

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

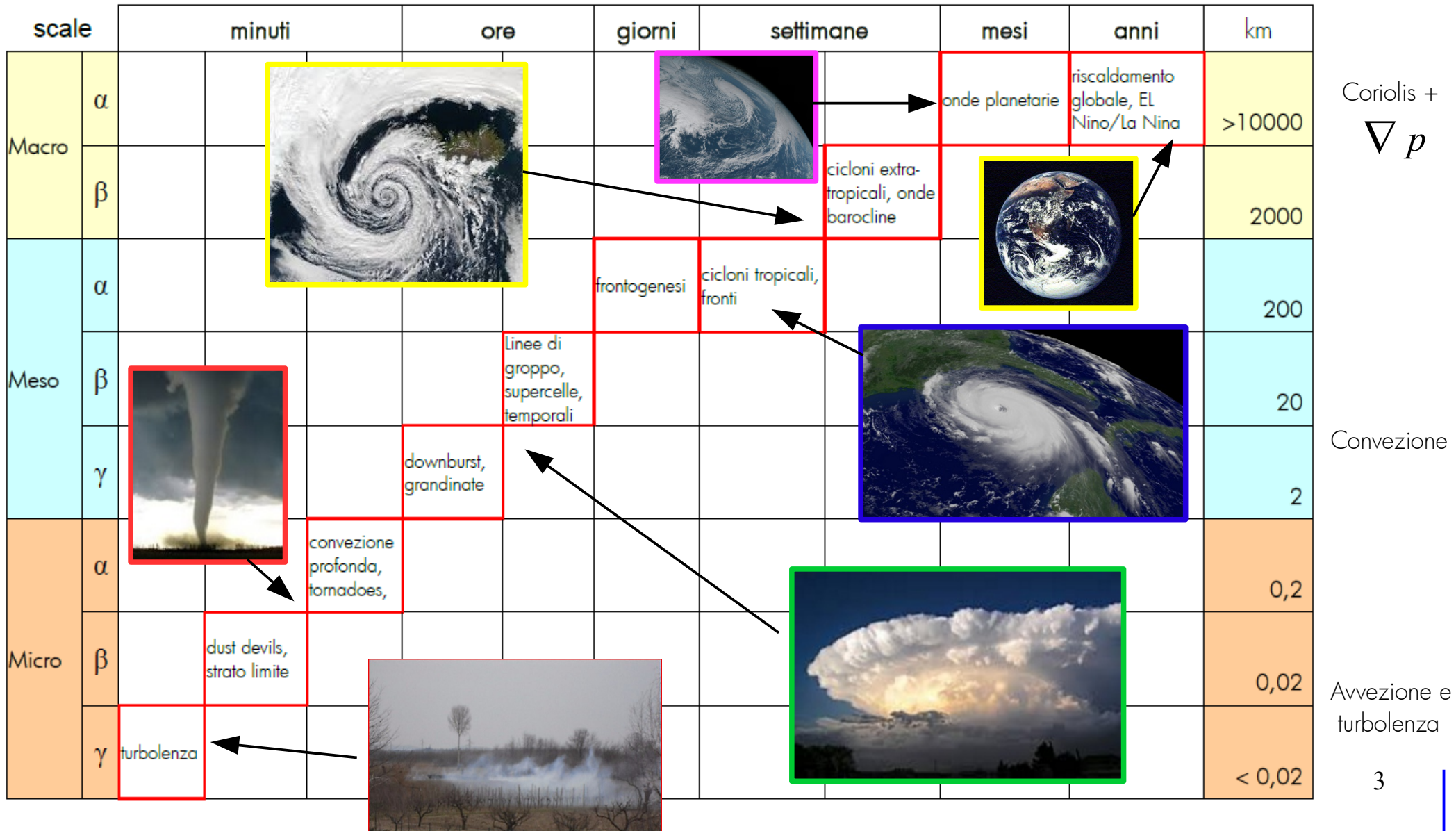
# Dinamica dell'Atmosfera

Giaiotti Dario

## Sommario della lezione

- Le scale spaziali e temporali tipiche dei moti atmosferici
- Equazione di conservazione della quantità di moto (equazione del momento)
- Equazione di conservazione della massa (equazione di continuità)
- Il sistema di coordinate rotanti solidali il volume d'aria che si muove sulla Terra
- Il sistema di coordinate naturali
- Modelli semplici nel sistema di coordinate naturali
- Bibliografia di riferimento e per approfondimenti.

# La classificazione delle scale proposta da Orlanski I. (1975)?

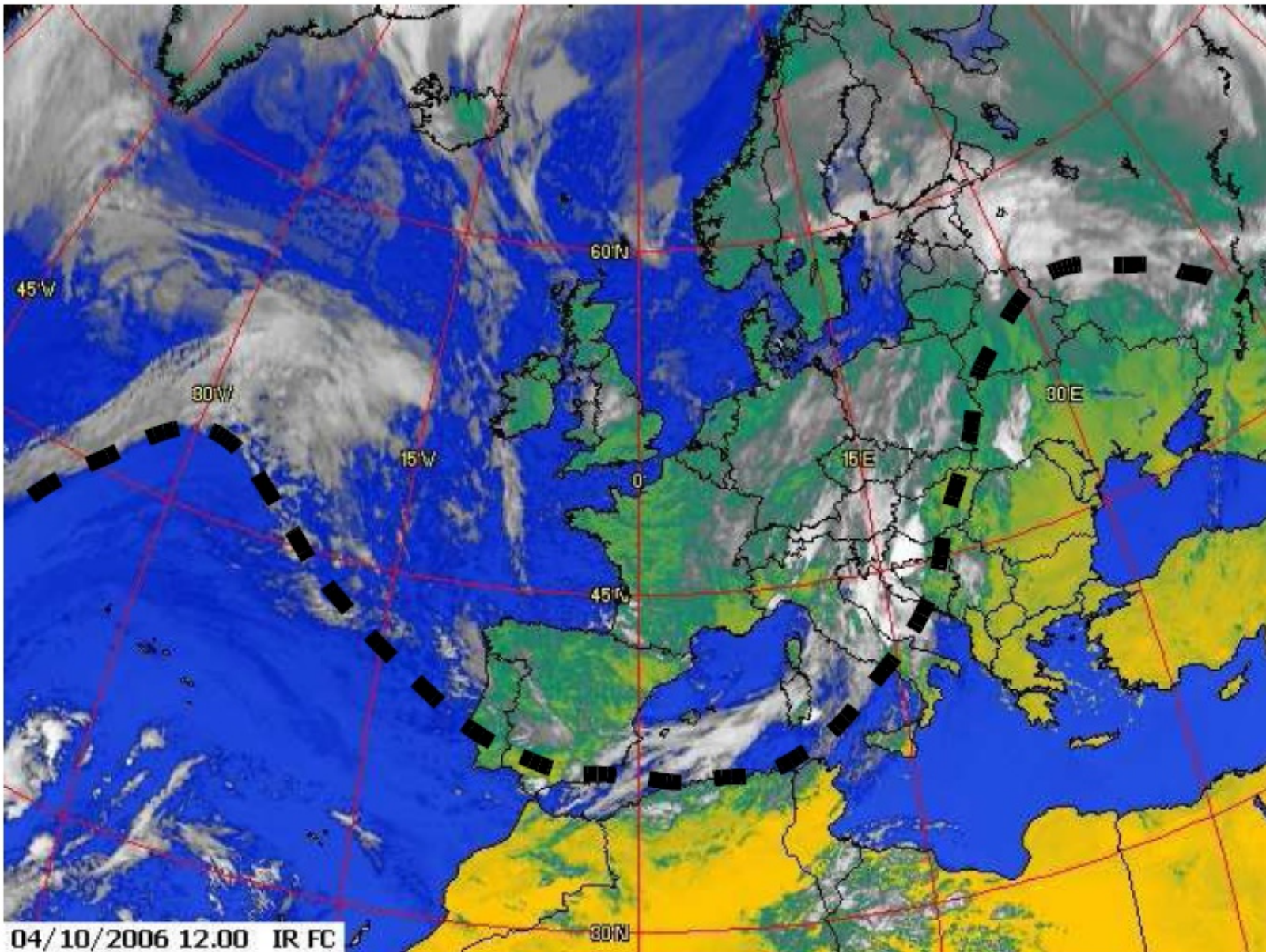


## La scala planetaria



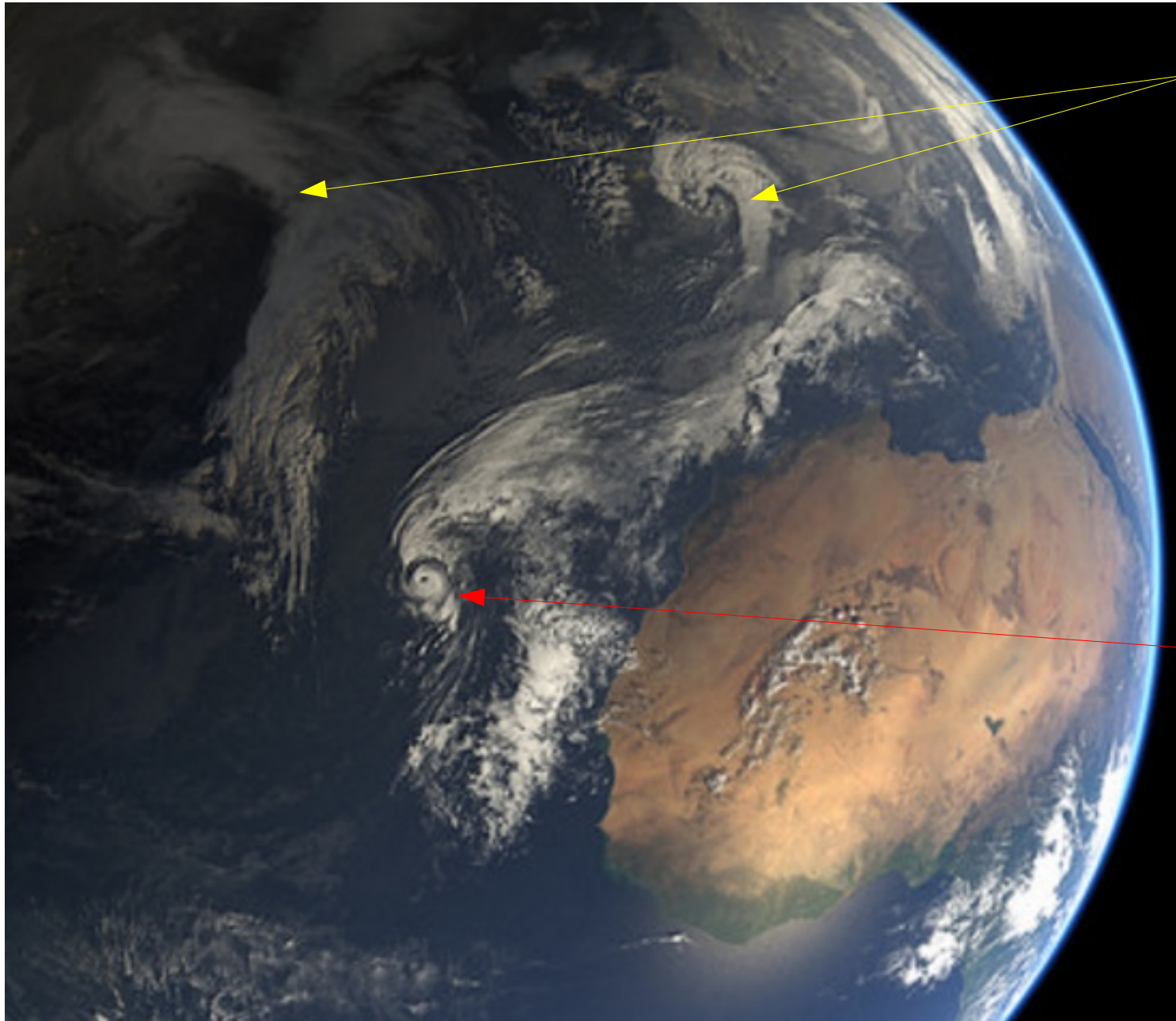


## Esempi di moti alla scala planetaria



Onde di  
Rossby

## Esempi di moti alla scala sinottica



Ciclone  
extratropicale

Ciclone tropicale



## Esempi di moti alla mesoscala



Updraft



Celle convettive



Tornado

## Esempi di moti alla microscala

Turbolenza



Avvezione



## Equazione di conservazione del quantità di moto (equazione del momento)

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{g} + \nu \Delta \mathbf{v}$$

Accelerazione  
volume d'aria  
elementare

Accelerazione  
di Coriolis

Accelerazione  
dovuta al  
gradiente di  
pressione

Accelerazione  
di gravità e  
centrifuga

Accelerazione  
di dissipazione

## Equazione di conservazione della massa (equazione di continuità)

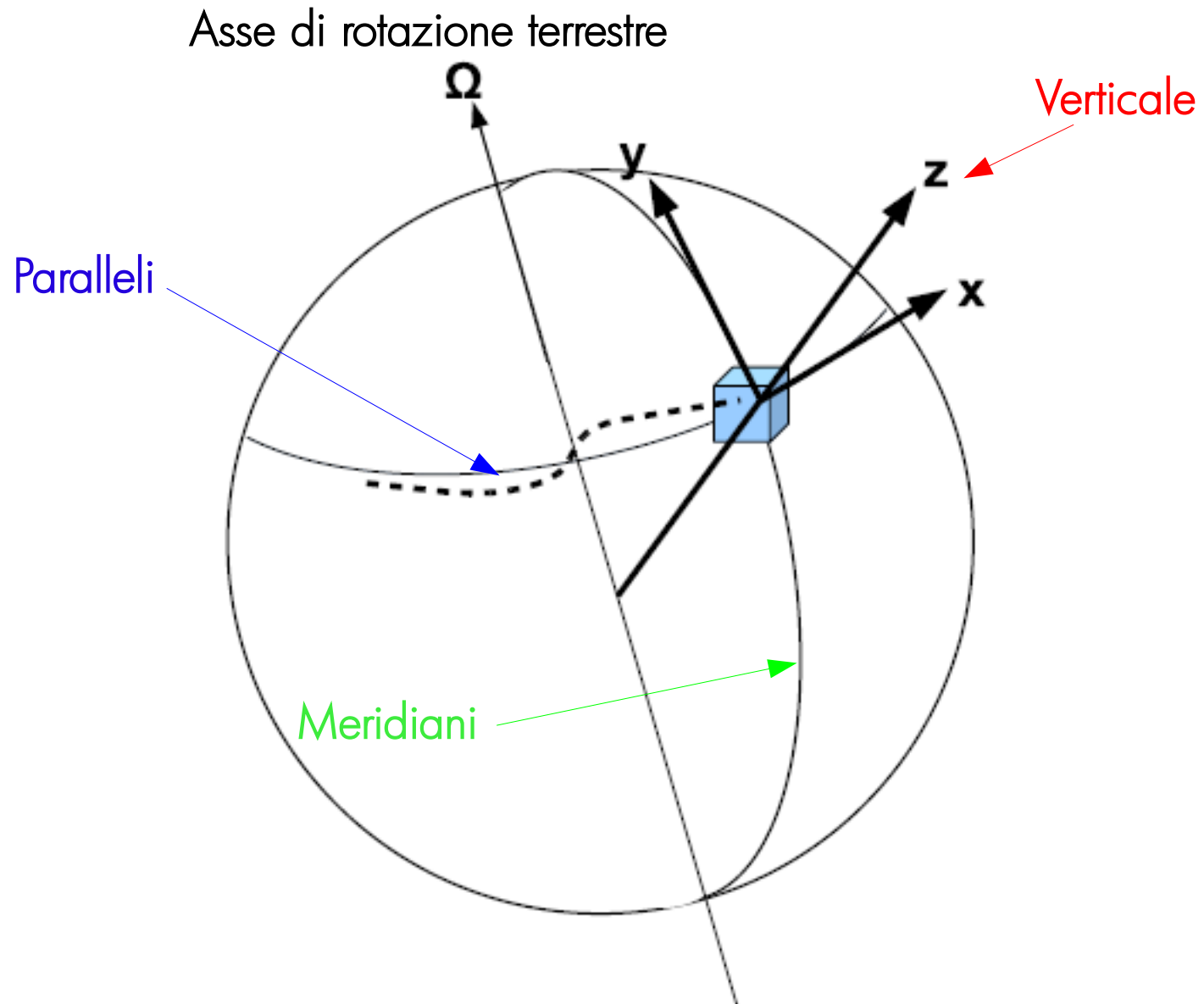
$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

Variazione di densità  
del volume  
elementare di aria

Flusso di massa  
attraverso il volume  
elementare di aria

[variazione del  
volume]

## Sistema di coordinate solidali con con il volume d'aria che si muove sulla Terra





## L'equazione di conservazione del quantità di moto in coordinate solidali con la Terra

Termini di curvatura

Coriolis

Gradiente  
di pressione

Dissipazione

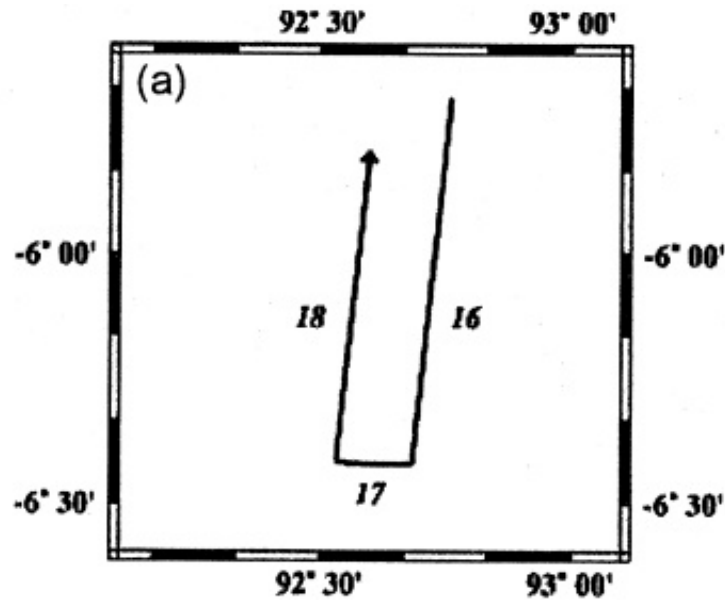
$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan(\phi)}{R} + \frac{vw}{R} = -2\Omega u \sin(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + (\nu \Delta \mathbf{v})_y$$

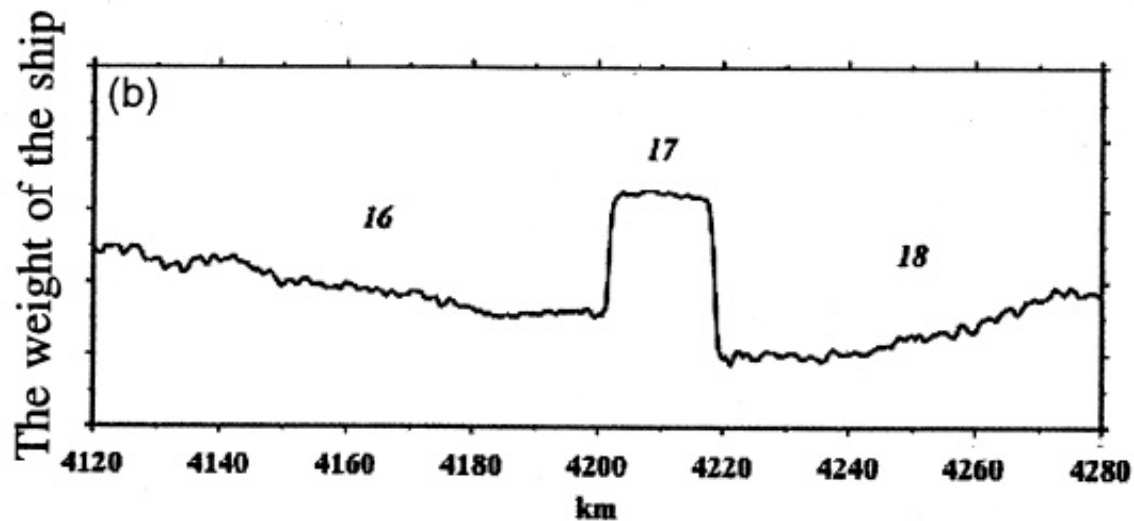
$$\frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{R} = 2\Omega u \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + (\nu \Delta \mathbf{v})_z$$

Eseguire l'analisi degli ordini di grandezza di ciascun contributo

## L'accelerazione di Coriolis agisce anche lungo la verticale

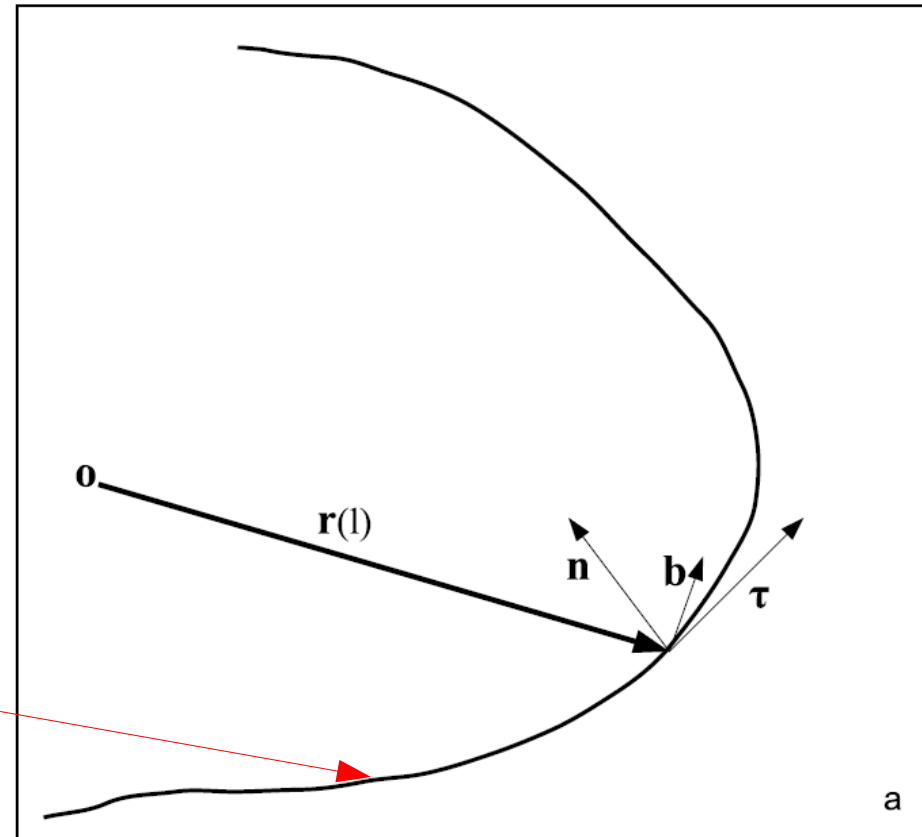
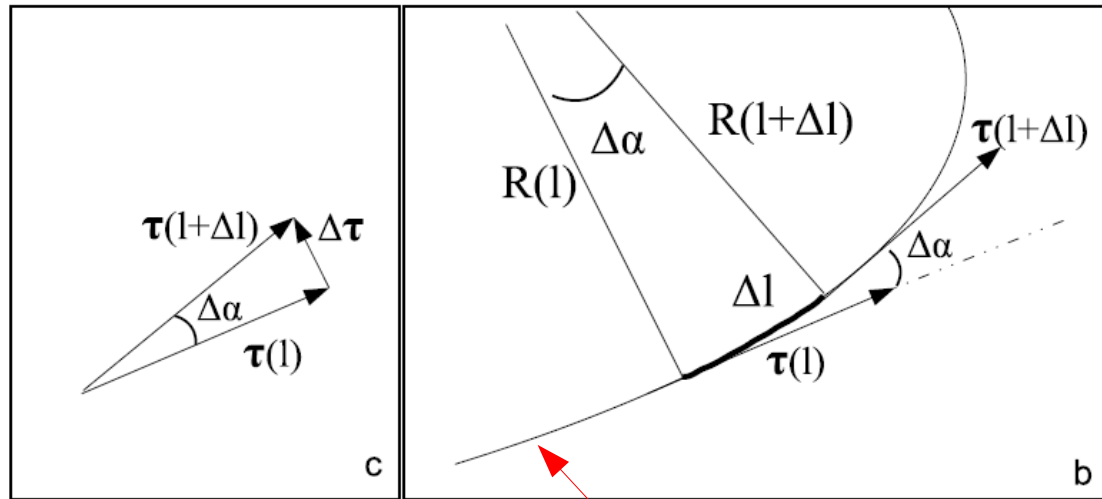


Rotta della nave

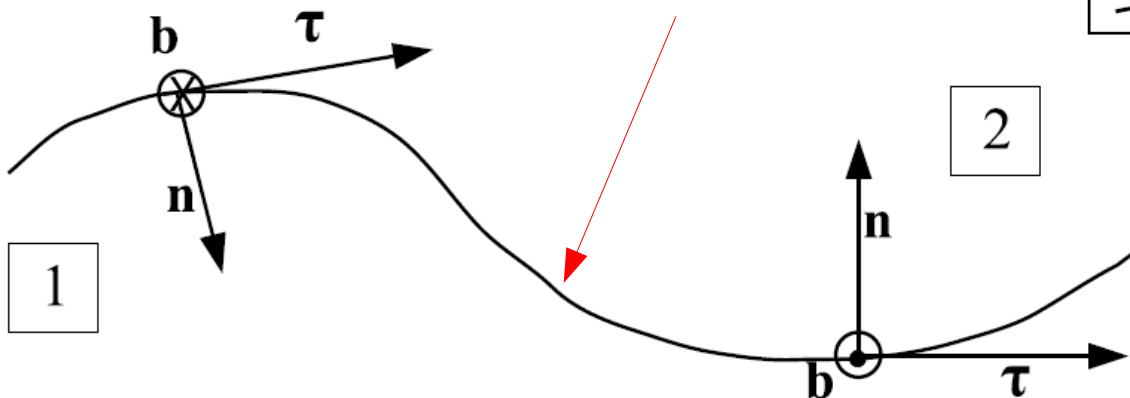


Misura gravimetrica  
a bordo della nave

## Il sistema di coordinate naturali



Traiettoria del volume elementare

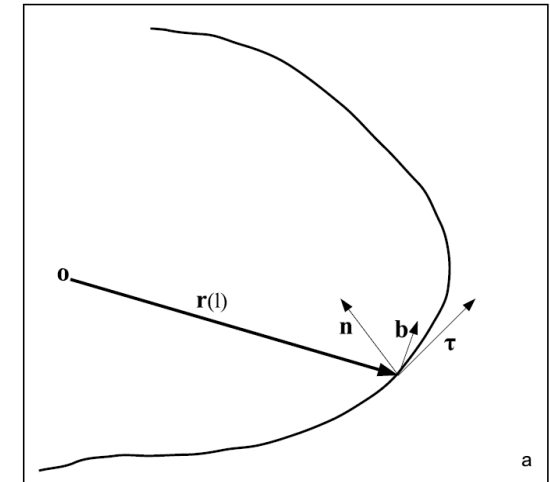




## Equazioni del momento in coordinate naturali

$$\mathbf{v} = v\boldsymbol{\tau}$$

$$\dot{\mathbf{v}} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{\tau} + \frac{v^2}{R}\mathbf{n} \quad R \neq 0$$



$$\nabla p = \frac{\partial p}{\partial l}\boldsymbol{\tau} + \frac{\partial p}{\partial n}\mathbf{n} + \frac{\partial p}{\partial z}\mathbf{b}$$

$$-2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} = -a_n\mathbf{n} - a_b\mathbf{b}$$

$$f := 2\boldsymbol{\Omega} \sin \phi$$

$$-2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} = -2 \begin{bmatrix} \boldsymbol{\tau} & \mathbf{n} & \mathbf{b} \\ \Omega_{\boldsymbol{\tau}} & \Omega_n & \Omega \sin \phi \\ v & 0 & 0 \end{bmatrix} = -2v\Omega \sin \phi \mathbf{n} + 2\Omega_n v \mathbf{b}$$

## Equazioni del momento in coordinate naturali (cont'd)

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial l} \quad \text{equation for } \tau$$

$$\frac{v^2}{R} = v^2 k = -fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad \text{equation for } n$$

$$0 = 2\Omega_n v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad \text{equation for } b$$

## Bibliografia

- [1] An introduction to dynamic meteorology, 2004, Holton J. R., Amsterdam Elsevier Academic Press, – disponibile in Biblioteca Tecnico Scientifica (BS/04./M/0010). [pagine 5- 21, 26 – 38, 56-71]
- [2] Dynamics of the atmosphere, 1995, Dutton J. A., New York Dover publication inc., 617 pp, - disponibile in Biblioteca Tecnico Scientifica (BS/04./M/0022). [pagine 220-243, 289-293, 304-306]
- [3] Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics – Fundamentals and Large-Scale Circulation, 2015, Geoffrey K. Vallis, Cambridge University Press 745 pp. - disponibile in Biblioteca Tecnico Scientifica (BS/04/L/0034). [per approfondimenti]
- [4] An Introduction to Fluid Dynamics, 1967, Batchelor -G.K., Cambridge University Press, 615 pp, - disponibile in Biblioteca Tecnico Scientifica (BS/02/B/0006). [pagine: 1-6].
- [5] A rational subdivision of scales for atmospheric processes, 1975, I. Orlanski, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol 56 n.5 pp 527-530
- [6] Atmospheric convection : research and operational forecasting aspects, 2007, D. B. Giaiotti et al., Wien Springer, 226 pp disponibile in Biblioteca Tecnico Scientifica (BS/04/M/0015) [pagine: 157-159].