10ª aula

Sumário:

Movimento num referencial não inercial

Referencial não inercial

Muitas experiências da Física são feitas num referencial não inercial.

Um sistema de coordenadas ligado à superfície da Terra é obviamente não inercial.

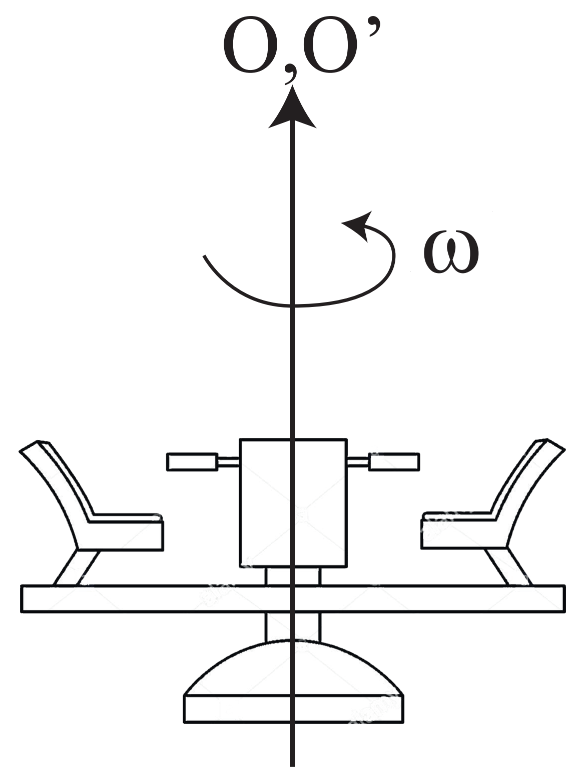
Como é que usamos os princípios da Mecânica quando as observações são feitas num sistema não inercial?

Referencial não inercial

- Forças fictícias parecem aplicar-se a todas as partículas num referencial não-inercial.
- Forças reais devidas a agentes externos ou interações com outras partículas.

Exemplo: Carrossel

- Referencial O – no eixo do carrossel, com eixos fixos no espaço
- Referencial O' – no eixo do carrossel, rodando com este.
- Carrossel roda com velocidade angular ω
- No ref O' o vector de posição da criança que vai sentada é constante.



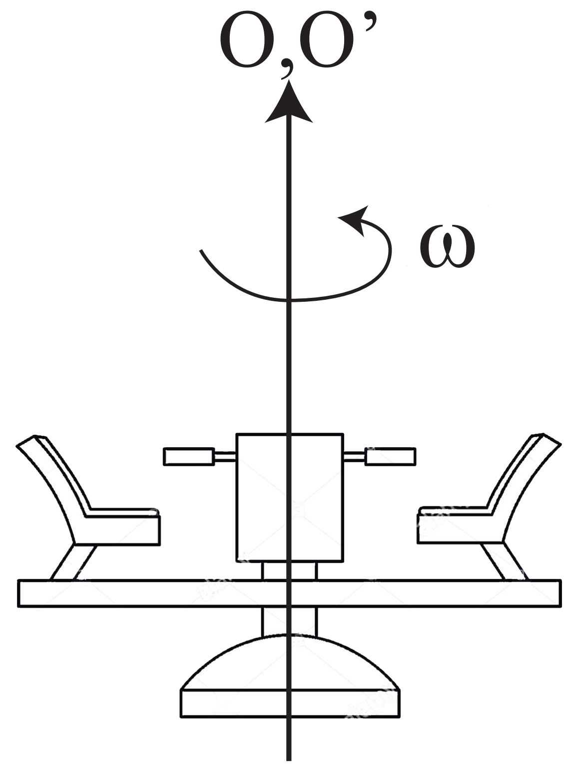
Carrossel

Referencial O'

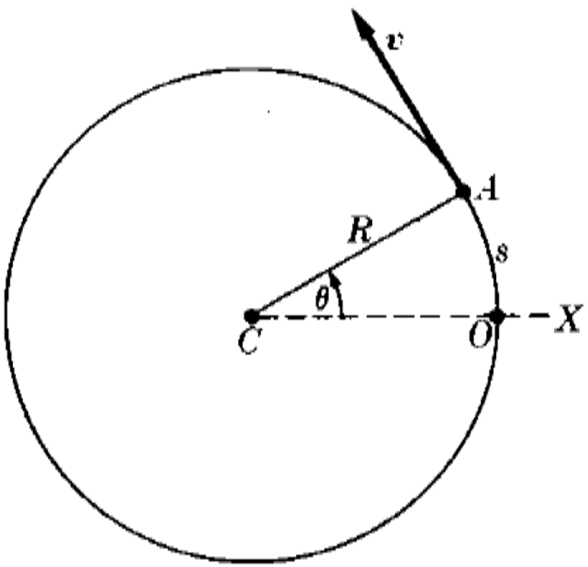
- $r' = r_0 = cte$
- $v' = 0$
- $a' = 0$

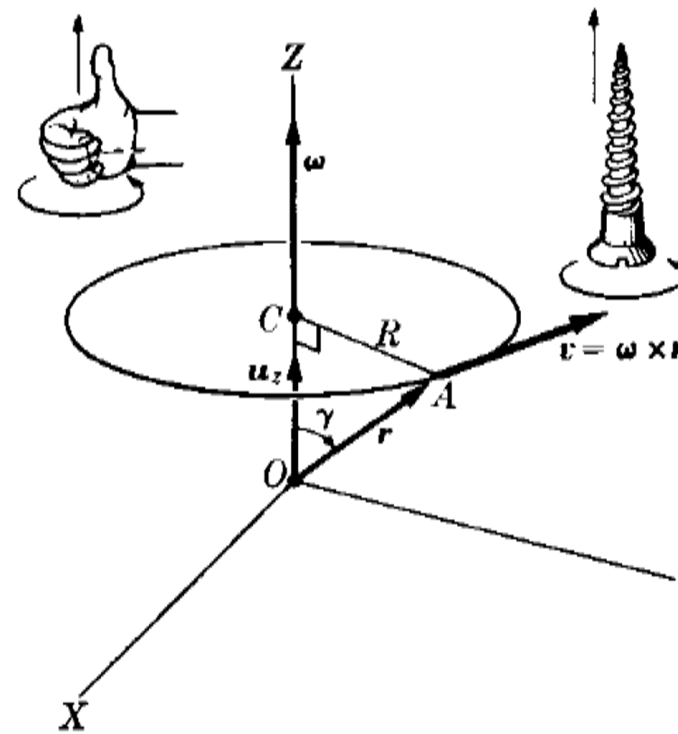
Referencial O

- movimento circular uniforme
- $v = \omega r$
- $a = v^2/r = \omega^2 r$

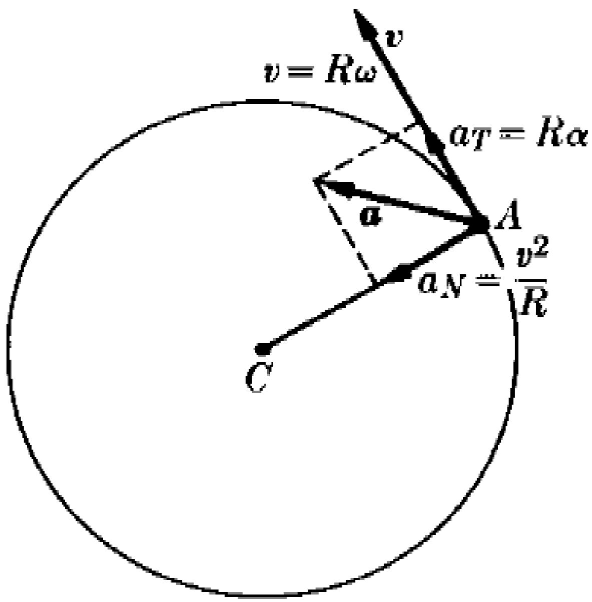


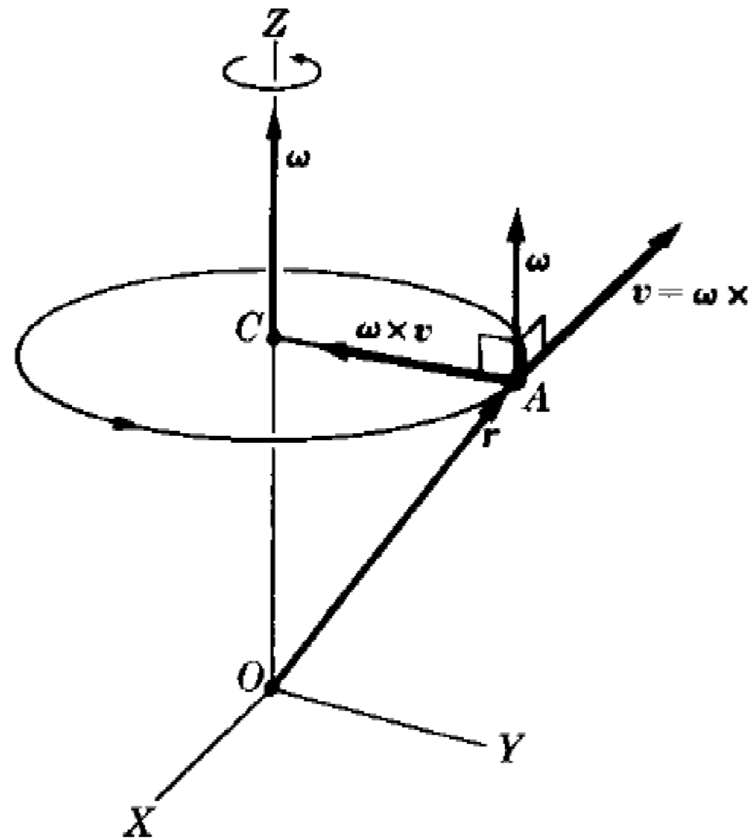
Revisitando o movimento circular





Revisitando o movimento circular





Relação com quantidades angulares

Velocidade

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}.$$

Movimento circular uniforme

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \boldsymbol{\omega} \times \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v},$$

$$\mathbf{a} = \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}).$$

Referencial em rotação

- Dois sistemas de coordenadas (SC) em que um roda com respeito ao outro.
- Vamos considerar que as origens *O* e *O'* de ambos SC coincidem, os vectores de posição são:

$$\vec{\mathbf{r}} = x\hat{\mathbf{i}} + y\hat{\mathbf{j}} + z\hat{\mathbf{k}}$$

$$\vec{\mathbf{r}}' = x'\hat{\mathbf{i}}' + y'\hat{\mathbf{j}}' + z'\hat{\mathbf{k}}'$$

- No instante *t* os respectivos vectores de base são paralelos

$$\vec{\mathbf{r}} = \vec{\mathbf{r}}'$$

Referencial em rotação

$$\vec{\mathbf{a}} = \vec{\mathbf{a}}' + \vec{\boldsymbol{\alpha}} \times \vec{\mathbf{r}}' + 2\vec{\boldsymbol{\Omega}} \times \vec{\mathbf{v}}' + \vec{\boldsymbol{\Omega}} \times \left(\vec{\boldsymbol{\Omega}} \times \vec{\mathbf{r}}' \right)$$

Aceleração devida à aceleração angular α

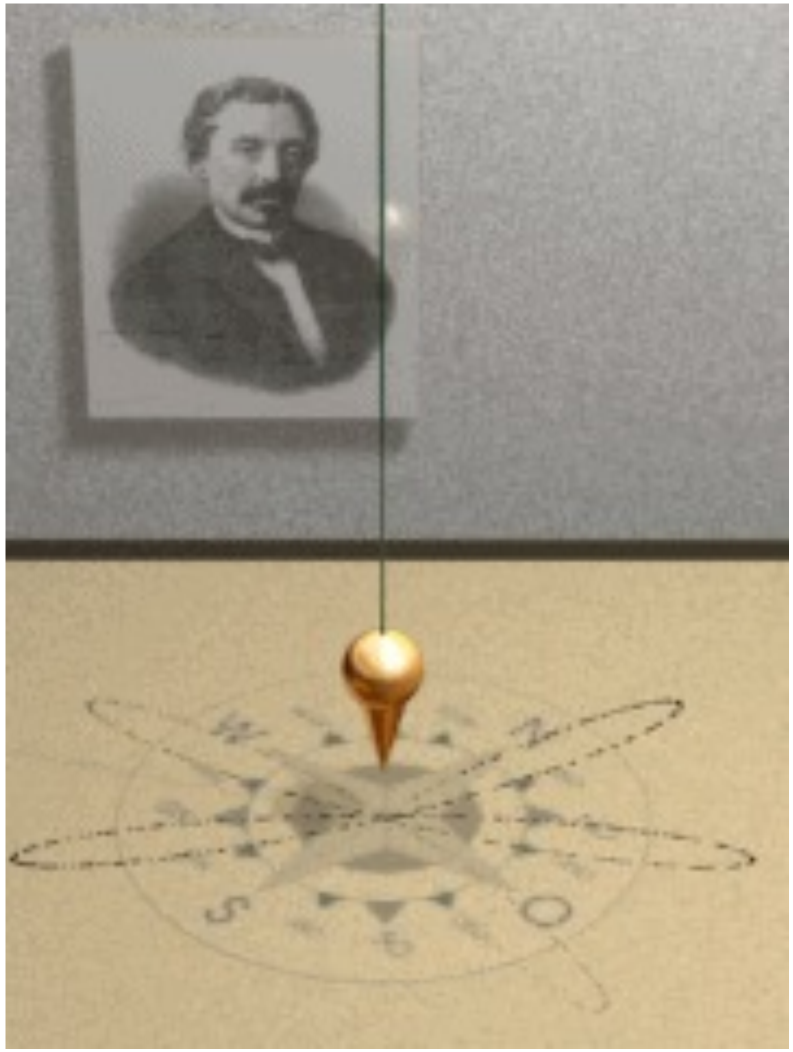
Ac. de Coriolis

Ac. centripeta

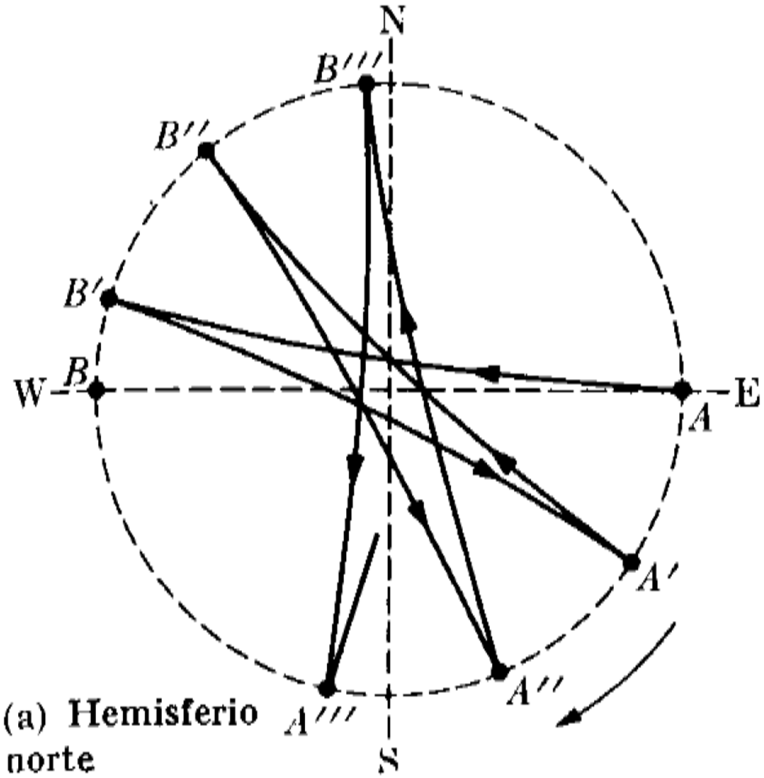
Ω é a velocidade angular de rotação dos vectores de base de *O*' em relação aos de *O*

Aceleração de Coriolis

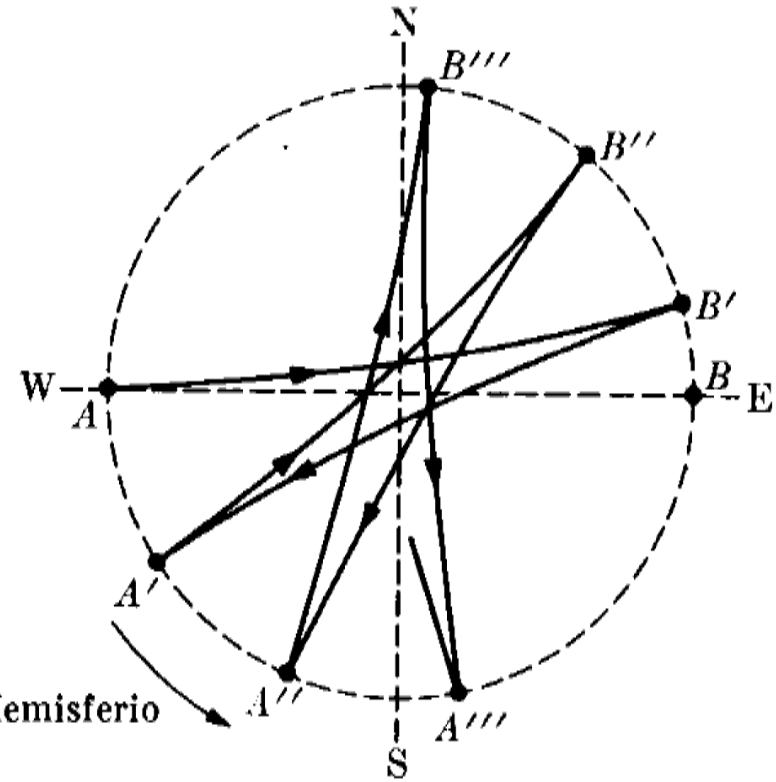
Pêndulo de Foucault



pêndulo de Foucault

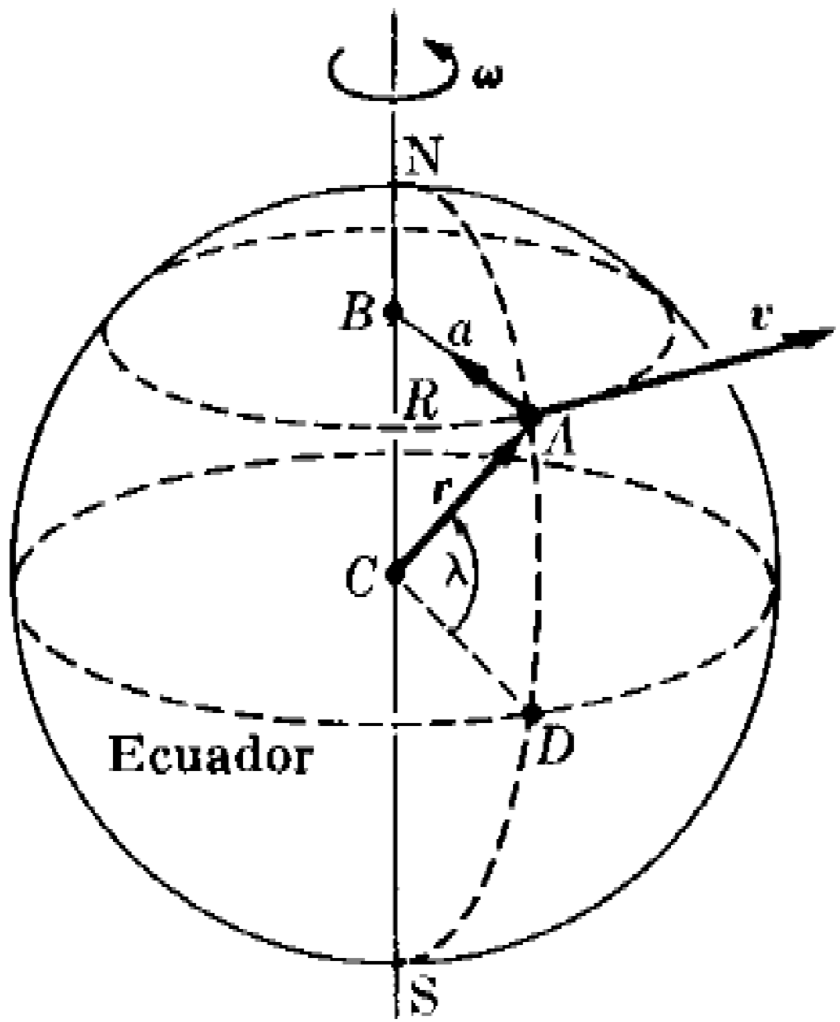


(a) Hemisferio norte



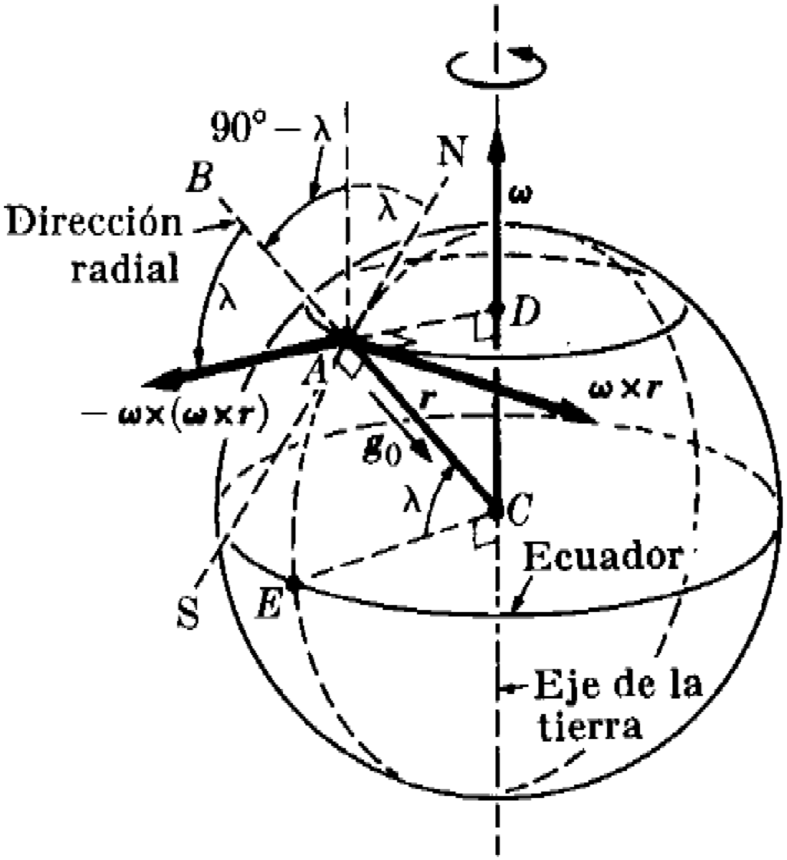
(b) Hemisferio sur

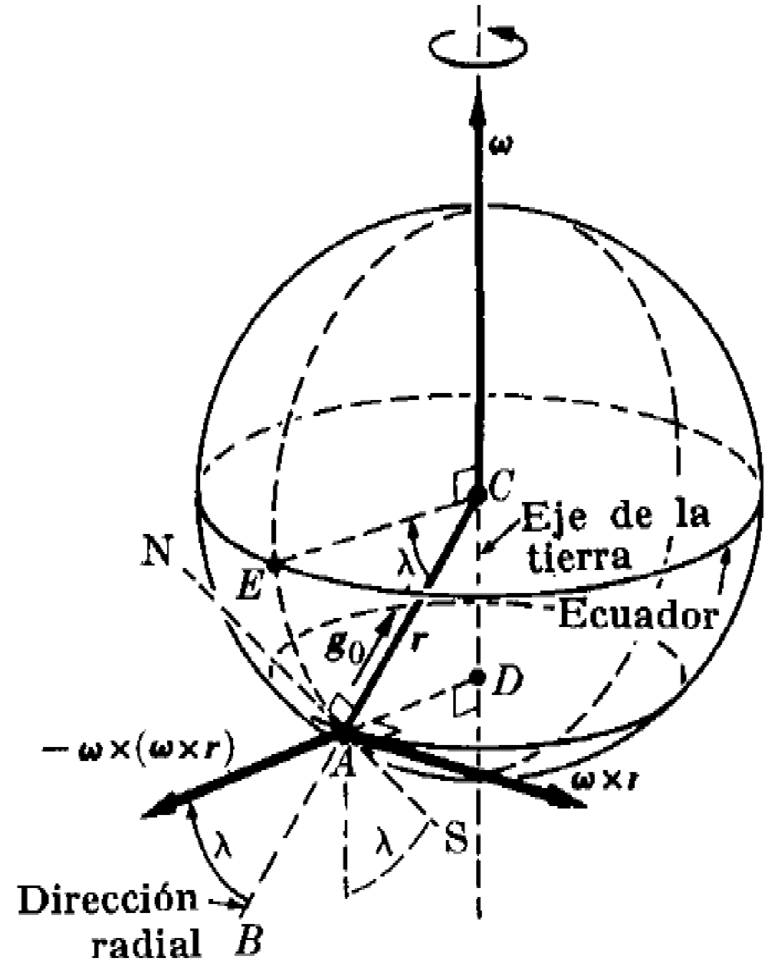
Movimento rotacional da terra



Aceleração

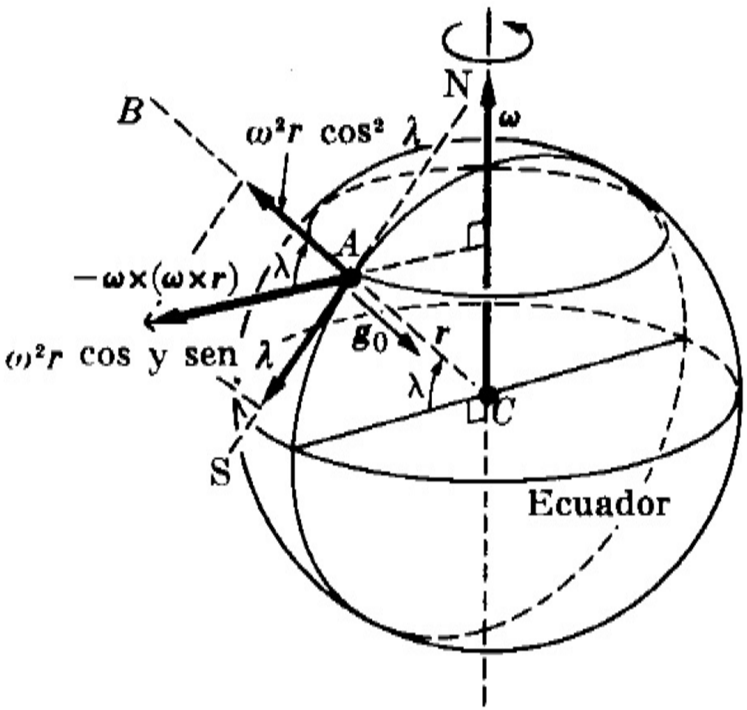
$$\boxed{\boldsymbol{a}' = \boldsymbol{g}_0 - 2\boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{V}' - \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}).}$$

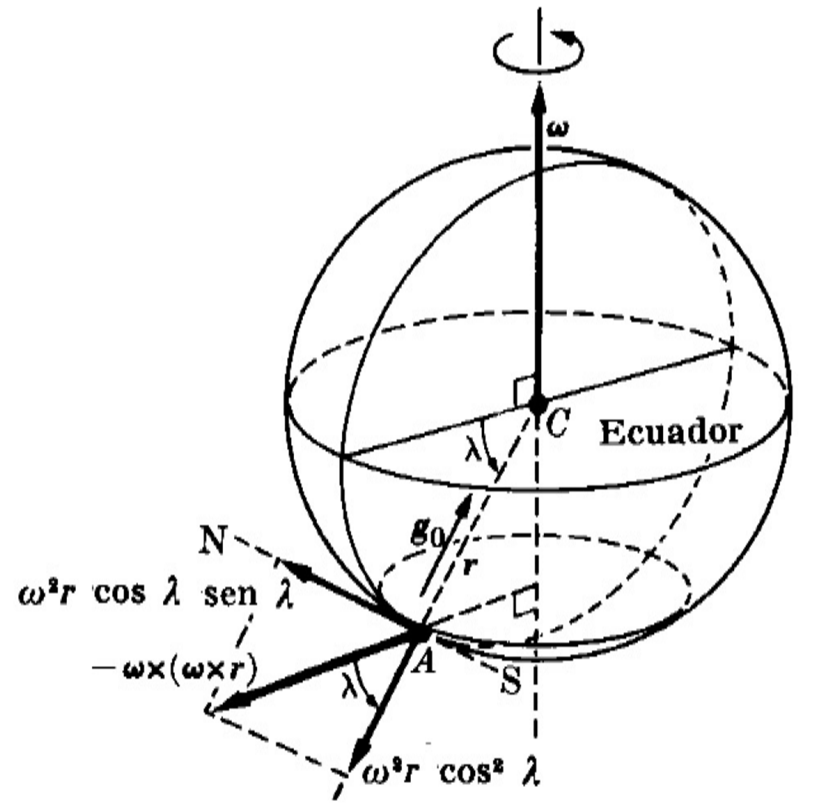




aceleração centrífuga devido à rotação da terra

Corpo inicialmente em repouso





aceleração centrífuga devido à rotação da terra

Corpo inicialmente em repouso:

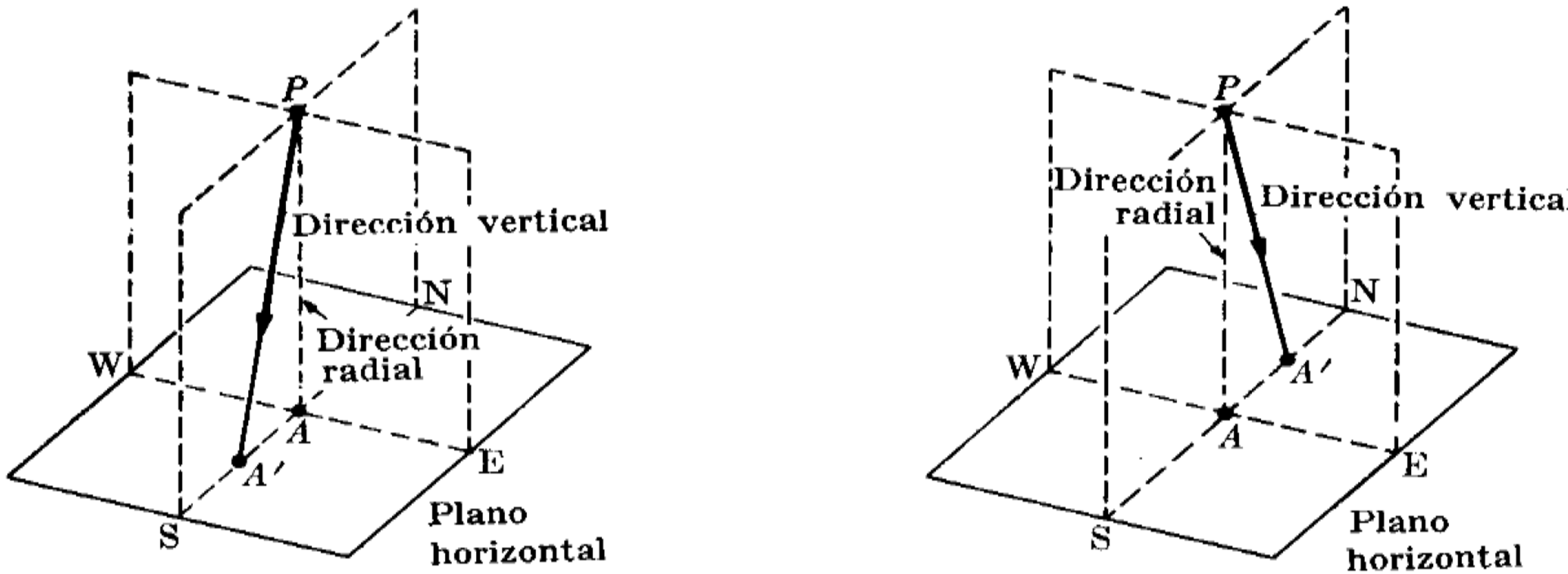
Aceleração efectiva

$$\boldsymbol{g} = \boldsymbol{g}_0 - \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}).$$

g define a direcção vertical≠radial !

Ex: superfície de liquidos

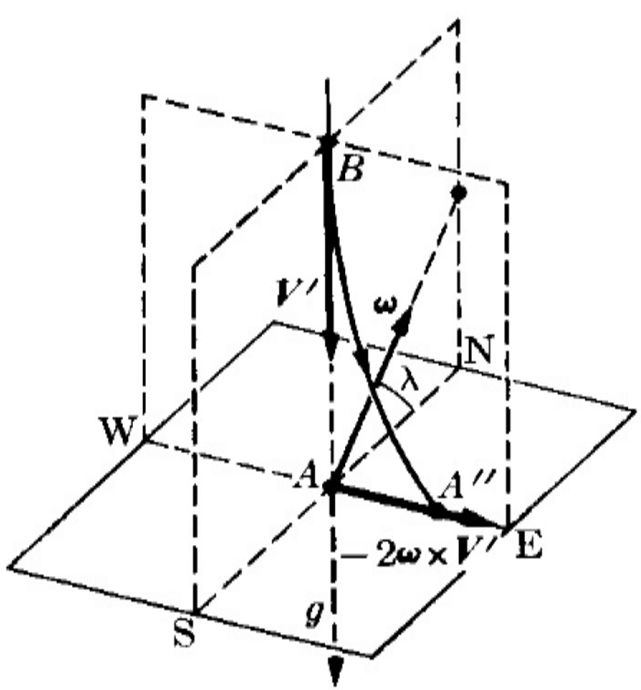
Corpo inicialmente em repouso
aceleração centrífuga devido à rotação da terra



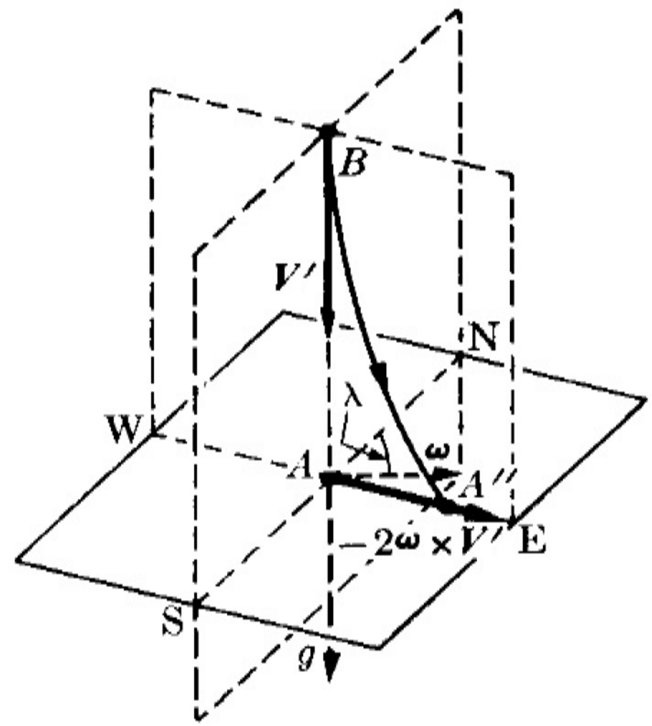
(a) Hemisferio norte

(b) Hemisferio sur

Aceleração de Coriolis

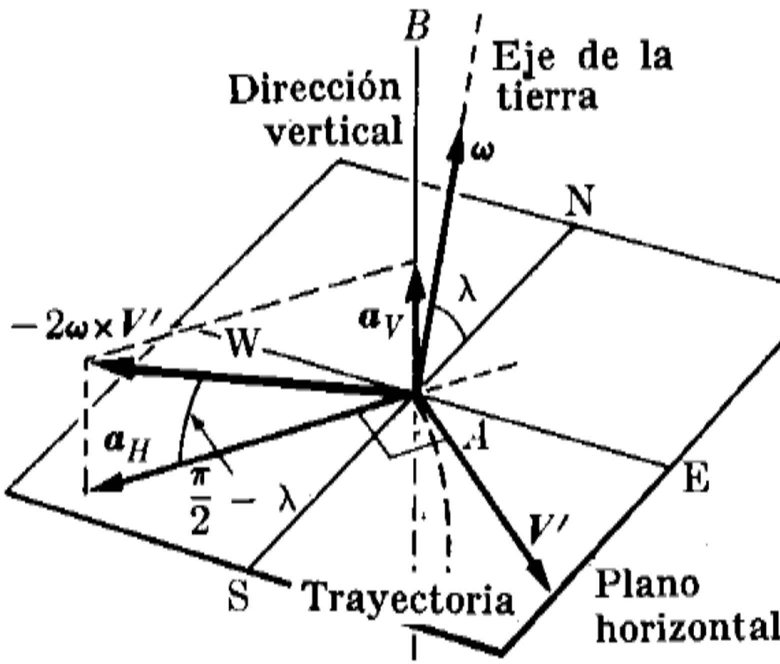


(a) Hemisferio norte

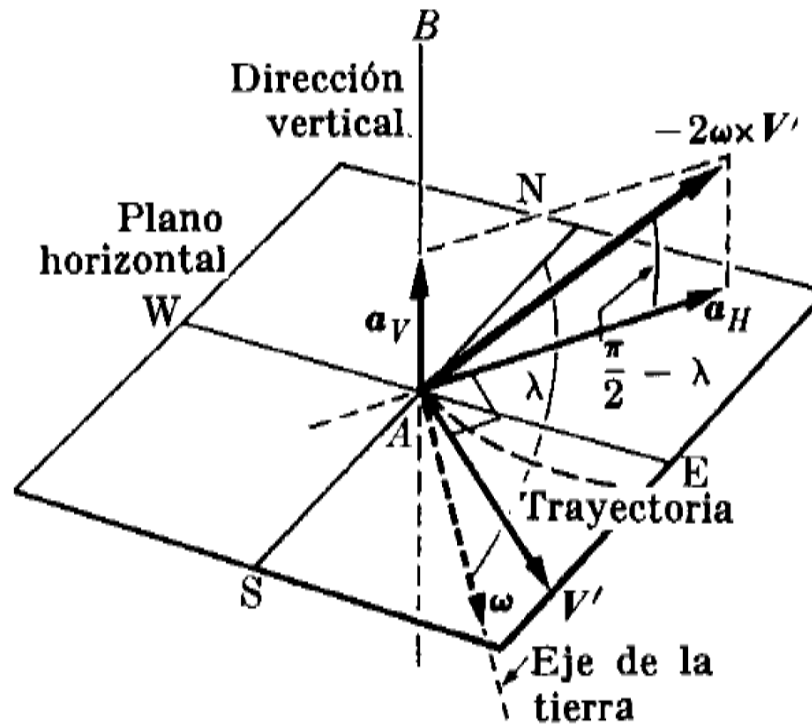


(b) Hemisferio sur

Aceleração de Coriolis

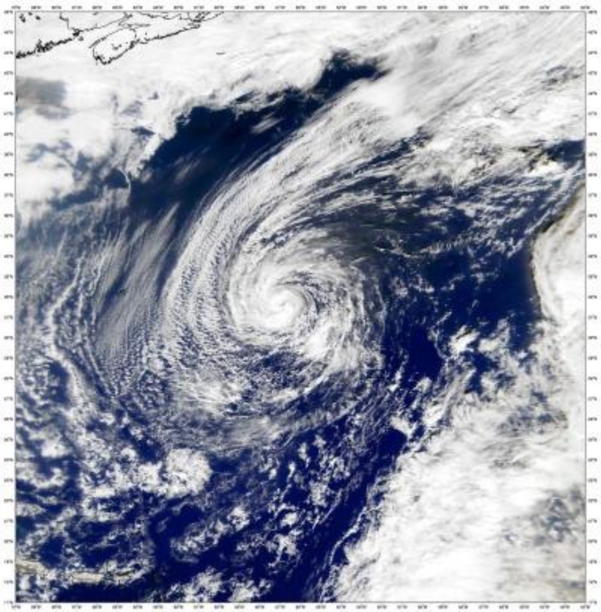


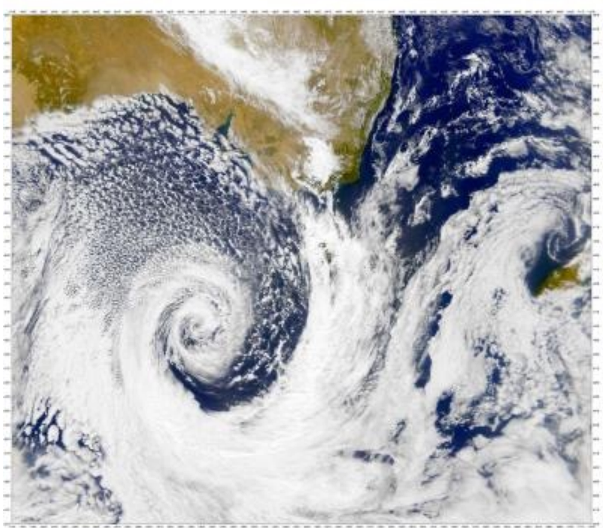
(a) Hemisferio norte



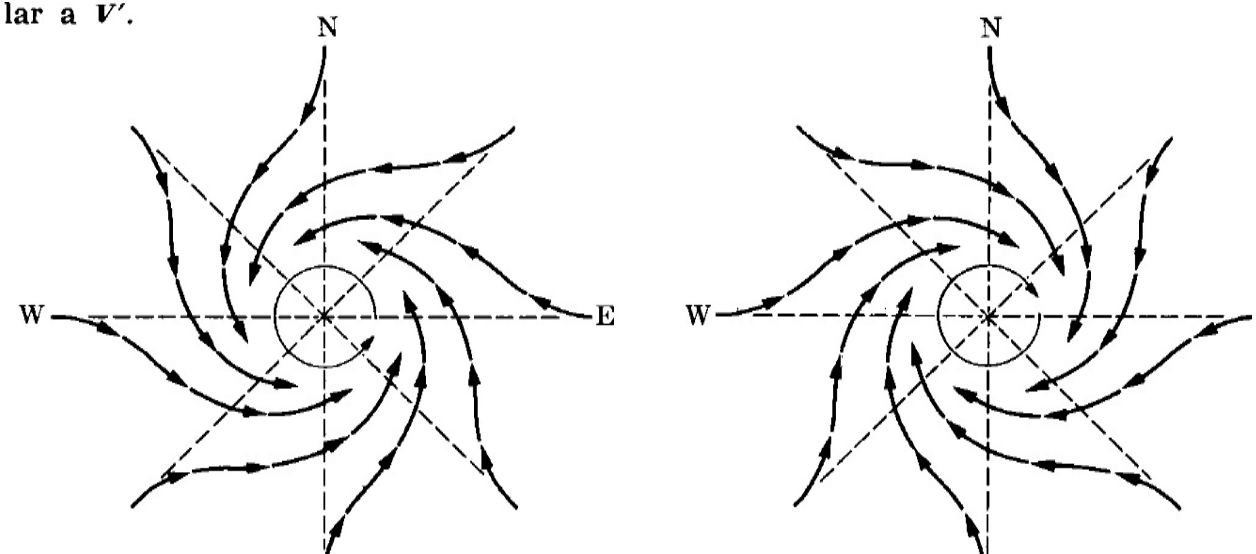
(b) Hemisferio sur

Aceleração de Coriolis





lar a V'.



(a) Hemisferio norte

(b) Hemisferio sur