

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

Dinamica dell'Atmosfera

Giaiotti Dario & Stel Fulvio

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)?

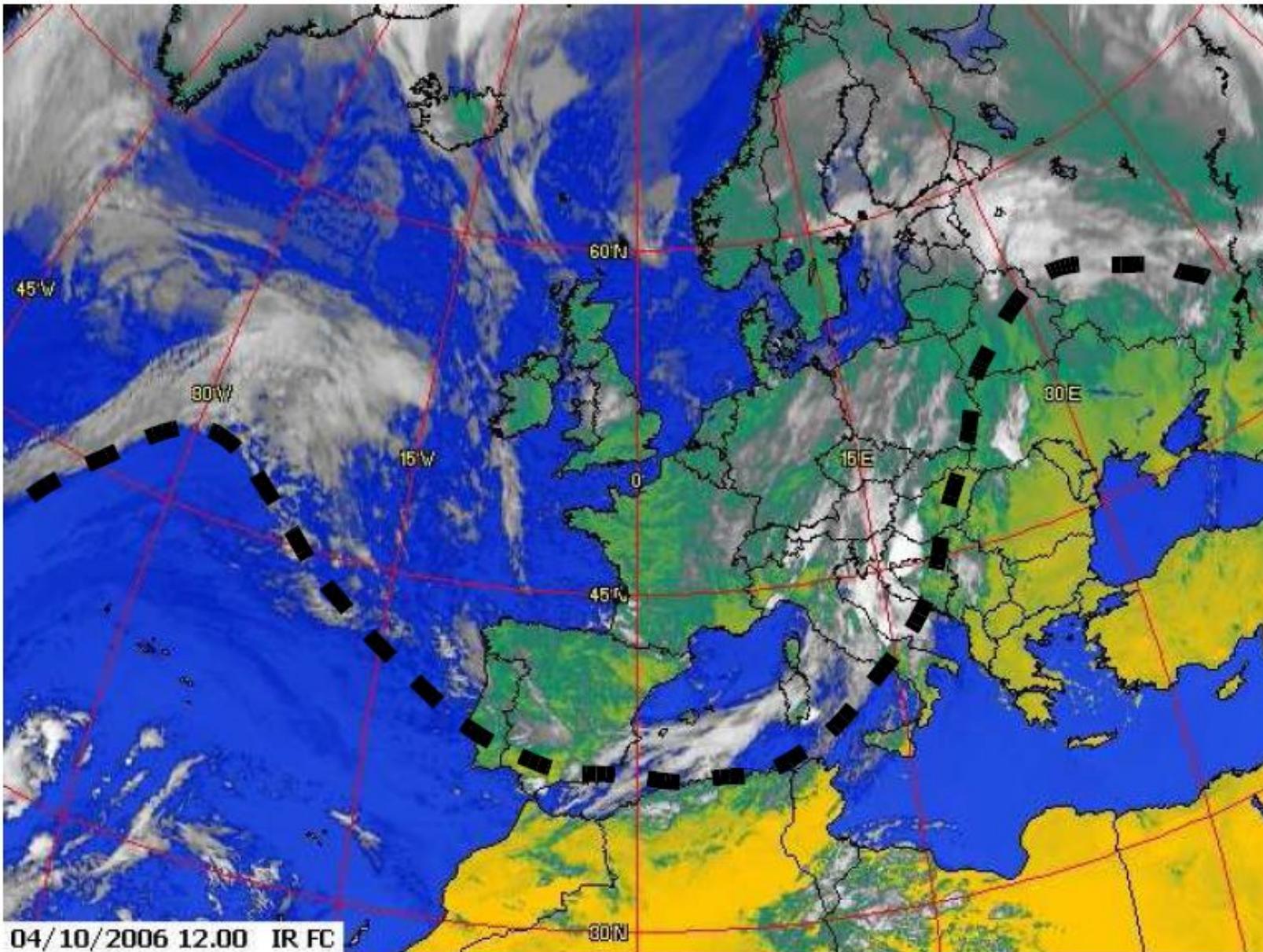
| SCALE DEFINITION | | | | T_s | L_s | 1 MONTH $(\beta L_s)^{-1}$ | DAY $(1)^{-1}$ | 1 HOUR $(\frac{1}{3} \frac{L_s}{\Delta t})^{-1/2}$ | 1 MINUTE $(\frac{1}{60})^{-1/2} (\frac{1}{L_s})$ | 1 SEC | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|---------------------|-----------|----------------------|------------------------------|-----------------|--|--|--------------------------|--------------------|
| MACRO-SCALE | MACRO-SCALE | MACRO-SCALE | MACRO-SCALE | 10,000 KM | Standing waves | Ultra long waves | Tidal waves | | | MACRO α SCALE | |
| | | | | 2,000 KM | Baroclinic waves | | | | | MACRO β SCALE | |
| INTERMEDIATE SCALE | | | | 200 KM | | Fronts and Hurricanes | | | | MESO α SCALE | |
| | | | | 20 KM | | Nocturnal low level jet | Squall lines | Inertial waves | Cloud clusters | Min. & Lake Disturbances | MESO β SCALE |
| MESO SCALE | MESO-SCALE | MESO-SCALE | MESO-SCALE | 2 KM | | Thunderstorms | I.G.W. | C.A.T. | Urban effects | MESO γ SCALE | |
| | | | | 200 M | | Tornadoes | Deep convection | Short gravity waves | | MICRO α SCALE | |
| | | | | 20 M | | Dust devils | Thermals | Wakes | | MICRO β SCALE | |
| | | | | | | | | | Plumes | MICRO γ SCALE | |
| | | | | | | | | | Roughness | | |
| | | | | | | | | | Turbulence | | |
| JAPANESE NOMENCLATURE | EUROPEAN NOMENCLATURE | G.A.T.E. | U.S.A. NOMENCLATURE | C.A.S. | CLIMATOLOGICAL SCALE | SYNOPTIC AND PLANETARY SCALE | | MESO SCALE | MICRO-SCALE | PROPOSED DEFINITION | |

Coriolis + ∇p

Convezione

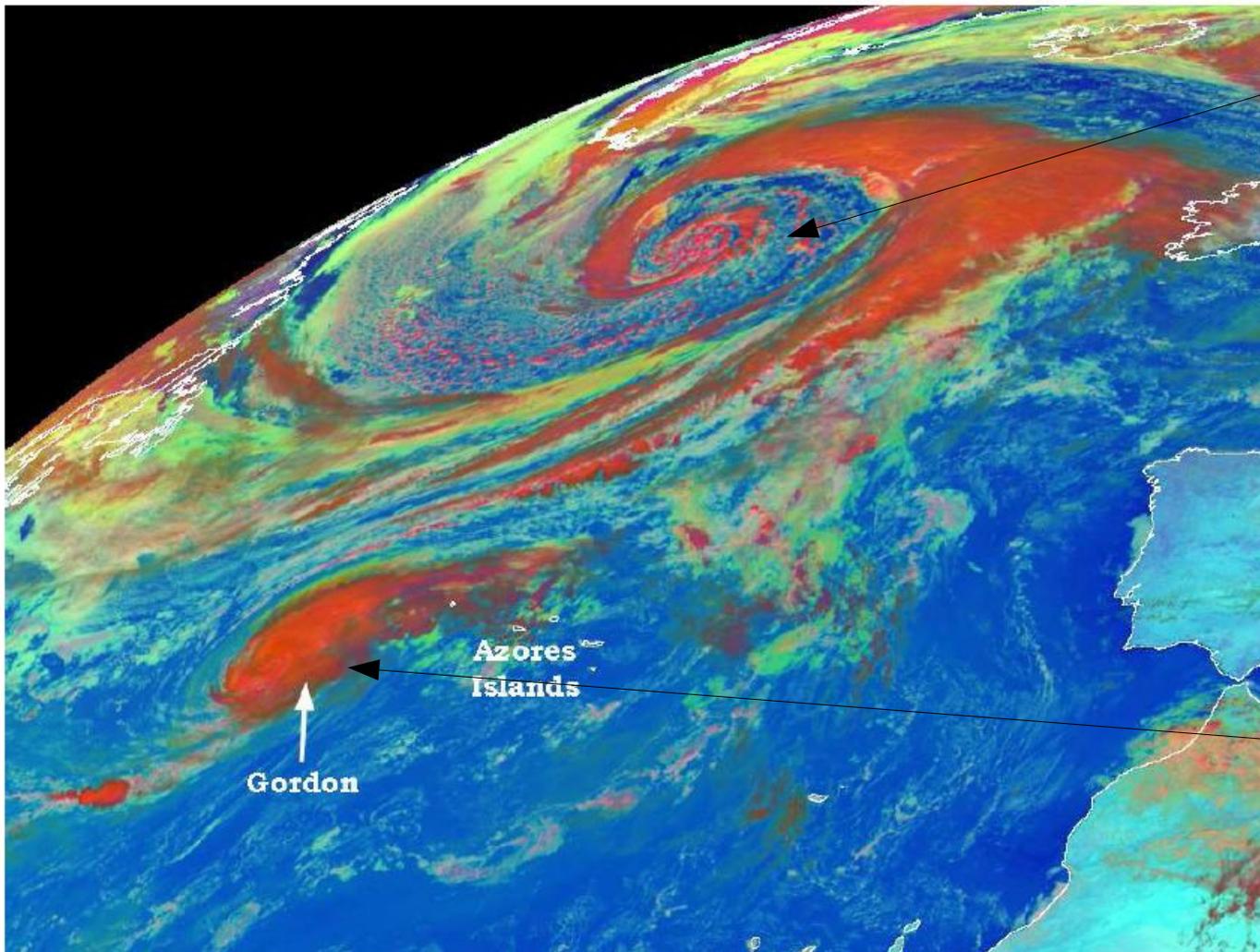
Avezione e
turbolenza

Esempi di moti alla scala planetaria



Onde di
Rossby

Esempi di moti alla scala sinottica



Ciclone
extratropicale

Ciclone tropicale

FIGURE 14. The tropical cyclone Gordon seen from METEOSAT on September 19, 2006 12 UTC. Compare it with the extratropical cyclone present in the Northern Atlantic. Sizes, time-life, trajectories and evolution are different because their dynamics is different, copyright 2006 EU-METSAT

Esempi di moti alla mesoscala



Celle convettive

Updraft



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)

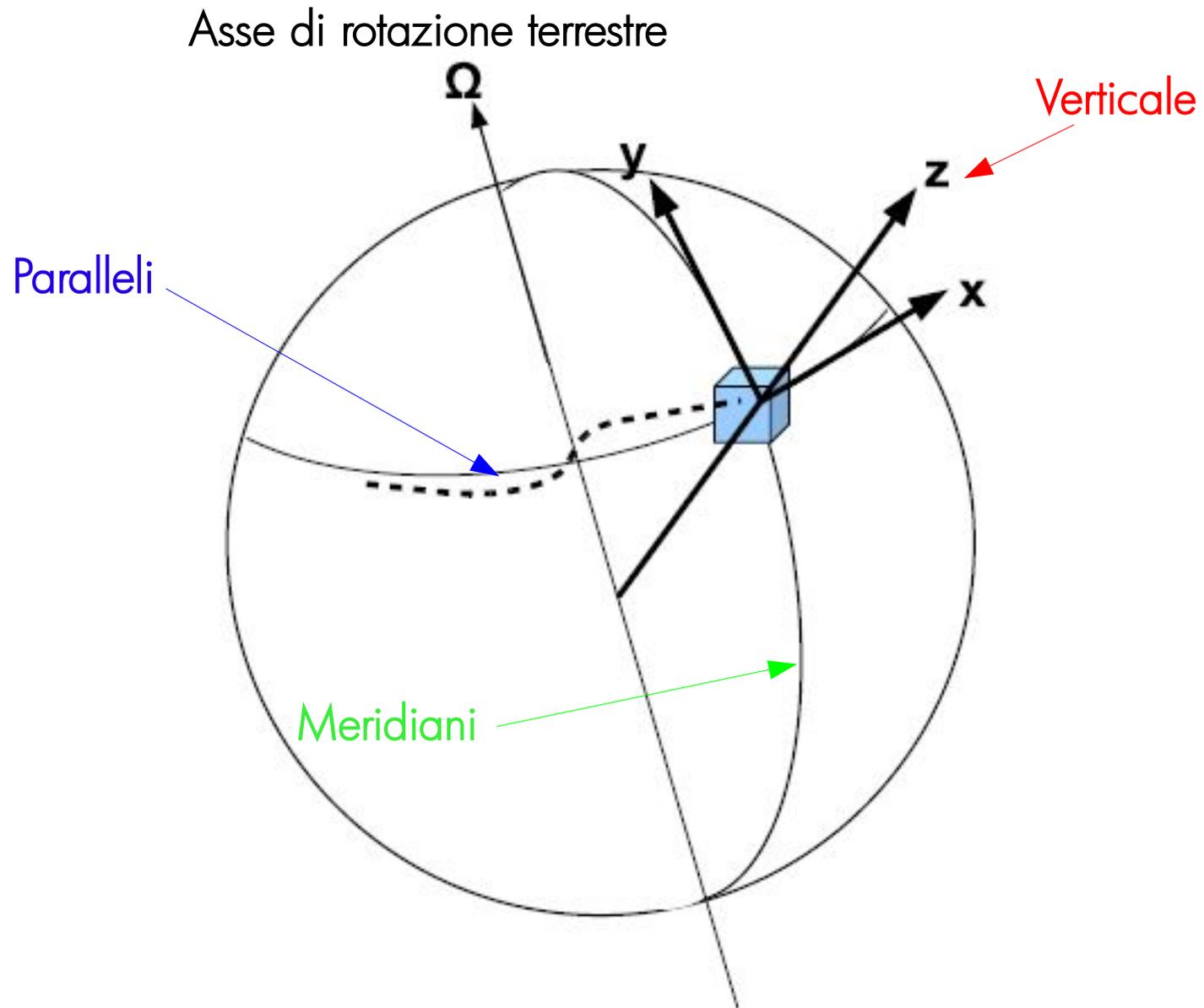
$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

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

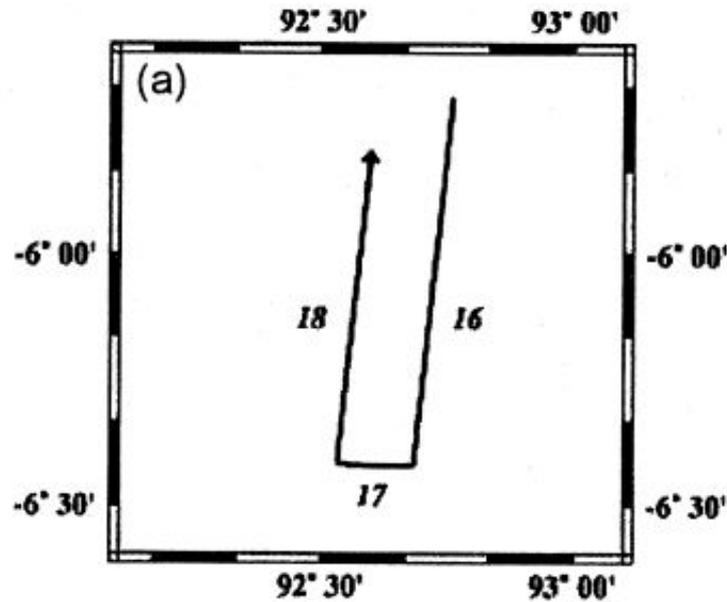
$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

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

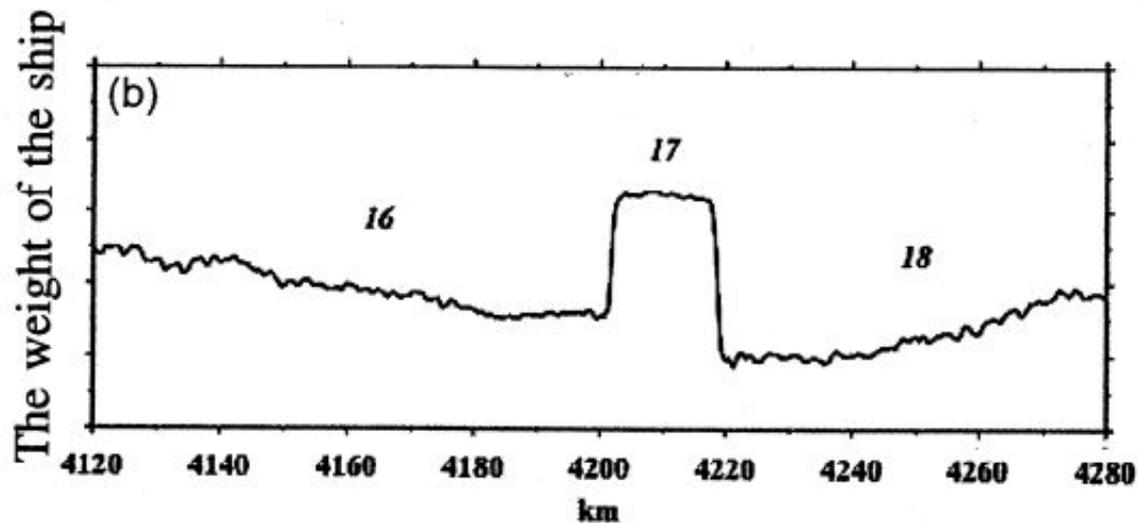
$$\frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{R} = 2\Omega u \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + (\nu \Delta \mathbf{v})_z$$

Eseguire l'analisi degli ordini di grandezza di ciascun contributo

L'accelerazione di Coriolis agisce anche lungo la verticale

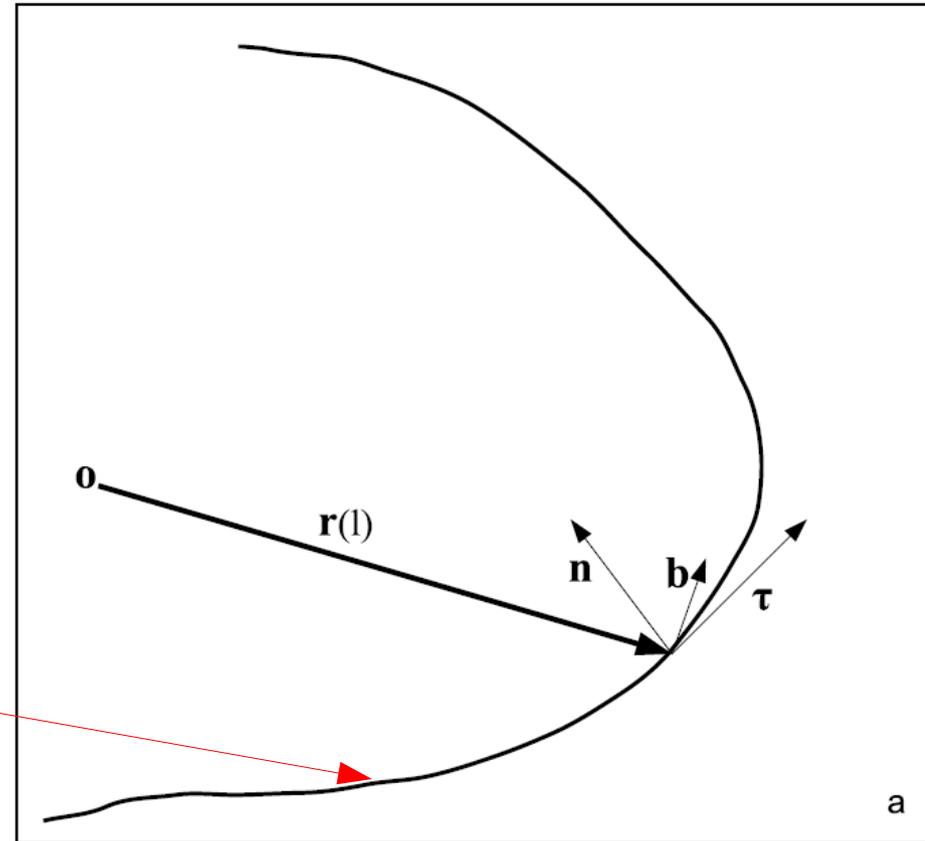
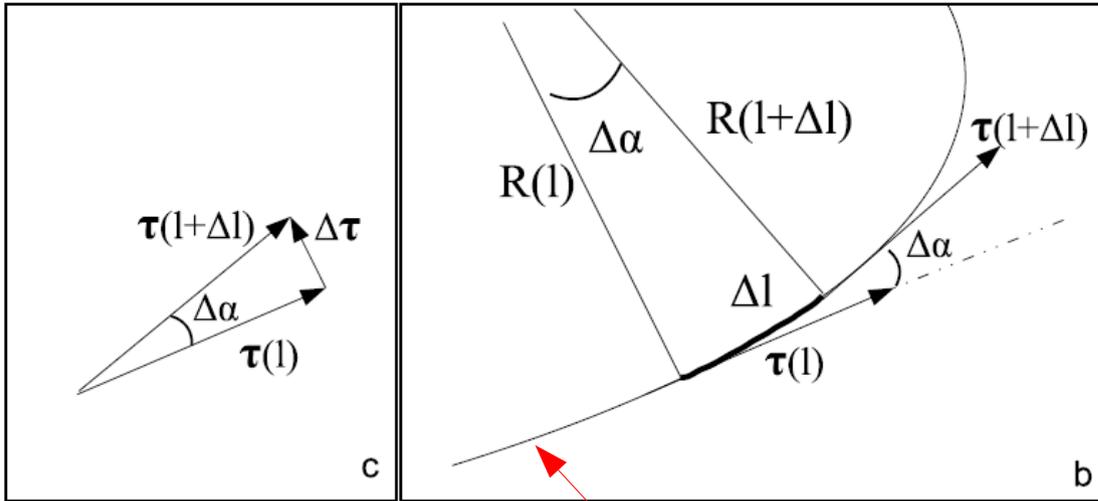


Rotta della nave

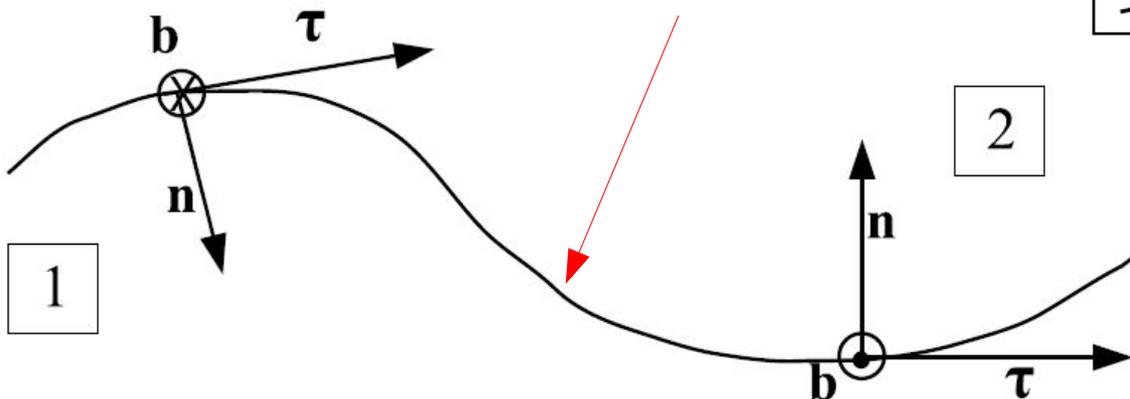


Misura gravimetrica
a bordo della nave

Il sistema di coordinate naturali



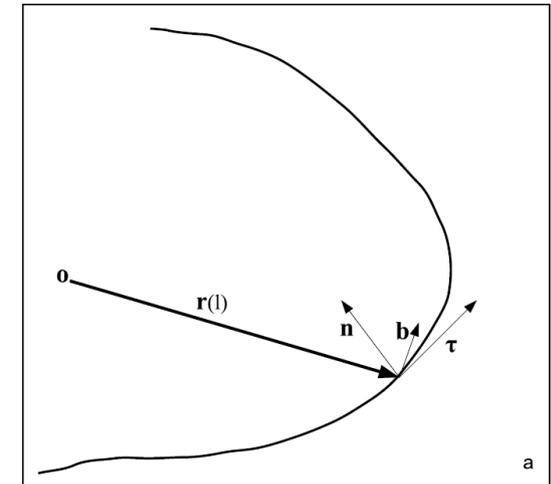
Traiettoria del volume elementare



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)

Futura 20pt

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial l}$$

equation for τ

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

equation for n

$$0 = 2\Omega_n v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

equation for b

Bibliografia

- [1] An introduction to dynamic meteorology, 2004, Holton J. R., Amsterdam Elsevier Academic Press, – disponibile all'ICTP Library (551.51 HOL 4th ed.). [pagine 5- 21, 26 – 38, 56-71]
- [2] Dynamics of the atmosphere, 1995, Dutton J. A., New York Dover publication inc., 617 pp, - disponibile all'ICTP Library (551.51 DUT). [pagine 220-243, 289-293, 304-306]
- [3] Atmosphere-ocean dynamics, 1982, Gill A. E. New York, NY Academic Press, 662 pp, - disponibile all'ICTP Library (551.51 Gill). [per approfondimenti]
- [4] An Introduction to Fluid Dynamics, 1967, Batchelor -G.K., Cambridge University Press, 615 pp, - disponibile all'ICTP (532.5 BAT) [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 [pagine: 157-159].