

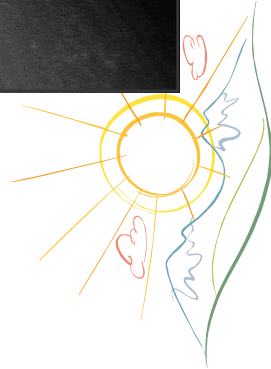
Il vento



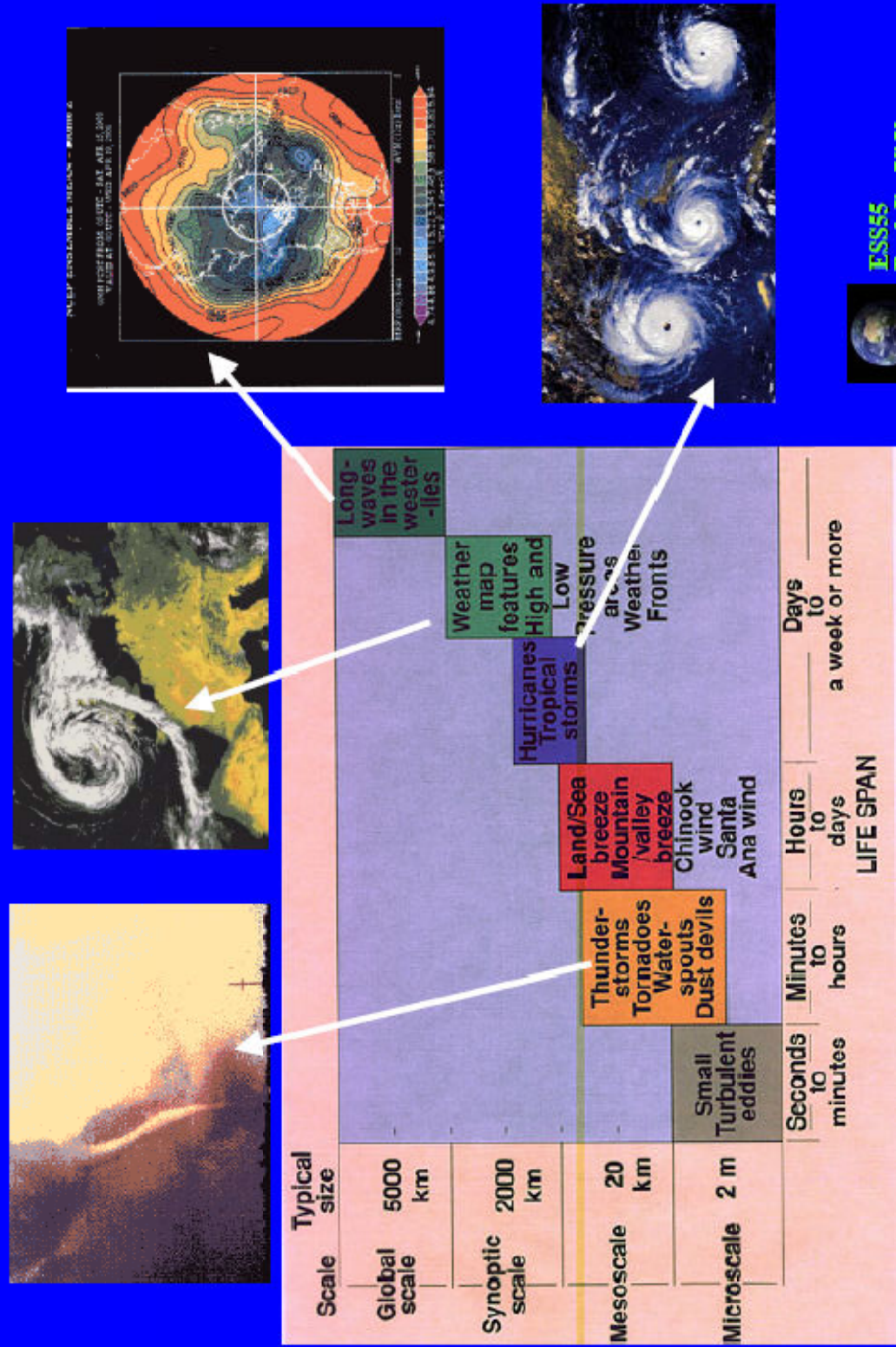
Scale dei moti dell'atmosfera
Numero di Rossby
Equazione generale del moto

Forza di avvezione
Forza di gradiente
Forza di Coriolis
Forza di Attrito

Vento geostrofico
Vento di gradiente
Vento nello strato limite
Vento di gradiente nello strato
limite

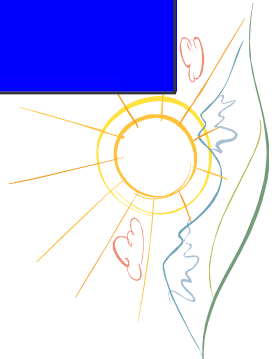


Scales of Motions in the Atmosphere



ESS55
Prof. Jin-Yi Yu

(from *Meteorology Today* by C. Donald Ahrens © 1994 West Publishing Company)



Numero di ROSSBY

$$R=U/fl$$

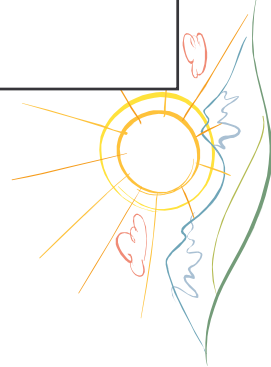
U = Velocità tipica del fenomeno

f = parametro di Coriolis: $2\omega\sin\varphi$

L = lunghezza caratteristica del fenomeno

$L=1000$ Km ; $U=10$ m/s; $f\approx 0,0001$ alle nostre latitudini $\Rightarrow R=0,1$

MOTI SINOTTICI : $R < 1$ e quindi confrontabili con FORZA DI CORIOLIS

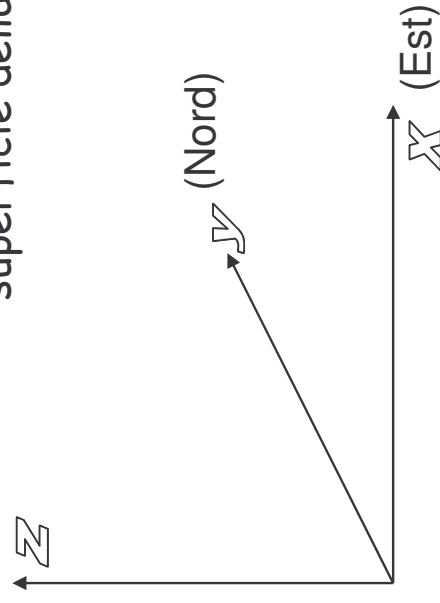


Il legge del moto di Newton

$$F = m \cdot a \quad \text{o meglio} \quad \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$$

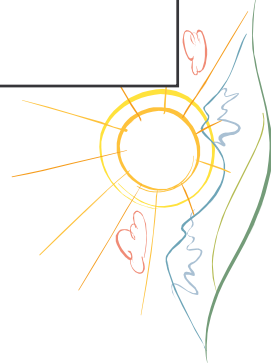
con \vec{F}_{net} intendiamo il vettore somma di tutte le forze agenti sulla particella d'aria

Considerato un sistema di coordinate cartesiane locali, **un vento orizzontale** (parallelo alla superficie della Terra) si può scrivere come:



$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{F_{x.net}}{m}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{F_{y.net}}{m}$$



Equazione generale del vento

Per risolvere l'eq. del moto per i venti orizzontali dobbiamo perciò considerare la forza complessiva, per unità di massa,

$$F_{x\ net} = F_{x\ AD} + F_{x\ GRAD} + F_{x\ CORIOLIS} + F_{x\ ATTRITO}$$

↙
↘
↘
↘

avvezione
gradiente

Osservazione su $F_{x\ AD}$

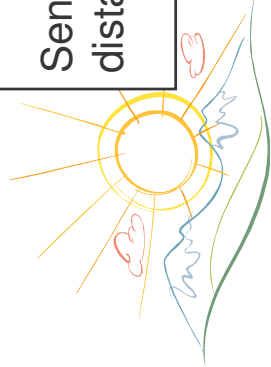
Anche se l'avvezione non è considerata una forza nel senso tradizionale del termine, essa ha lo stesso effetto di una forza, infatti può accelerare il vento.

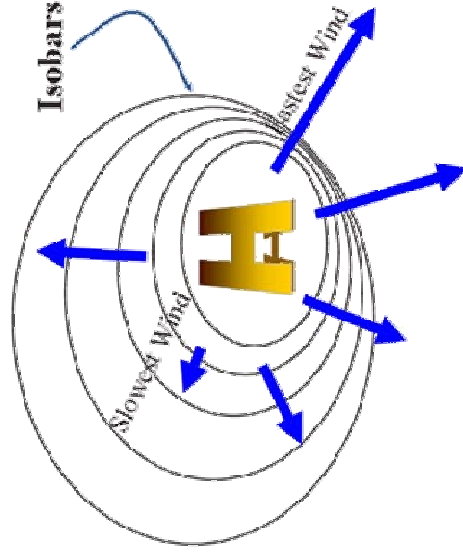
gradiente orizzontale del
vento lungo l'asse x

$$\frac{F_{x\ AD}}{m} = -U \cdot \frac{\Delta U}{\Delta x} - V \cdot \frac{\Delta U}{\Delta y}$$

$$\frac{F_{y\ AD}}{m} = -U \cdot \frac{\Delta V}{\Delta x} - V \cdot \frac{\Delta V}{\Delta y}$$

Senza una variazione del vento con la distanza, non c'è apporto dell'avvezione.





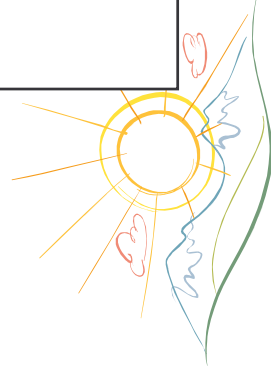
Forza di Gradiente

Dà vita ai venti orizzontali e può accelerare, decelerare o deviare i venti esistenti.

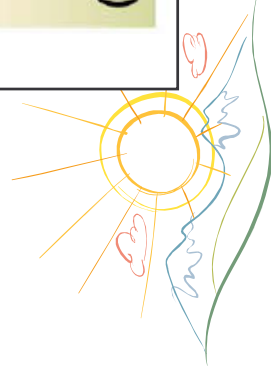
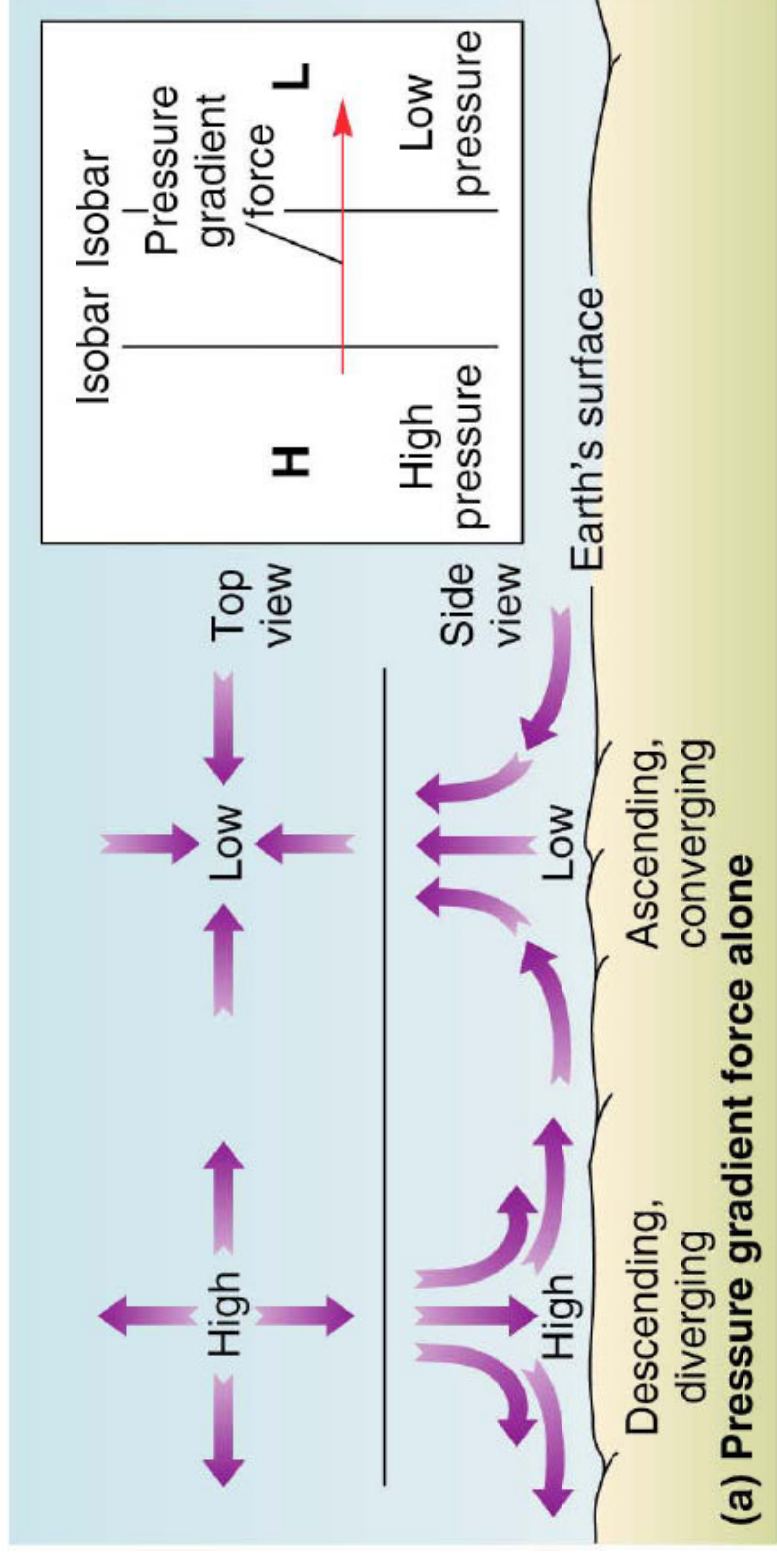
$$\frac{F_{x\text{GRAD}}}{\text{m}} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} \quad \frac{F_{y\text{GRAD}}}{\text{m}} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta y}$$

con ρ = densità dell'aria, ΔP = variazione della pressione lungo Δx e Δy

Il segno – indica che va dalle alte alle basse pressioni.



In linea generale



Forza di Coriolis

Può solo cambiare la direzione del vento

$$\frac{F_{x\text{CORIOLIS}}}{m} = f_C \cdot V$$

$$\frac{F_{y\text{CORIOLIS}}}{m} = -f_C \cdot U$$

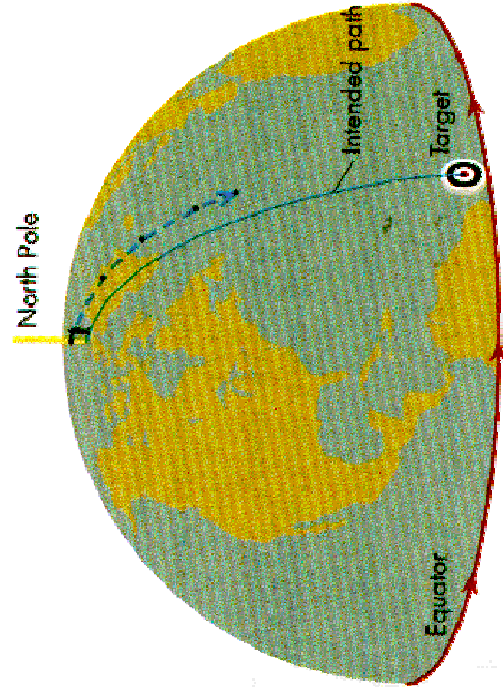
dove f_C è il parametro di Coriolis

$$= 2\omega \sin \varphi \quad \text{dove}$$

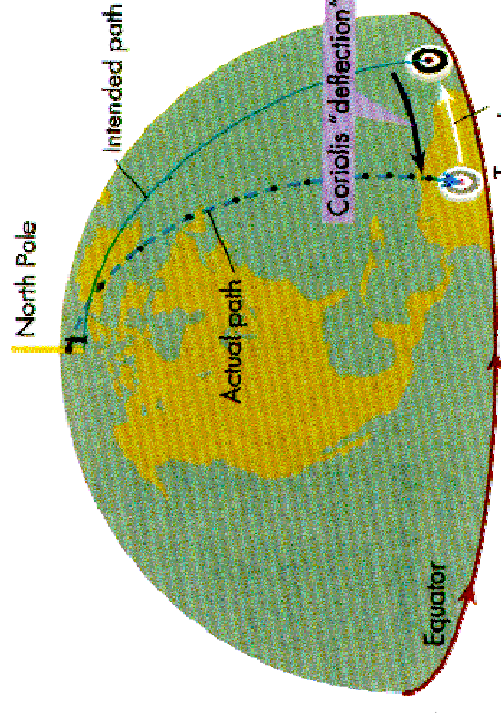
$$2\omega = 1.458 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

e alle nostre latitudini $f_C = 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

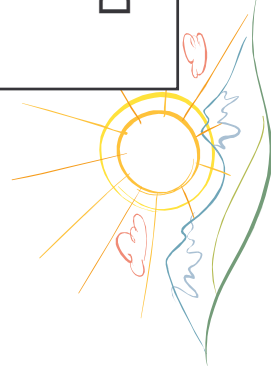
Dalle espressioni si evince che non c'è forza di Coriolis quando non c'è il vento.

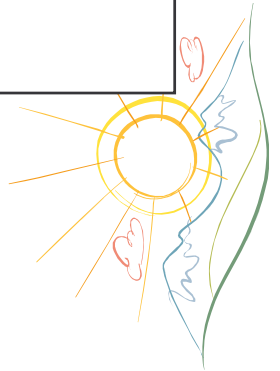
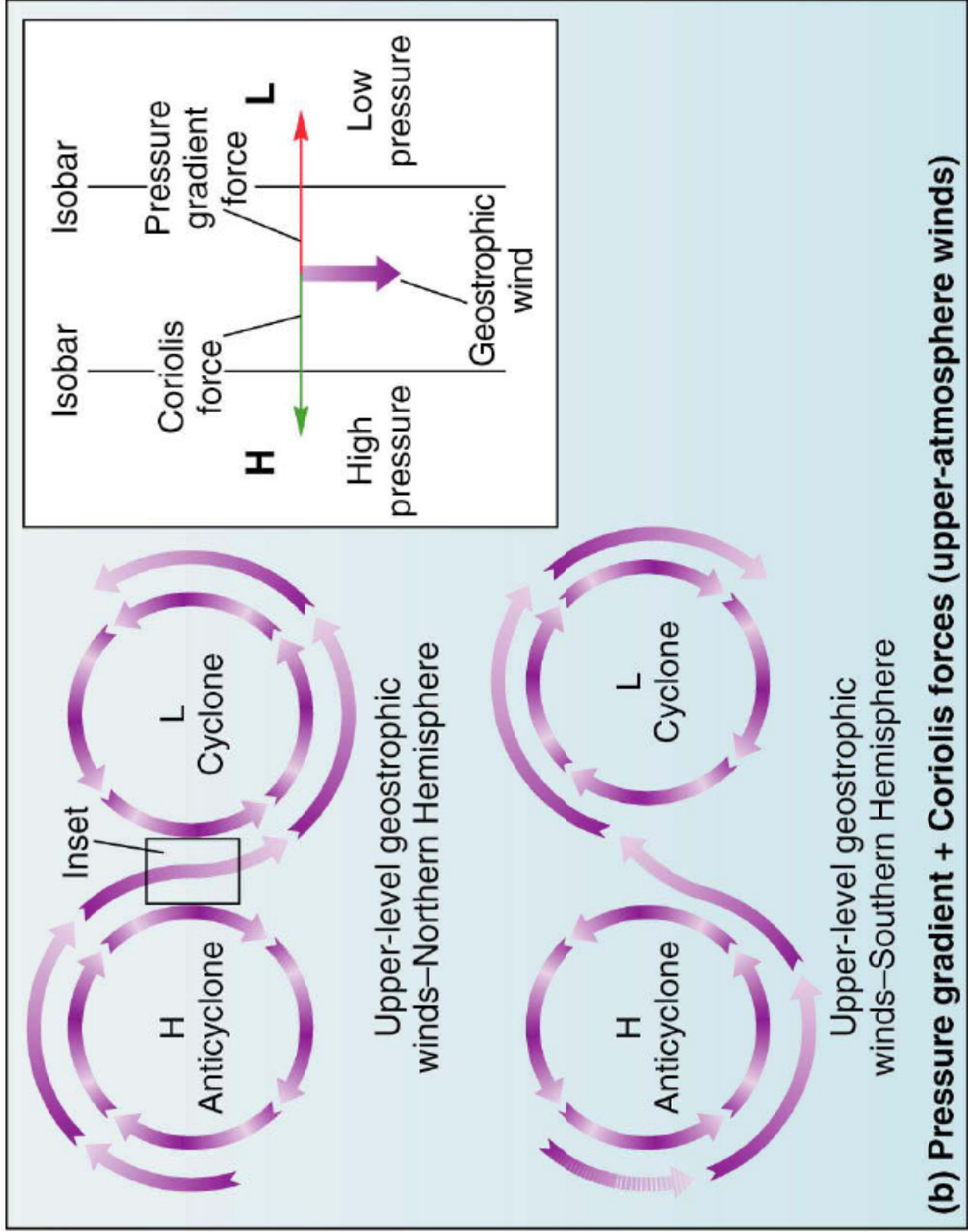


Rotating Earth



Rotating Earth





Aumenta con la velocità del vento ed è sempre diretta in direzione opposta al moto

Forza di attrito

La forza che agisce su uno *strato limite di altezza* z_i è:

$$\frac{F_x \text{ Attrito}}{m} = -\omega_T \cdot \frac{U}{z_i}$$

$$\frac{F_y \text{ Attrito}}{m} = -\omega_T \cdot \frac{V}{z_i}$$

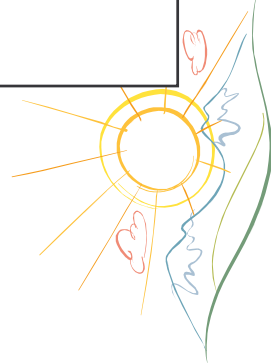
con $\omega_T = C_D \cdot M$ = velocità di trasporto turbolento

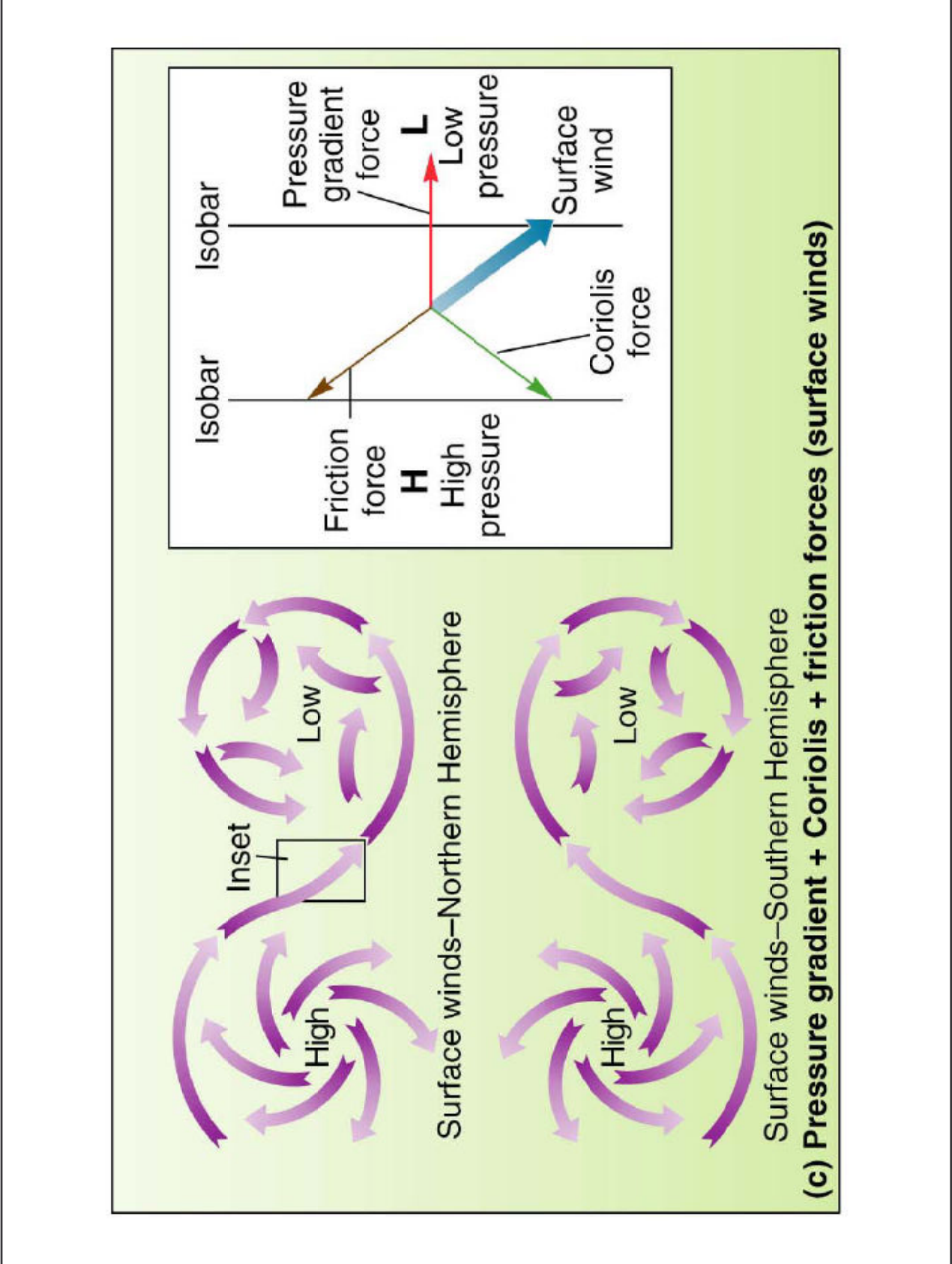
dove M = velocità del vento sempre positivo

C_D = coefficiente di attrito adimensionale

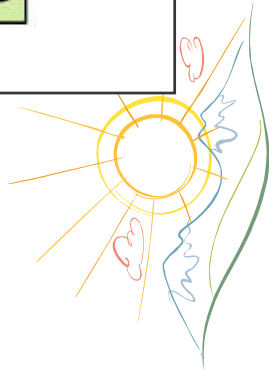
che varia da 2×10^{-3} (per superfici lisce)

a 2×10^{-2} (per superfici ruvide o alberate)





Surface winds—Southern Hemisphere
(c) Pressure gradient + Coriolis + friction forces (surface winds)



I venti

Riassumendo, l'equazione del vento è:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \underbrace{-U \frac{\Delta U}{\Delta x} - V \frac{\Delta U}{\Delta y}}_{\text{avvezione}} - \underbrace{\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}}_{\text{gradiente di pressione}} + f_c \cdot V - \omega_T \cdot \frac{U}{z_i}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \underbrace{-U \frac{\Delta V}{\Delta x} - V \frac{\Delta V}{\Delta y}}_{\text{avvezione}} - \underbrace{\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta y}}_{\text{gradiente di pressione}} - \underbrace{f_c \cdot U - \omega_T \cdot \frac{V}{z_i}}_{\text{Coriolis attrito}}$$

Quando il vento accelera, anche le forze di Coriolis e di attrito cambiano, perchè dipendono dalla velocità del vento.

A sua volta varia anche l'accelerazione per l'eq. precedente

(processo di feedback)

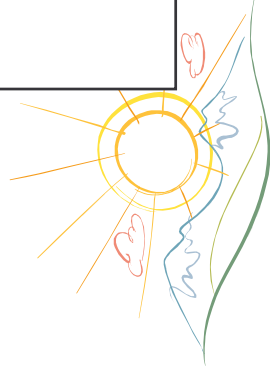
Questo processo continua fino a quando le forze non si bilanciano l'un l'altra

steady state

ovvero

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = 0 \quad \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0$$

le velocità del vento non cambiano con il tempo, ma non sono necessariamente pari a zero.



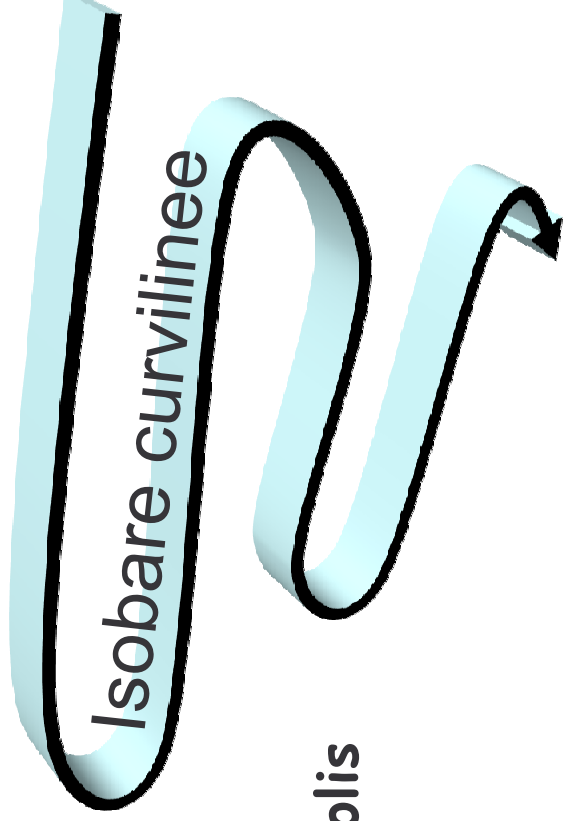
Vento geostrofico

Gradiente di pressione + Coriolis = 0



Vento di gradiente

Gradiente di pressione + Coriolis
+ forza centrifuga = 0



Vento di gradiente nello strato limite

Gradiente di pressione + Coriolis + forza di attrito
+ forza centrifuga = 0

