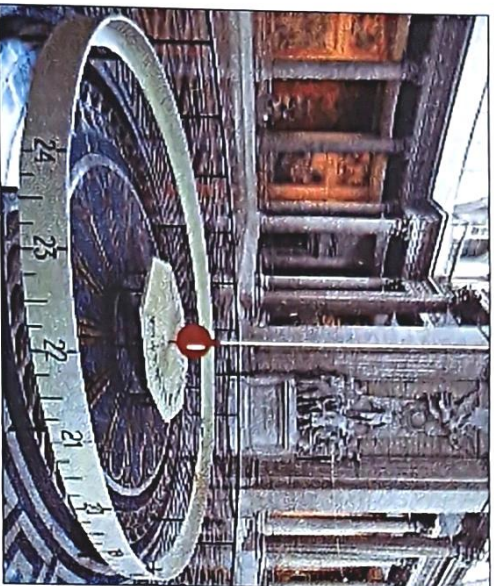


INTORNO A NOI avvengono fenomeni fisici e chimici molto importanti. Con questa rubrica, *Nation* esplora, con l'aiuto della scienza, i perché della vita quotidiana, proponendo anche semplici esperimenti.

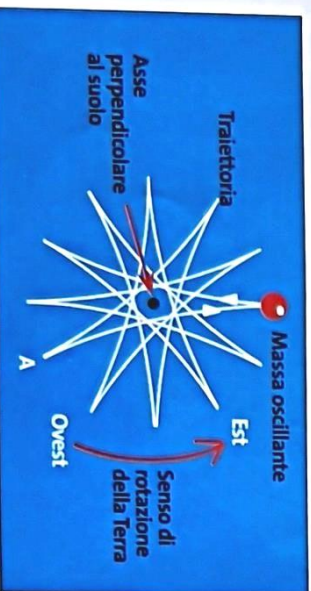
Il pendolino di Foucault

► Come costruirsi un mini-pendolo di Foucault per avere la prova diretta della rotazione terrestre. Perché Galileo, malgrado il suo grande interesse per i pendoli e per i moti della Terra, non si accorse della graduale rotazione del piano in cui il pendolo oscilla?

di ANDREA FROVA*



IL PENDOLO DI FOUCAULT... Una massa oscillante di 28 kg, appesa all'interno della cupola del Pantheon a Parigi tramite un filo lungo 67 metri, fornisce una diretta dimostrazione della rotazione terrestre.



... E LA SUA TRAIETTORIA. Oscillando avanti e indietro, la bocca del pendolo descrive una traiettoria «a rosetta» completandola in 24 ore al Polo, 32 a Parigi e 36 alla latitudine di Roma.

La spiegazione del comportamento del pendolo di Foucault al Polo, dove la traiettoria viene descritta in 24 ore, è elementare. Il pendolo mantiene costante il proprio piano di oscillazione rispetto al sistema assoluto delle stelle fisse, perché non è soggetto a forze capaci di alterarlo (agiscono solo il peso e la tensione del filo, situate nel piano di oscillazione). La Terra gli gira attorno in 24 ore, come ogni osservatore che sia su di essa. Costui, non avvedendosi del moto della Terra, giudica che sia il pendolo a deviare, descrivendo una traiettoria come quella mostrata nel disegno (caso del Polo Nord).

► La forza di Coriolis

In termini della forza di Coriolis, il fenomeno si spiega come segue. Partendo dal punto A nella figura, il pendolo possiede una certa velocità di traslamento trasversale dovuta alla rotazione terrestre. In assenza di altri il pendolo conserva sempre, per inerzia, tale velocità iniziale. Supposto che il pendolo si avvii verso Nord, man mano che si avvicina alla verticale al suolo esso sorvola punti della Terra che corrono via via più lentamente, e quindi li sorpassa. In pratica, per un osservatore solidale con la Terra che non si accorge di ruotare, tutto avviene «come se» il pendolo fosse soggetto a una forza apparente, la forza di Coriolis appunto, che lo sospinge verso destra. La forza di Coriolis agisce anche lontano dal Polo ma, per ragioni non del tutto ovvie, il periodo della rotazione del piano del pendolo è più lungo: a Roma, per esempio, è di 36 ore.

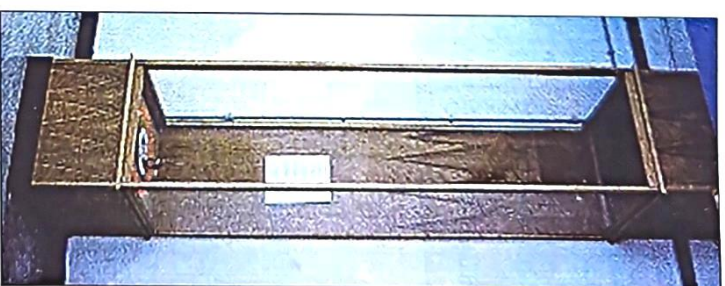
► Costruirsi un pendolo

Non consiglio ai lettori di provare a realizzare un vero pendolo di Foucault a casa propria. I requisiti perché esso funzioni sono tanti, a cominciare dalla massa grande, per meglio contrastare le forze di attrito, e dalla lunghezza del filo, che deve essere di varie decine di metri affinché il moto sia lento e l'effetto frenante dell'aria conti poco. Inoltre, a causa di inevitabili asimmetrie del sistema durante il giro di 360° attorno all'asse verticale, l'oscillazione del pendolo può uscire dal piano e assumere un certo grado di ellitticità. I lettori particolarmente abili e attenti possono invece provarsi a realizzare un pendolo di Foucault in miniatura dove, per superare tali difficoltà, si ricorre a espedienti. Un tale pendolo è stato realizzato un paio di anni fa da un mio studente di fisica del primo anno - Matteo Bissiri - ed è visibile presso il Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma (nelle foto). Possiamo a descriverlo brevemente, ribadendo che non si tratta di un lavoro da poco. Suggerirei che si mettano assieme più giovani sotto la guida di un valido insegnante di fisica, possibilmente con l'ausilio di un tecnico elettronico.

Nella versione in miniatura, le perdite di energia vengono compensate dall'azione di un elettromagnete posto sotto il centro del quadrante (foto qui accanto). A ogni oscillazione del pendolo, la bobina del magnete viene attraversata da un breve impulso di corrente, così che sulla bocca del pendolo, fatta di ferro, si esercita una forza attrattiva. La sincronizzazione è ottenuta tramite un fototransistore posto al centro del pendolo e attivato da un emettitore di infrarosso fissato

NEL PROSSIMO NUMERO parleremo della traiettoria descritta dai proiettili in volo che ci servirà per smantellare il diffuso pregiudizio - risalente a tempi precedenti a Galileo - secondo il quale un oggetto si mantiene in aria tanto più a lungo quanto maggiore

è la velocità con cui viene scagliato. Proporremo inoltre un semplice esperimento che chiunque potrà realizzare in casa, utile a dimostrare senza ombra di dubbio come siano realmente le cose.



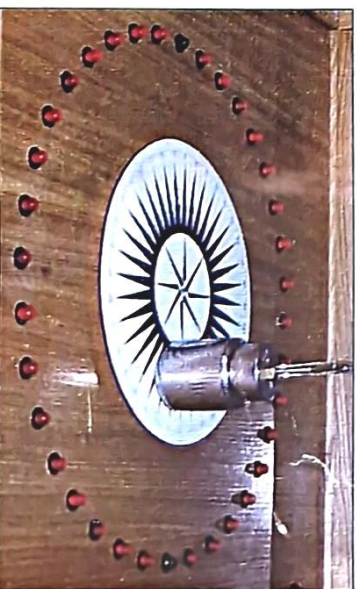
sotto la bocca. Grazie a questa «spinta», il pendolo recupera la propria energia cinetica. Un altro espediente, atto a garantire che la traiettoria resti sempre vincolata a un piano, è quello di «guidare» il filo, facendolo attraversare un foro circolare («anello di Chariron») a circa 30 cm dal punto di fissaggio al soffitto. Infine, la rotazione del piano di oscillazione è evidenziata dai Led luminosi posti sulla circonferenza, i quali vengono accesi in sequenza a intervalli di un'ora grazie ad altrettanti fotosensori, posti lungo i raggi del quadrante e attivati dal passaggio del pendolo. L'insieme di tali accorgimenti permette al pendolo di oscillare in modo permanente, senza manutenzione o altri interventi esterni, e di costituire un oggetto esteticamente elegante.

► Qualcosa sfugge a Galileo

Torniamo ora a Galileo e alla sua mancata osservazione dell'effetto di rotazione. Poteva egli percepirlo? L'allievo Viviani racconta che il suo maestro passò lunghe ore a studiare il moto dei lampadari del duomo di Pisa, deducendone l'isocronismo del pendolo e le leggi che fanno dipendere il periodo di oscillazione dalla

COSTRUITO DA UNO STUDENTE

Questo pendolo di Foucault in miniatura, che si trova al Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza, è racchiuso in una cabina di plexiglass alta 4 metri.



VISTO DA VICINO. Un dettaglio del pendolo all'Università di Roma, che mostra la massa oscillante, il quadrante e i LED luminosi.

radice quadrata della lunghezza, ma non dalla massa. Per quanto un lampadario non sia un pendolo di Foucault ideale, è indubbio che per la durata dello stato di moto il suo piano di oscillazione deve variare almeno di un poco. In presenza di una sorgente di luce, l'effetto avrebbe potuto essere osservato seguendo la posizione dell'ombra del lampadario contro la parete. Lo stesso Matteo Bissiri ha dimostrato che, per un pendolo di 20 metri con massa di 1 kg soltanto (da lui realizzato nella tromba delle scale condominiali), bastano venti minuti di oscillazione per fare una misurazione precisa dello spostamento dell'ombra. Più che i lampadari, però, Galileo teneva sotto costante osservazione un pendolo lungo almeno 10 metri, sicuramente assai più pesante di 1 kg, appeso fuori dalla finestra del suo studio all'Università di Padova. Un tale pendolo avrebbe dovuto manifestare uno spostamento alla Foucault più controllato e verificabile. Malgrado la sua eccezionale abilità di sperimentatore, la rotazione del piano non attirasse la sua attenzione. Eppure il Viviani lasciò scritto in un appunto che «un pendolo insensibilmente va variando dalla prima sua gita».

Se Galileo osservò un effetto del genere, lo attribuì probabilmente a qualche «impedimento accidentario» di marginale interesse, come movimenti d'aria o attriti di varia specie. Peccato, perché questa sarebbe stata la prova incontestabile del moto terrestre, quella prova decisiva di cui egli andò in cerca per tutta la vita quale degno coronamento della sua opera.

*Andrea Frova è docente di Fisica generale all'Università La Sapienza di Roma