

# L'effetto Coriolis - un conflitto tra senso comune e matematica

Anders Persson, Istituto Svedese di Meteorologia e Idrologia, Norrköping, Svezia

Traduzione di Gian Paolo Minardi, Servizio Meteorologico Regionale, ARPA Lombardia

(1) Anche per questo motivo, e non solo perché la forza è inerziale, la forza di Coriolis non compie alcun lavoro sul corpo, cioè non cambia la sua velocità (energia cinetica) ma solo la direzione del moto. L'affermazione che la forza di Coriolis «non compie alcun lavoro non va confusa con «non fa niente».

## 1. Introduzione: il dibattito del 1905

Cento anni fa la rivista tedesca «Annalen der Physik» diede spazio, nello stesso volume del 1905 in cui Albert Einstein pubblicò i suoi primi cinque articoli «rivoluzionari», ad un dibattito tra tre fisici, Denizot, Rudzki e Tesar, sulla corretta interpretazione dell'effetto Coriolis, ed in particolare sul modo in cui esso si manifestava nell'esperienza del pendolo di Foucault. Il dibattito era complicato da molti argomenti collaterali, ma il problema principale restava il seguente: se, come spesso si affermava, il piano di oscillazione del pendolo era fisso relativamente alle stelle, perché allora il suo periodo di rotazione non era lo stesso, ovvero un giorno sidereo (23 ore e 56 minuti), in ogni luogo della terra e non solo ai poli?

Al contrario, il periodo era di 28 ore a Helsinki, 30 ore a Parigi e 48 ore a Casablanca, cioè pari al giorno sidereo diviso per il seno della latitudine. All'equatore il periodo era infinito; non c'era deviazione. Questo poteva solo si-

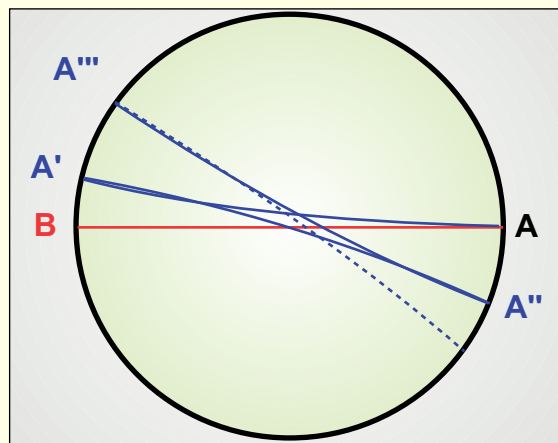
Nel diciottesimo secolo il problema di stabilire la posizione longitudinale durante la navigazione era di primaria importanza. Uno dei metodi in uso richiedeva misure molto accurate del tempo (cronologico). Nel 1847 il matematico francese Poisson stabilì che il movimento di un pendolo semplice non è influenzato dalla rotazione della terra. Solo quattro anni più tardi un altro scienziato francese, Foucault, poté dimostrare che le cose andavano proprio così. Nonostante la deviazione in una oscillazione fosse minuta, oscillazioni successive avrebbero accumulato e sommato gli effetti cambiando l'oscillazione in modo considerevole. Dal momento che Foucault misurò un periodo di 30 ore egli pensò che più o meno esso fosse proporzionale all'inverso del seno della latitudine. In realtà ciò era in conflitto con la sua stessa spiegazione fisica secondo cui il piano di oscillazione rimarrebbe fisso rispetto alle stelle mentre la terra ruota al di sotto di esso. Il fatto che esso ruoti rispetto alle stelle indica che una forza reale compie del lavoro, e questa forza reale è la componente della gravitazione perpendicolare all'asse di rotazione. Solo ai poli questa componente è zero e, solo ai poli, il piano di oscillazione mantiene la sua orientazione rispetto alle stelle. L'esperimento di Foucault fu salutato come la prova risolutiva che Galileo aveva ragione e la Chiesa torto riguardo alla rotazione della terra. Tuttavia, se l'esperimento fosse stato condotto ai tropici dove il periodo eccede i tre giorni, il legame con la rotazione terrestre sarebbe stato meno ovvio e il valore propagandistico molto inferiore.

## Il Pendolo di Foucault (Valentina Acordon - SMI)

Nel 1851 Jean Bernard Leon Foucault installò nella cupola del Pantheon di Parigi un pendolo costituito da un cavo di 67 metri alla cui estremità era appesa una palla di cannone dotata di una punta di ferro che, durante le oscillazioni, lasciava una traccia su uno strato di sabbia cosparso sul pavimento. Osservando le tracce lasciate dal pendolo sulla sabbia si notava, dopo un periodo di tempo sufficientemente lungo, una apparente rotazione in senso orario del piano di oscillazione del pendolo.

Se la terra non ruotasse, il pendolo, lasciato libero in A oscillerebbe sempre lungo la direzione AB.

In realtà al termine di ciascuna oscillazione il pendolo non si riporta più nel punto di partenza A, ma si trova rispettivamente in A', A'' ecc. Si osserva quindi una progressiva deviazione verso destra della direzione di oscillazione del pendolo, dovuta all'accelerazione di Coriolis, che dà quindi luogo ad una apparente rotazione in senso orario del piano di oscillazione del pendolo.



gnificare che il piano di oscillazione effettivamente ruotava rispetto alle stelle. Ma come poteva allora, si diceva, una forza inerziale «fittizia» essere responsabile della rotazione?

Cento anni dopo, i cinque articoli einsteiniani degli «Annalen der Physik» del 1905 si possono ritenere acquisiti nell'insegnamento della fisica elementare, mentre professori e studenti, proprio come Denizot, Rudzki e Tesar, combattono ancora per venire a patti con l'effetto Coriolis. Questo articolo tenterà di spiegare gli aspetti complessi e contraddittori che si incontrano nella comprensione del meccanismo di deviazione nei sistemi rotanti. Ma prima, può essere opportuno un ripasso di ciò su cui c'è generale accordo.

## 2. L'effetto Coriolis - nozioni di base

Un corpo (di massa  $m$ ) che è stazionario in un sistema rotante ( $\Omega$ ) ad una distanza  $R$  dal centro della rotazione appare, ad un

osservatore che prende parte alla rotazione, sottoposto ad una forza fittizia:

$$C = m(\Omega \times (\Omega \times R))$$

la cosiddetta forza centrifuga. Se il corpo non è stazionario, ma si muove ( $V_r$ ) relativamente al sistema in rotazione, appare influenzato da una ulteriore forza fittizia

$$F = -2m\Omega \times V_r$$

la cosiddetta forza di Coriolis. Il prodotto vettoriale ( $\times$ ) indica che  $F$  è perpendicolare non solo all'asse di rotazione ma anche al moto relativo<sup>1</sup>. Un corpo in movimento viene perciò forzato a seguire un percorso circolare, «cerchio di inerzia», con raggio  $R = V_r / 2\Omega$  e periodo  $T = \pi / \Omega$  (la velocità angolare delle oscillazioni inerziali è doppia rispetto a quella di rotazione, ndr). In contrasto con la «normale» inerzia, che si