Forze inerziali sulla superficie terrestre (FMUV 5.9)

Correzioni alla direzione ed all'intensità della forza peso dovute alla forza centrifuga, in termini di direzione e modulo di g

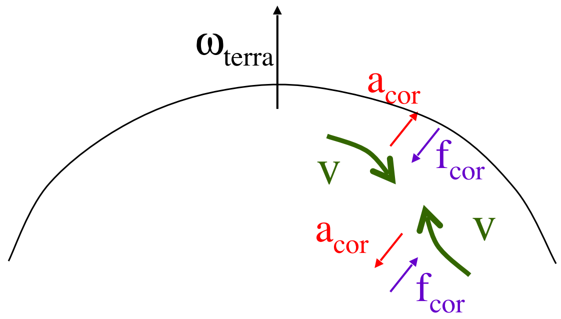
- intensità: all'equatore 3 10^{-2} m/s^2, ossia 0.03 su 9.81 m/s^2 o 0,3 %
- direzione: il contributo centrifugo è ortogonale all'asse terrestre, e quindi sposta la direzione della gravità verso Sud nell'emisfero Nord e viceversa

Effetto della forza di Coriolis sui corpi in caduta $\vec{f}_C = -m\vec{a}_C = -2m\vec{\omega} \times v'$

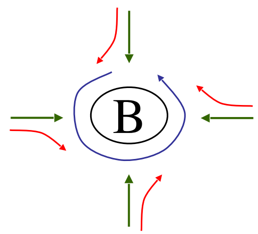
- spostamento verso est (in entrambi gli emisferi)

Effetto su un corpo in moto su una rotaia lungo un meridiano

- emisfero boreale:
  - moto verso sud, a_C verso est, f_C verso ovest
  - moto verso nord, a_C verso ovest, f_C verso est
  - sempre verso destra
- emisfero australe: sempre verso sinistra



Effetto sulla circolazione dei venti



Rotazione del piano di oscillazione del pendolo (pendolo di Foucault)

Sistemi in caduta libera

Perché sulla Stazione Spaziale Internazionale la gravità non si manifesta?

Si tratta di un sistema in caduta libera. L'esempio classico è l'ascensore di Einstein: ponendo un laboratorio su un ascensore in caduta libera, tutti gli oggetti al suo interno cadono con la stessa accelerazione. Gli oggetti fermi al suo interno, continuando a cadere con la stessa accelerazione delle pareti, rimarranno fermi rispetto al laboratorio. Sono quindi verificate sperimentalmente le condizioni che definiscono un sistema inerziale.

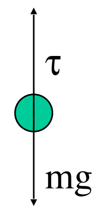
Questo esempio è difficilmente realizzabile in pratica sulla superficie terrestre, ma è proprio quello che succede su un satellite in orbita intorno alla terra: tutti gli oggetti fermi al suo interno risentono della stessa accelerazione e pertanto rimangono fermi rispetto alle pareti.

Un riferimento solidale con questo laboratorio (effettivamente realizzato, come hanno dimostrato al grande pubblico i collegamenti con S. Cristoforetti) verifica la definizione di sistema di riferimento inerziale!

NB: si tratta di un sistema solo localmente inerziale: se i corpi si allontanano dall'origine in maniera tale da variare significativamente la attrazione gravitazionale a cui sono soggetti, risulteranno accelerati rispetto al riferimento solidale con la SSI.

Lavoro di una forza (FMUV 6.2)

Consideriamo un punto materiale soggetto alla forza peso mg bilanciata da una forza τ in direzione opposta.



- Se $\tau = -mg$ il corpo sta fermo
- Se $\tau > -mg$ (anche di pochissimo) il corpo si solleva

La situazione è molto diversa:

- nel primo caso la forza può essere puramente passiva (vincolo, chiodo, ecc.),
- nel secondo qualcosa deve agire (il mio braccio, un motore ecc.)

Per distinguere i due casi, possiamo costruire una nuova grandezza fisica, il lavoro:

- $L = \vec{f} \cdot \Delta\vec{r}$ lavoro finito di una forza costante

Perché un prodotto scalare?

- $\delta L = \vec{f} \cdot d\vec{r}$ lavoro infinitesimo di una forza qualunque

il cui integrale curvilineo lungo la traiettoria γ, $L = {}_{\gamma}\int_A^B \vec{f} \cdot d\vec{r}$ rappresenta il lavoro finito di una forza (cosa è un integrale curvilineo?)

Perché δL anziché dL ?

Lavoro (2)

Il lavoro elementare non è un differenziale esatto, ossia non esiste una funzione

delle coordinate $U(x, y, z)$ tale che $L = \int_A^B \vec{f} \cdot d\vec{r} = \int_A^B dU = U(B) - U(A)$

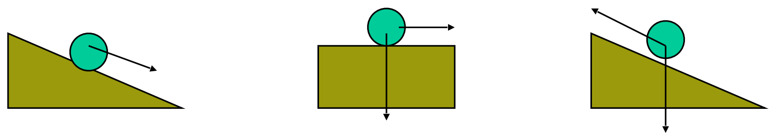
per cui il lavoro sarebbe indipendente dal percorso.

E' facile trovare esempi per i quali il lavoro finito dipende invece dal percorso.

Esempio: alzare e spostare / spostare e alzare una valigia.

Una forza può fornire un lavoro positivo, negativo o nullo.

forza peso



Il lavoro è una grandezza scalare.

Dimensioni: $[L] = [f\, l] = [mlt^{-2}l] = [ml^2t^{-2}]$

Unità di misura: joule (J) = Nm

Se più forze agiscono contemporaneamente sullo stesso corpo, la somma dei lavori delle singole forze è uguale al lavoro della risultante:

$$L_{AB} = {}_\gamma\int_A^B \vec{f} \cdot d\vec{r} = {}_\gamma\int_A^B \sum_i \vec{f}_i \cdot d\vec{r} = \sum_i {}_\gamma\int_A^B \vec{f}_i \cdot d\vec{r} = \sum_i L_{AB}^i$$

Energia cinetica, teorema delle forze vive (FMUV 6.3)

Utilizzando il II principio, il lavoro infinitesimo della risultante delle forze che agiscono su un punto materiale diventa:

$$\delta L = \vec{f} \cdot d\vec{r} = m\,\vec{a} \cdot \vec{v}\,dt$$

$$\frac{dv^2}{dt} = \frac{d}{dt}\vec{v} \cdot \vec{v} = \vec{a} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \vec{a} = 2\,\vec{a} \cdot \vec{v}$$

$$\delta L = m\,\vec{a} \cdot \vec{v}\,dt = d\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$$

Se definiamo l'energia cinetica come $K = \frac{1}{2}mv^2$

otteniamo il teorema dell'energia cinetica o delle forze vive:

$$L = {}_{\gamma}\!\int_A^B \delta L = {}_{\gamma}\!\int_A^B dK = K_B - K_A$$

la variazione dell'energia cinetica tra due punti della traiettoria è sempre uguale al lavoro fatto dalla risultante delle forze esterne.

Notiamo che $K_B - K_A$ non è la variazione di una funzione della posizione