

## FORZA DI CORIOLIS

La **forza di Coriolis** é una forza che si manifesta su un corpo all'interno di un sistema di riferimento (SDR) rotante, quale la terra che ruota su se stessa, quando il corpo stesso si muove in modo tale che la sua velocità di rotazione vari.

- Siamo in presenza di un SDR ruotante → **SDR NON INERZIALE**;
- $c'$  é un corpo che si muove all'interno di questo SDR non inerziale: il corpo si sposta da un punto in cui  $c'$  é una certa velocità di rotazione verso un'altro punto in cui la velocità di rotazione é diversa.

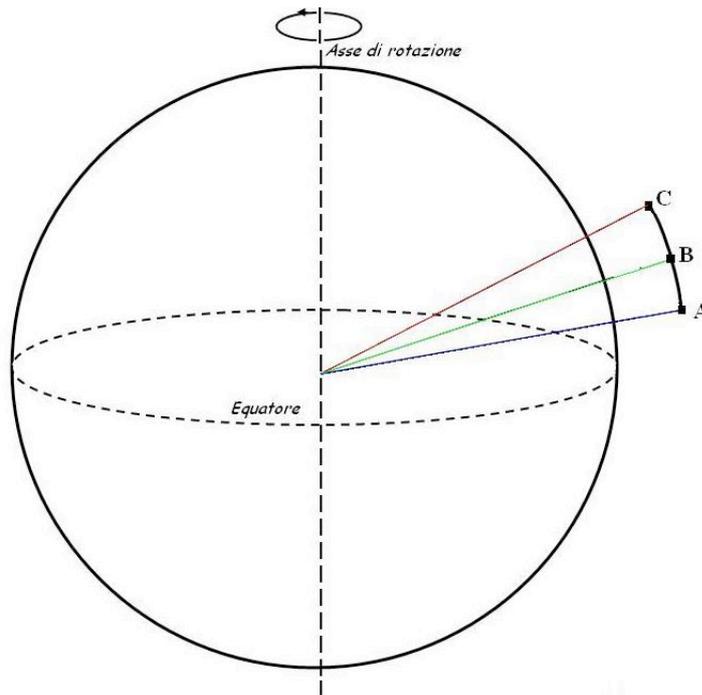


FIGURA 1

### Il vortice

Guardando dall'alto il polo Nord terrestre, si osserva che la terra gira su se stessa in verso antiorario.

Consideriamo tre punti A, B e C alla stessa longitudine nell'emisfero boreale come in Figura 1. Il punto A é piú vicino all'equatore mentre C é il piú distante. Ciascuno di questi tre punti compie un giro completo attorno all'asse terrestre: A compie il giro piú ampio e poiché percorre la distanza maggiore é anche il piú veloce; B compie un giro un po' piú piccolo e si muove, quindi, con velocità minore rispetto ad A mentre C compie un giro ancora piú piccolo ed é il punto che si muove piú lentamente dei tre.

- **Caso 1: aria stazionaria** → i punti A, B e C si muovono insieme alla terra mantenendo la stessa posizione rispetto al suolo (riferimento Fig 2).

- (1) SDR INERZIALE (esterno): La velocità dei punti è diversa:  $V_A > V_B > V_C$ .
- (2) SDR SOLIDALE CON LA TERRA: per un osservatore che osservi i punti dalla superficie terrestre vede la stessa velocità per A, B e C. Infatti l'aria ruota insieme alla terra e rimane stazionaria in tali punti.
- **Caso 2: aria in movimento** → Se si verifica un abbassamento della pressione atmosferica nel punto B, l'aria dai punti A e C comincerà ad affluire in B.
    - (1) SDR INERZIALE (esterno): **valgono le leggi di Newton** dato che siamo in un SDR inerziale. In base alla prima legge di Newton la velocità dell'aria che da A passa a B tende a mantenersi costante: poiché l'aria che arriva da A ha una velocità maggiore dell'aria in B, essa devia verso est. Sempre in base alla prima legge di Newton, l'aria che arriva da C è più lenta dell'aria che si trova in B e quindi essa devia verso Ovest. In questo modo l'aria crea un vortice che gira in verso antiorario.
    - (2) SDR NON INERZIALE (interno): guardando le cose stando sulla superficie terrestre non valgono più le leggi di Newton. Comunque anche chi sta sulla terra deve osservare la formazione di un vortice così come accade per l'osservatore sul SDR inerziale. Per riuscire a spiegare il fatto che l'aria proveniente da Sud e diretta a Nord devia verso Est mentre quella che da Nord va verso Sud devia verso Ovest, l'osservatore che sta sulla terra deve accettare l'idea che esista una **forza fittizia: la forza di Coriolis**. Sull'aria proveniente da A viene esercitata una forza di Coriolis che la spinge

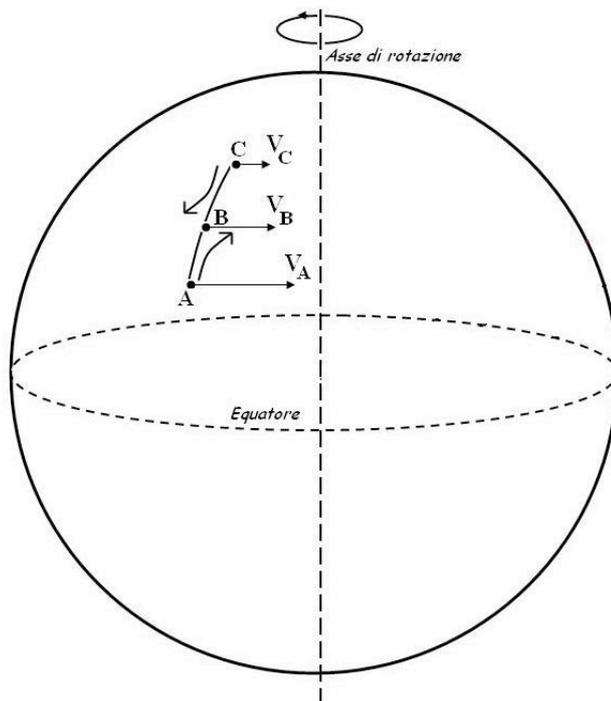


FIGURA 2

verso Est mentre sull'aria che proviene da C viene esercitata una forza di Coriolis che la spinge verso Ovest.

Analogamente, se la pressione in B aumenta rispetto ad A e C, il vortice girerà in verso orario.

Nell'emisfero australe vale lo stesso discorso ma la direzione in cui girano i vortici è opposta a quella dell'emisfero boreale.

### Deviazione dei gravi verso oriente.

Consideriamo due punti A ed A' che si trovano lungo la stessa verticale (che giacciono sulla stessa retta che passa per il centro della terra). Il punto A, più distante, compie un giro più ampio rispetto a quello compiuto da A'. In una situazione stazionaria, un corpo in A presenta una velocità maggiore rispetto ad un corpo posto in A'. Supponiamo, ora, che il corpo in A cada verso A'.

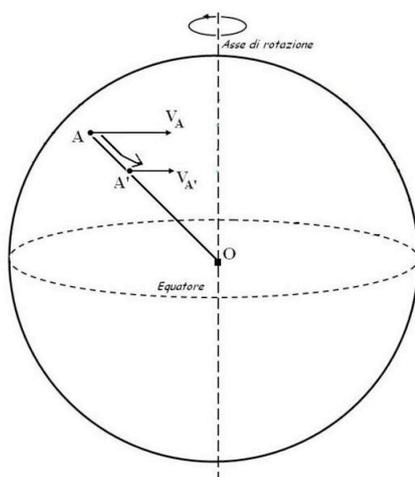


FIGURA 3

- (1) SDR INERZIALE (esterno): **valgono le leggi di Newton.** In base alla prima legge di Newton la velocità del corpo che da A passa ad A' tende a mantenersi costante: poiché il corpo che arriva da A si trova ad avere una velocità maggiore di quella del corpo presente in A', il primo devia verso Est (vedi Fig. 3).
- (2) SDR NON INERZIALE (interno): guardando le cose stando sulla terra, non valgono le leggi di Newton: tuttavia, anche l'osservatore che sta sulla terra deve vedere che il corpo cadendo ha deviato verso Est così come accade per l'osservatore inerziale.

Per spiegare che il fatto che il corpo nel suo movimento da A ad A' viene deviato verso Est, bisogna accettare l'idea che esista una **forza fittizia: la forza di Coriolis.**

Contrariamente al caso dei vortici, la deviazione dei gravi è sempre verso oriente sia che esso cada nell'emisfero boreale che australe.

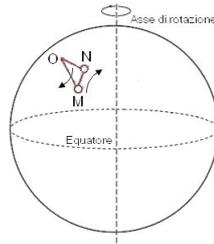


FIGURA 4

### Pendolo di Foucault

Il pendolo di Foucault non é altro che un pendolo costruito in modo tale da dimostrare come a causa della rotazione terrestre e quindi del manifestarsi della forza di Coriolis, esso subisca delle deviazioni che lo portano a ruotare su se stesso mentre oscilla.

Prendiamo come riferimento la figura 4 (siamo nell'emisfero boreale). Nell'oscillazione da M ad N si verifica la stessa deviazione che avviene nel passaggio da A a B di figura 2. In modo analogo, dall'oscillazione da N ad M si verifica la stessa deviazione che avviene nel passaggio da C a B in figura 2.

Nell'emisfero boreale, l'azione combinata della deviazione prima verso destra e poi verso sinistra produce la sua rotazione in senso orario mentre é in oscillazione ( nell'emisfero australe la rotazione é antioraria).

### CONCLUSIONE

**La forza di Coriolis é una forza apparente che deve essere introdotta in un sistema di riferimento rotante (non inerziale) per poter spiegare lo stesso fenomeno che un osservatore posto in un SDR inerziale riesce a spiegare basandosi sulla legge di Newton.**

**Il fenomeno fisico, come la creazione del vortice per esempio, é osservabile da un osservatore posto in un SDR inerziale che una uno posto in un SDR non inerziale. In quello inerziale bastano le leggi di Newton per spiegare il fenomeno fisico osservato, mentre in quello non inerziale bisogna introdurre delle forze fittizie per poter spiegare il verificarsi dello stesso fenomeno.**

## TRATTAZIONE MATEMATICA

La forza di Coriolis é una forza apparente a cui risulta soggetto un corpo quando si osserva il suo moto da un sistema di riferimento che sia in moto circolare (non inerziale) rispetto ad un SDR inerziale. In termini matematici:

$$(1) \quad \overline{F}_C = -2m\overline{\omega} \wedge \overline{v}$$

dove  $\overline{\omega}$  é la velocità angolare del SDR non inerziale misurata rispetto al SDR inerziale e  $\overline{v}$  é la velocità del corpo nel SDR non inerziale. Dato un sistema di riferimento S, sia  $\overline{r} = r\hat{e}_r$  la legge oraria del corpo in questo sistema di riferimento.

Calcoliamo la velocità:

$$(2) \quad \overline{v} = \frac{d\overline{r}}{dt} = \frac{dr}{dt}\hat{e}_r + r\frac{d\hat{e}_r}{dt}$$

dove  $d\hat{e}_r/dt$  é un vettore che ha per modulo la velocità angolare  $\omega$  del SDR rotante e per direzione quella di un vettore  $\hat{e}_\theta$  perpendicolare al versore radiale e  $dr/dt$  é la velocità radiale:

$$(3) \quad \overline{v} = v_r\hat{e}_r + r\omega\hat{e}_\theta$$

$$(4) \quad = v_r\hat{e}_r + v_\theta\hat{e}_\theta$$

Deriviamo ancora per trovare l'accelerazione:

$$(5) \quad \overline{a} = \frac{d\overline{v}}{dt} = \left( \frac{dv_r}{dt}\hat{e}_r + v_r\frac{d\hat{e}_r}{dt} \right) + \left( \frac{dr}{dt}\omega\hat{e}_\theta + r\frac{d\omega}{dt}\hat{e}_\theta + r\omega\frac{d\hat{e}_\theta}{dt} \right)$$

Se consideriamo un moto circolare uniforme ( $\frac{d\omega}{dt} = 0$ ):

$$(6) \quad \overline{a} = a_r\hat{e}_r + v_r\omega\hat{e}_\theta + v_r\omega\hat{e}_\theta + r\omega(-\omega\hat{e}_r)$$

$$(7) \quad = a_r\hat{e}_r + 2v_r\omega\hat{e}_\theta - r\omega^2\hat{e}_r$$

$$(8) \quad = (a_r - r\omega^2)\hat{e}_r + 2v_r\omega\hat{e}_\theta$$

dove  $r\omega^2$  é l'accelerazione centrifuga e  $2v_r\omega$  é l'accelerazione di Coriolis.