una delle sue prodezze: si avvicinò a un cannone e, quando esplose il colpo, saltò prontamente sulla palla diretta verso il nemico. Durante il volo si rese conto che stava volando dritto dritto verso un luogo a lui ostile e ci ripensò. Approfittò dunque di una palla di cannone turca diretta in senso contrario, che stava giusto passando nelle vicinanze, e con incredibile destrezza vi balzò sopra al volo. Non portò a termine la sua missione, ma almeno tornò al campo vivo.

Una delle immagini più famose del barone di Münchhausen è quella che lo vede viaggiare a cavallo di una palla di cannone.



Illustrazione di Gottfried Franz

#### PAROLA CHIAVE **Inerzia**

**DOMANDA** Potrebbe una palla di cannone procedere indisturbata se qualcuno le saltasse a cavallo al volo? Motiva la tua risposta in 5 righe.

## I bottoni autoesplosivi

Il barone aveva una giacca prodigiosa, confezionata con la pelle di un suo fedele cane da caccia. Era in grado di guidarlo verso la selvaggina e, quando questa era in vista, i bottoni si sparavano da soli come proiettili, non mancando mai un colpo. Il barone sfidava senz'altro il terzo principio della dinamica, mettendo a serio rischio la sua incolumità: per il principio di azione e reazione possiamo facilmente immaginare che cosa accadesse quando i bottoni «si sparavano» verso la selvaggina spingendo contro il corpo del barone!

## Il codino del barone

Come il mitico Alessandro Magno, anche il barone aveva domato un cavallo inizialmente selvatico e intrattabile, che successivamente gli divenne fedele e lo seguì in tutte le sue peripezie. Durante una di queste provarono a saltare un fossato troppo largo e vi finirono dentro, sprofondando nella palude fino al collo. Non potendosi liberare altrimenti, il barone dovette impegnare tutta la sua forza sovrumana e, afferratosi per il codino, iniziò a tirare: stringendo saldamente il cavallo tra le ginocchia riuscì in quel modo a sollevare dal pantano se stesso e il cavallo in una sola volta.

Il barone di Münchhausen solleva se stesso insieme al suo cavallo tirando con forza il suo codino verso l'alto.



Illustrazione di Theodor Hosemann

## Un cavallo a metà

Il cavallo del barone fu vittima di un incidente che lo tagliò di netto a metà. Le due zampe posteriori scapparono per i campi, mentre le anteriori, nonostante la mancanza dell'appoggio, non si ribaltarono facendo ruotare il corpo ma continuarono a procedere come se nulla fosse accaduto. Tant'è che il barone si accorse dell'incidente quando notò che il cavallo, portato ad abbeverarsi, non riusciva a dissetarsi: infatti tutta l'acqua che ingoiava dalla bocca fuoriusciva tranquillamente dalla voragine aperta sul retro.

Lo straordinario cavallo del barone, dimezzato da una saracinesca, era in grado di sostenersi su due zampe senza sbilanciarsi.



Illustrazione di Gottfried Franz

PAROLA CHIAVE

**Interazione**

**DOMANDA** Quanto vale la somma della forza che il barone esercita sul suo codino e della forza che il codino esercita sul barone?

PAROLA CHIAVE

**Principio**

**DOMANDA** Perché un fisico affermerebbe che l'avventura del cavallo dimezzato è assurda? Argomenta la risposta in 10 righe.