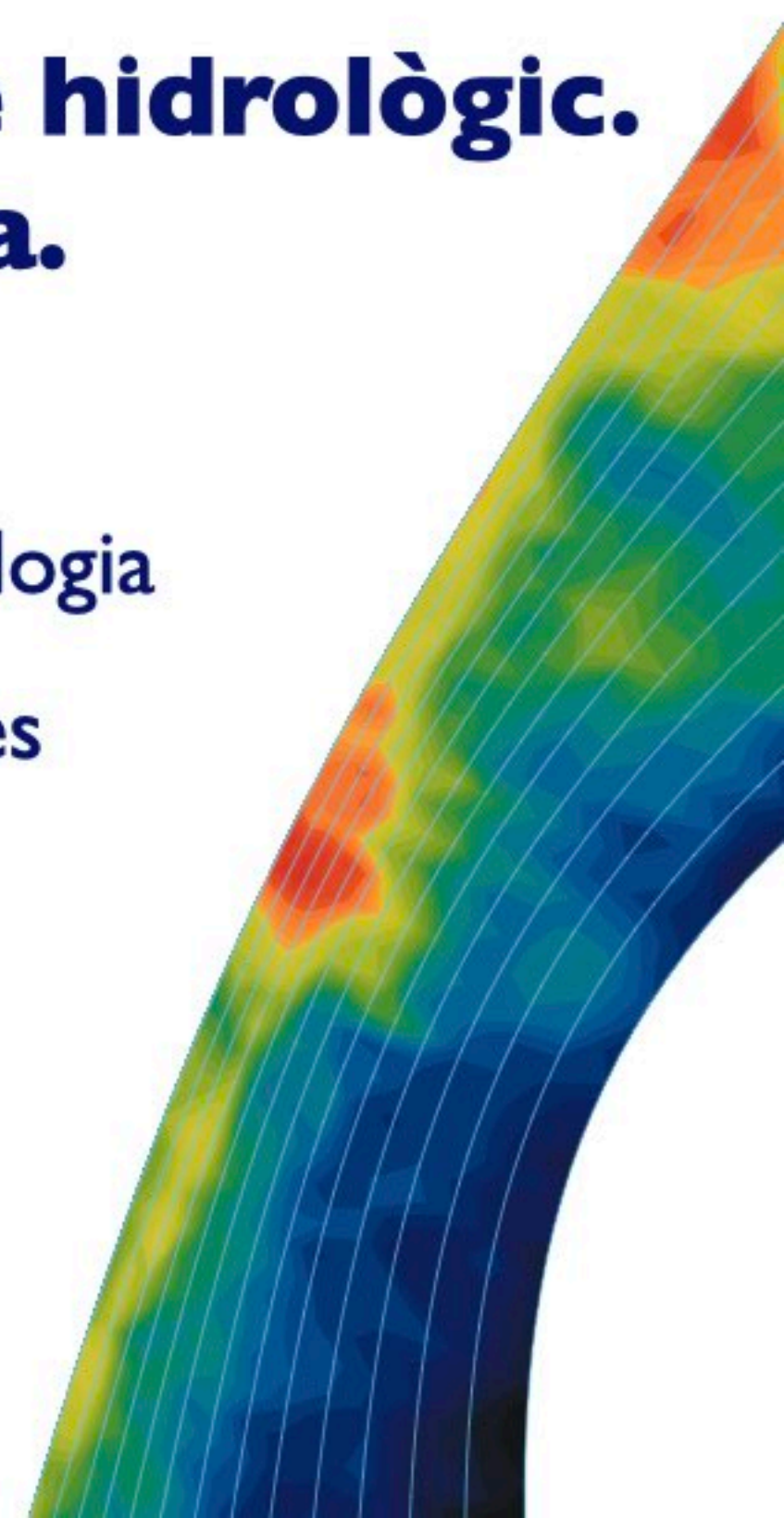


Classe I: Introducció al cicle hidrològic. Pressió atmosfèrica.

Processos atmosfèrics i hidrologia

Prof. Daniel Sempere Torres
Prof. Shinju Park



Processos atmosfèrics i hidrologia 2022-23

Processos atmosfèrics (50% de la nota final):

Examen: 28 MARÇ (75%)

Exercicis per entregar (5%)

Practiques de models meteorològics (20%)

PRACTIQUES DE MODELS METEOROLÒGICS

Es farà dos sessions (A i B) en grups de dos persones

Informe de pràctica avaluable, a entregar per ATENEA (25% de la nota)

La distribució en grups A i B es determinarà uns dies abans

21/3/23 PRACTICA GRUP A

24/3/23 PRACTICA GRUP B

Caldrà portar ordinador portàtil o tablet per fer la pràctica

BIBLIOGRAFIA BASICA:

- Frederick K. Lutgens, Edward J. Tarbuck y Dennis Tasa. **The Atmosphere: an Introduction to Meteorology**. Ed. Pearson, 2013. ISBN 13: [9781292042299](#).
- Roland Stull. [Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science](#). Univ. of British Columbia. 2017. ISBN 978-0-88865-283-6.

(Free copy offered by the author at this link: https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/prmet102/Practical_Meteorology-v1.02b-WholeBookColor.pdf)

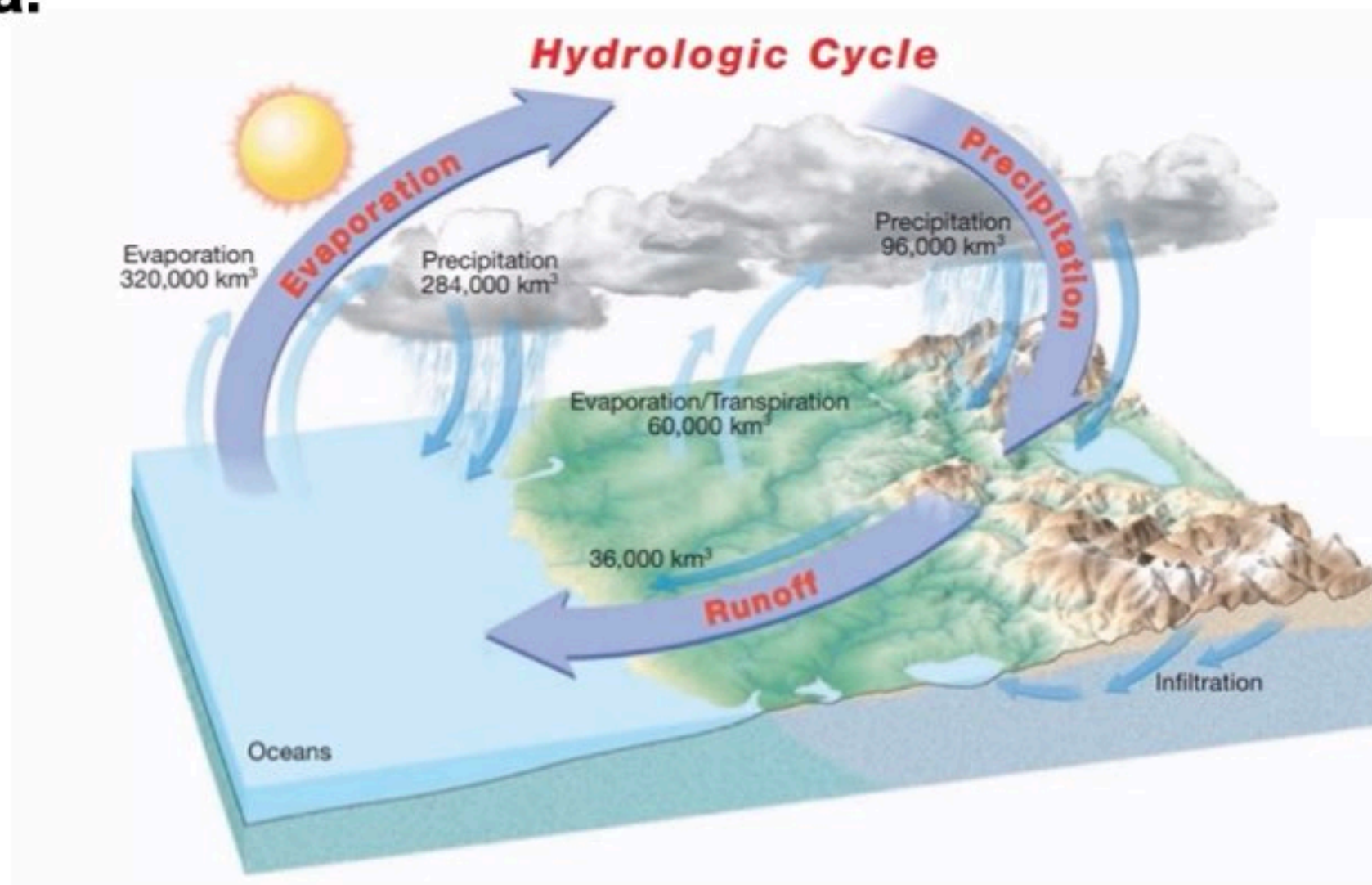
- F. Javier Sánchez San Román. **Hidrología Superficial y Subterránea**. Createspace Independent. 2017. [ISBN 978-1975606602](#).

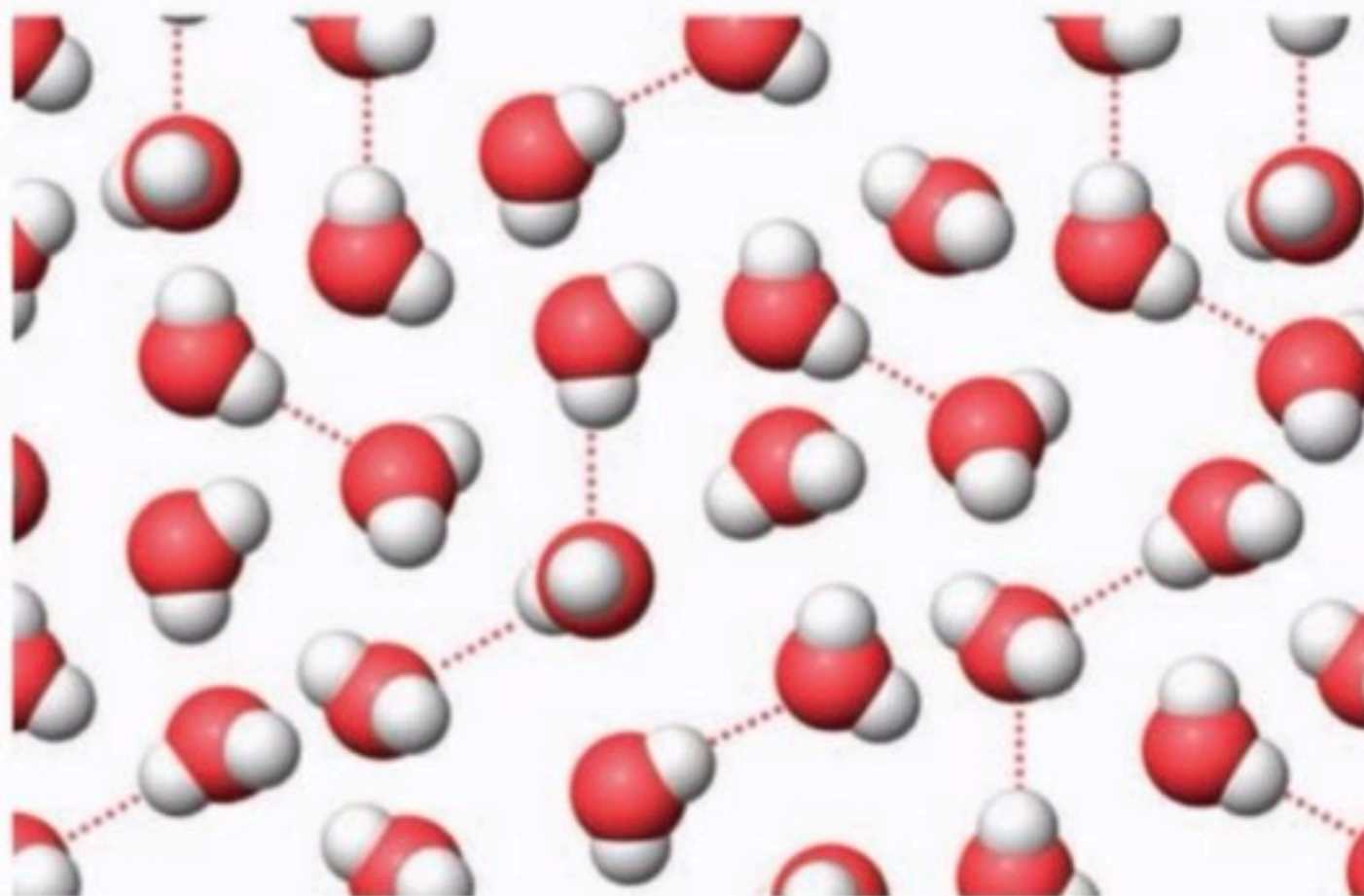
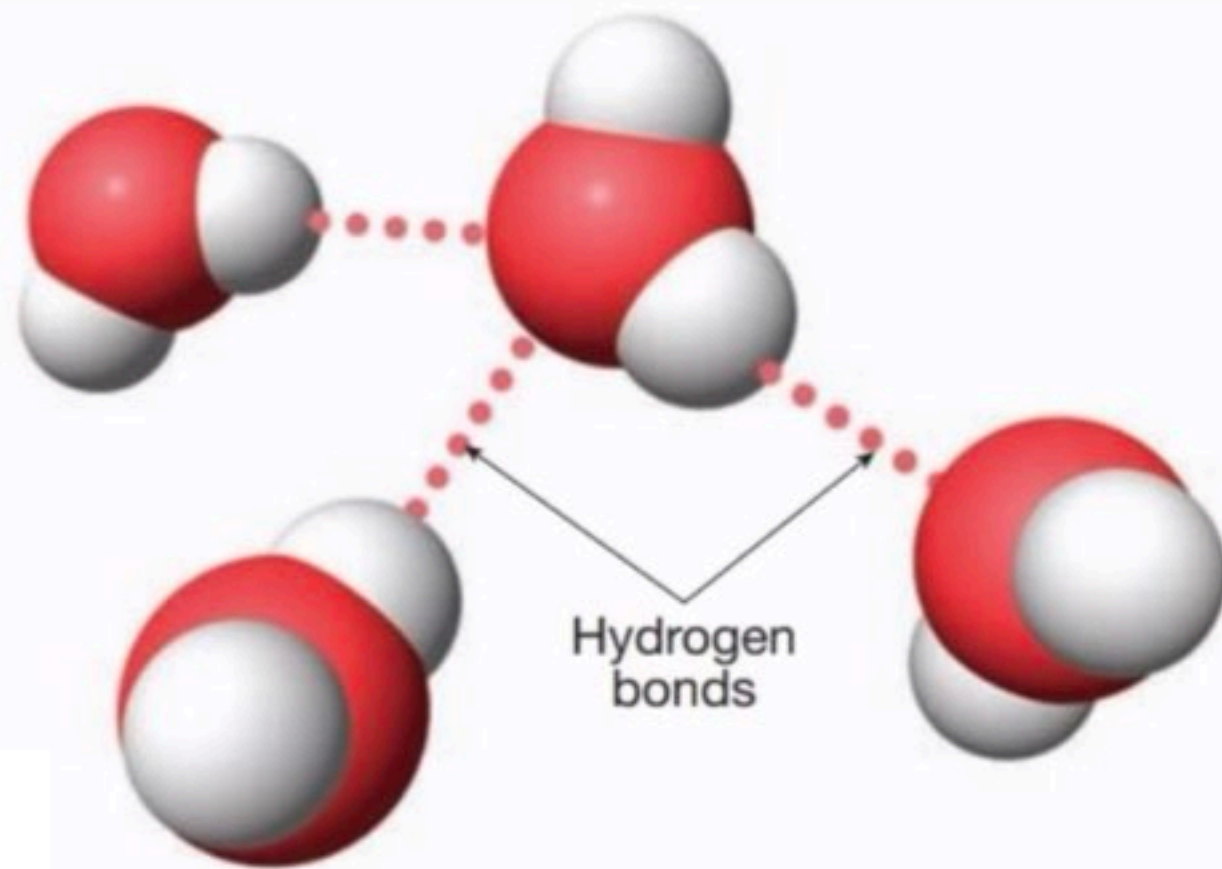
Material de l'autor disponible a: <http://hidrologia.usal.es/temas.html>

EL CICLE HIDROLÒGIC

El cicle hidrològic (o cicle de l'aigua) és essencialment un **conjunt de processos que permeten el flux i el transport de l'aigua a escala planetària: és essencialment sempre la mateixa.**

Donat que l'aigua és la moneda bàsica per l'intercanvi natural d'energia en forma de calor al nostre planeta, el cicle de l'aigua és també **el mecanisme bàsic del transport natural de l'energia a escala planetària.**

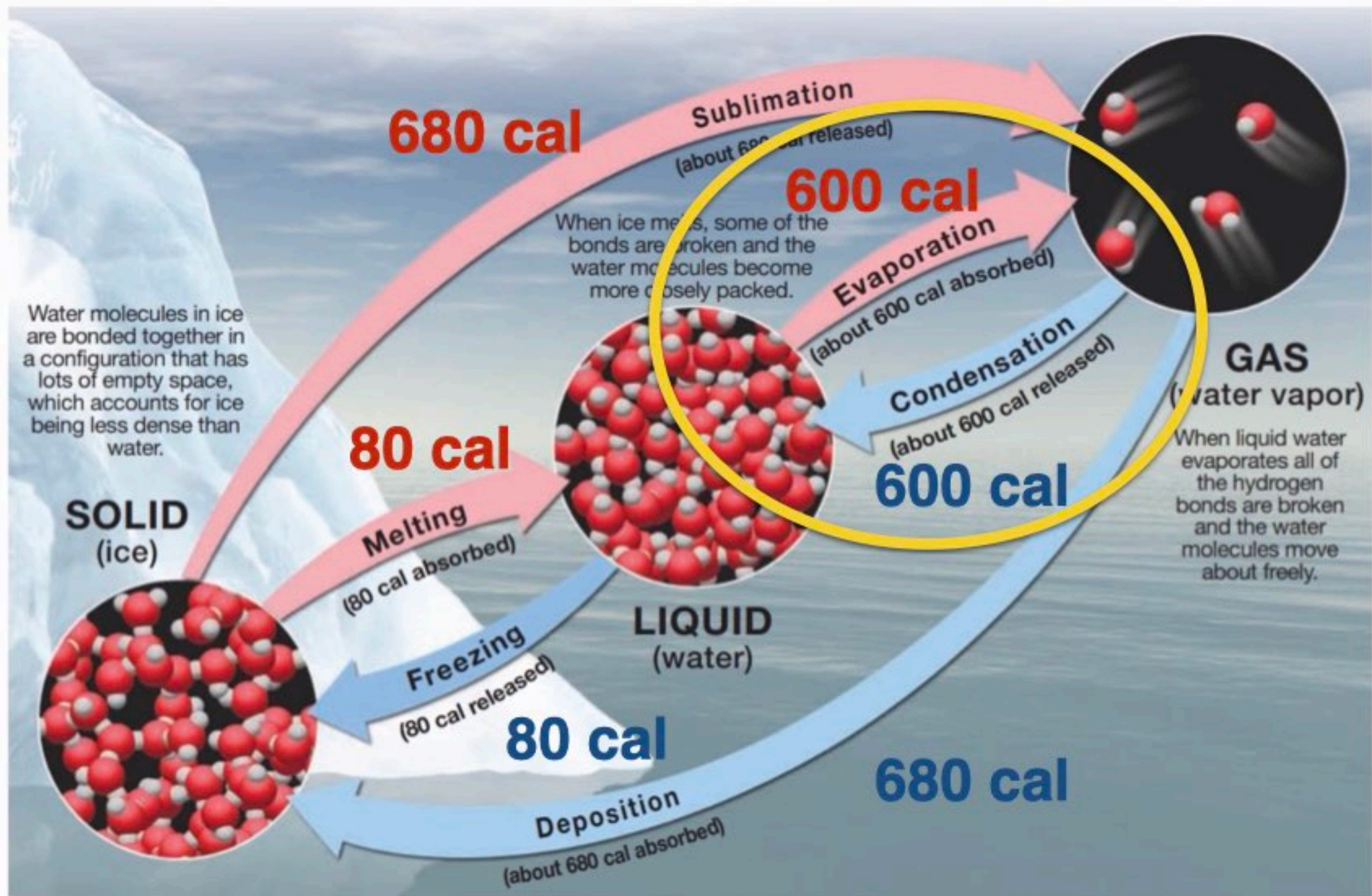




L'enllaç per pont d'hidrògen de la molècula d'aigua

Les molècules d'aigua s'uneixen entre elles mitjançant enllaços per pont d'hidrogen. Aquests enllaços uneixen per interacció electrostàtica, augmentada per la petita grandària dels àtoms d'hidrogen, un d'ells en una molècula d'aigua amb un d'oxigen en una altra. En estat líquid, l'aigua consisteix en grups de molècules d'aigua unides entre si per enllaços d'hidrogen, que es trenquen i es formen contínuament, donant a l'aigua líquida la seva naturalesa fluida.

Aquests enllaços li donen a l'aigua propietats que la diferencien d'altres fluids



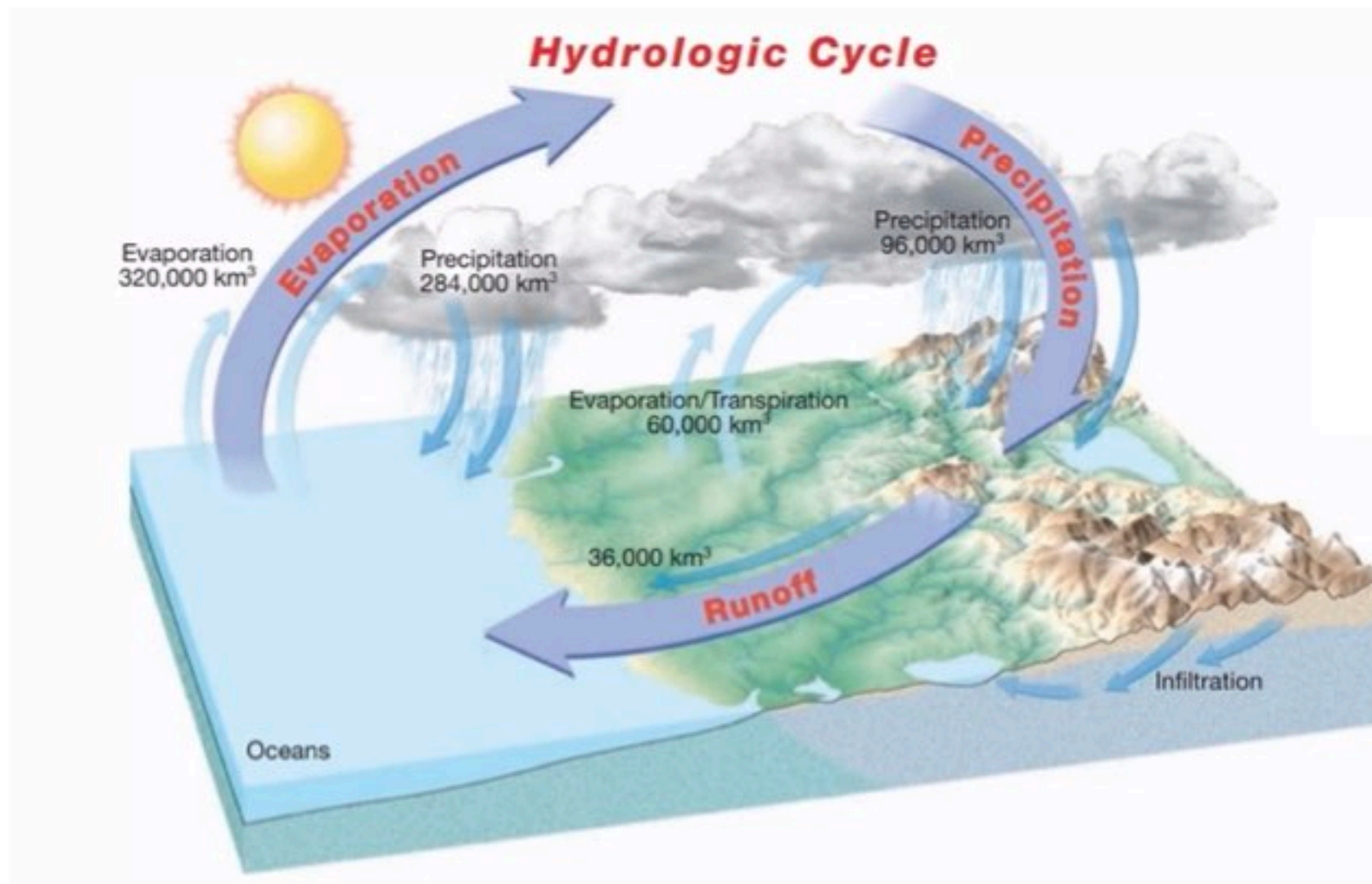
Qualsevol canvi d'estat sempre implica un intercanvi d'energia en forma de calor.

Les quantitats que es mostren aquí són les calories absorbides o alliberades quan 1 gram d'aigua canvia d'un estat de matèria a un altre

EL CICLE HIDROLÒGIC

Així podem dir que el **CICLE HIDROLÒGIC** tracta essencialment dels **FENOMENS DE TRANSPORT DE MATERIA I ENERGIA** que al nostre planeta estan essencialment associats als dos fluids més importants: **l'aire i l'aigua**, que composen l'atmosfera i la hidrosfera.

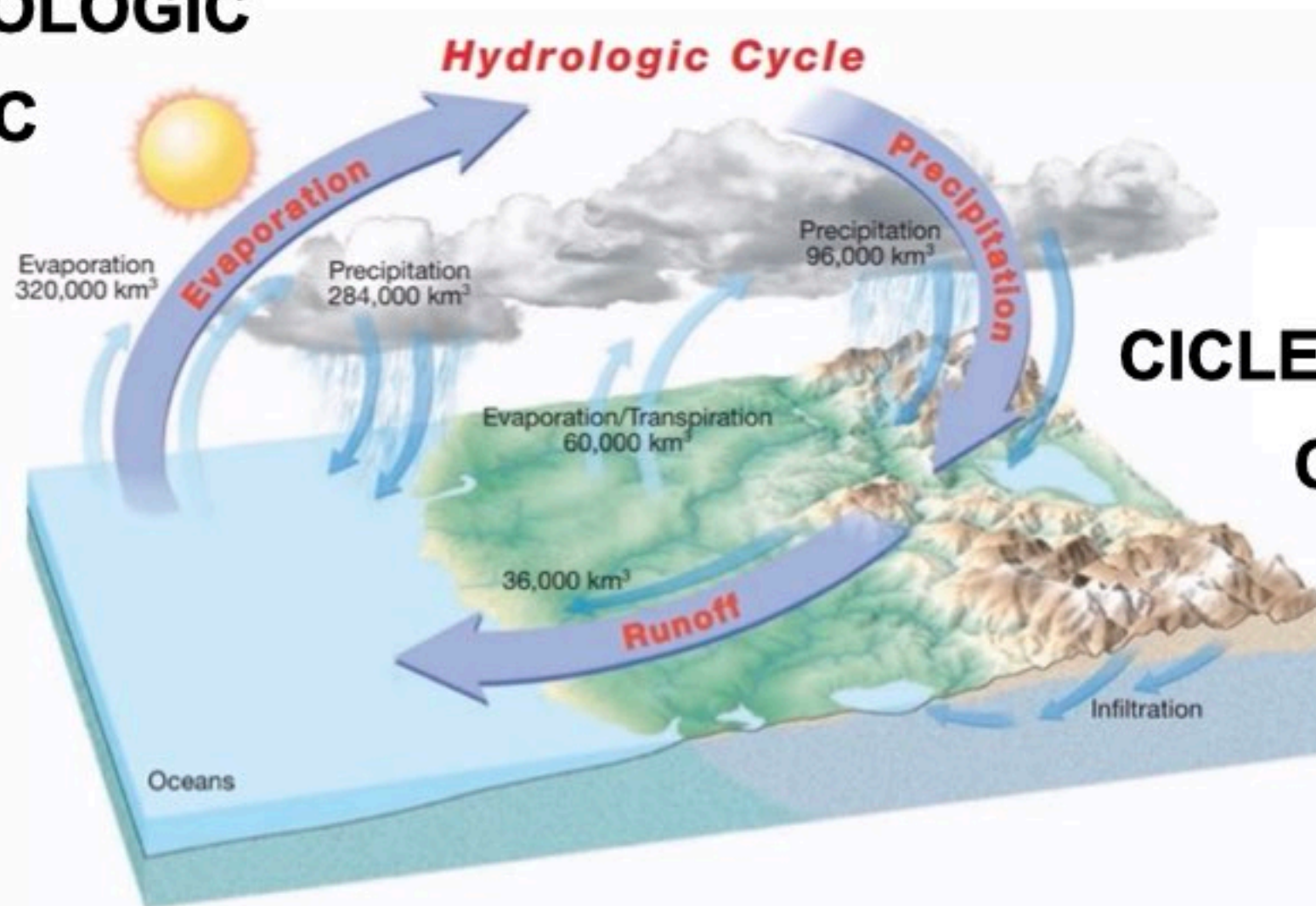
L'aigua és a més un element fonamental de l'atmosfera, que a més determina les seves característiques físiques i termodinàmiques.



EL CICLE HIDROLÒGIC

Dividirem el Cicle de l'aigua en dues parts fonamentals: El cicle de l'aigua atmosfèric i el cicle de l'aigua continental

CICLE HIDROLÒGIC ATMOSFÈRIC



CICLE HIDROLÒGIC CONTINENTAL

EL CICLE HIDROLÒGIC

Dividirem el Cicle de l'aigua en dues parts fonamentals: El cicle de l'aigua atmosfèric i el cicle de l'aigua continental

L'objectiu de l'assignatura és entendre:

- 🕒 Els fluxos de transport de l'aigua a escala planetaria.
- 🕒 Els fluxos de transport d'energia que els acompanyen.
- 🕒 Com aquests fluxos d'energia generen les grans corrents atmosfèriques i oceàniques.
- 🕒 Els processos d'interacció de l'aigua amb la geosfera, que determinen el cicle hidrològic continental.
- 🕒 Com podem utilitzar el cicle hidrològic per proveir-nos d'aigua i protegir-nos dels riscos associats

L'AIGUA ES ESSENCIAL PER LA VIDA

L'aigua és essencial per la vida (els essers vius estan compostats essencialment d'aigua).

Pràcticament, sense aigua no hi ha vida.

TOTAL DEL AGUA



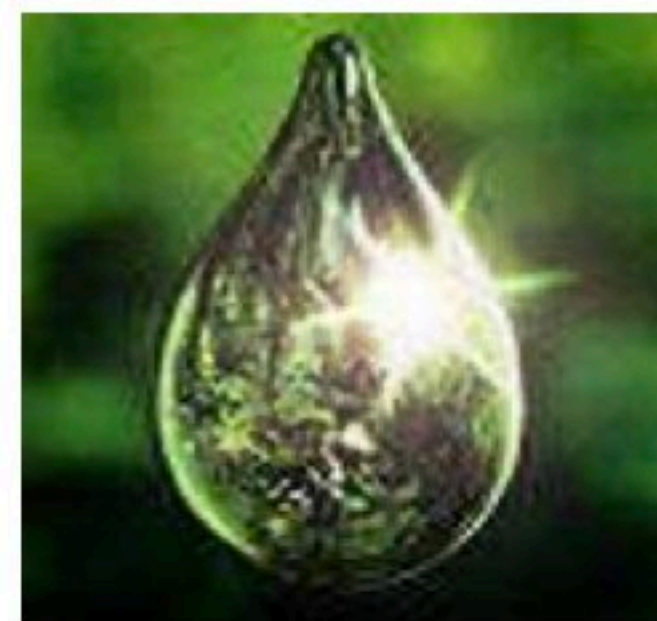
10 LITROS (100%)

AGUA DULCE



300cc (3%)

**AGUA DULCE
DISPONIBLE**



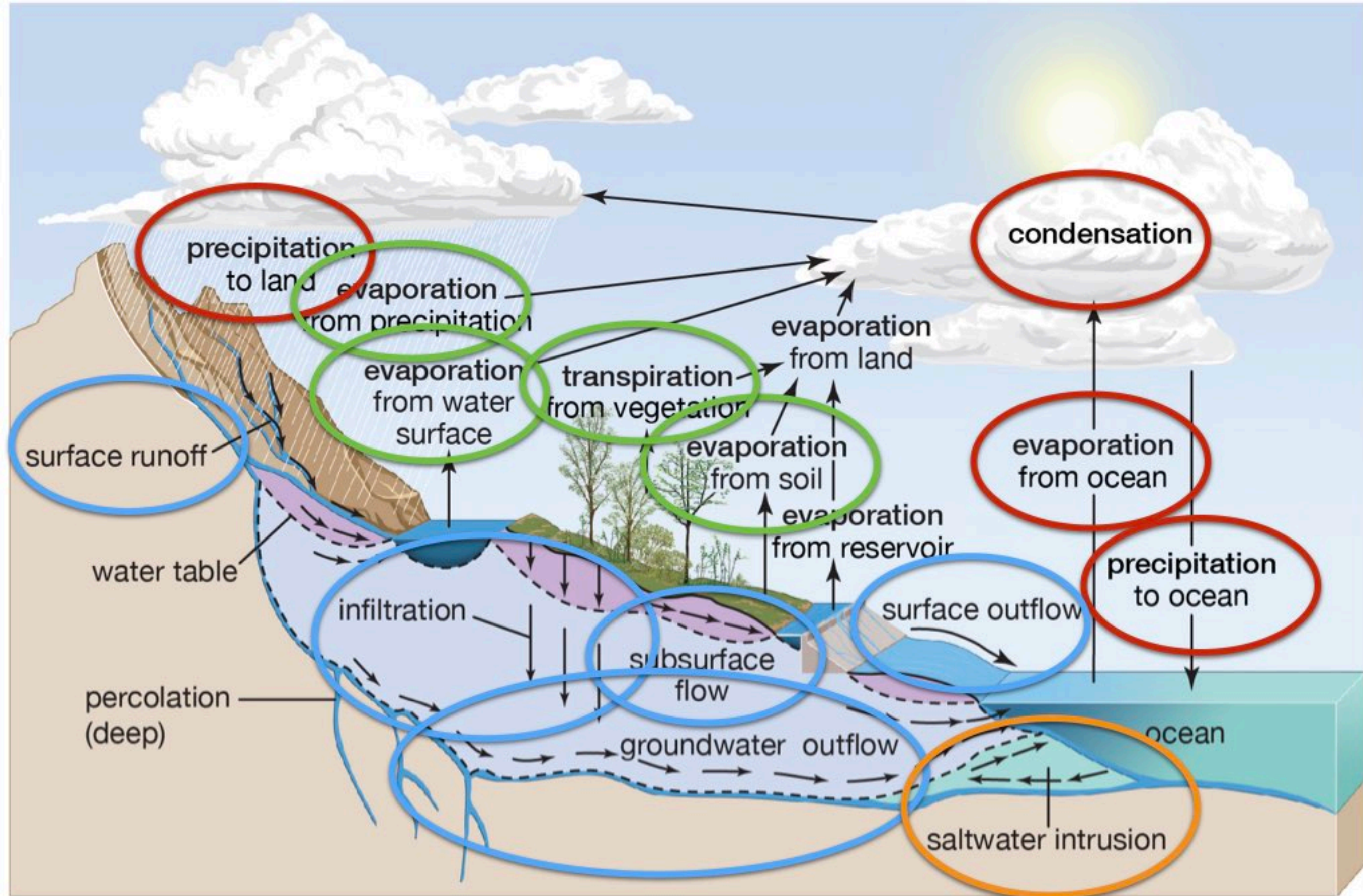
0,2 cc (0,002%)

Si el total de l'aigua del planeta estigués continguda en una ampolla de 10 l (el 100% de l'aigua), el 97% de l'aigua seria salada (els mars), llavors un got amb 300 cm³ correspondria a l'aigua dolça (3% d'aigua dolça). Com total la majoria de l'aigua dolça es troba en els casquets polars o és subterrània, el que la fa de difícil accés, i només el 0,002% es troba en llacs i rius, això representa a penes unes gotes d'aigua dolça de fàcil accés del total dels 10 litres d'aigua.

EL CICLE HIDROLÒGIC

Moltissims videos disponibles a internet, mot bons.
Jo he triat aquest de la NASA

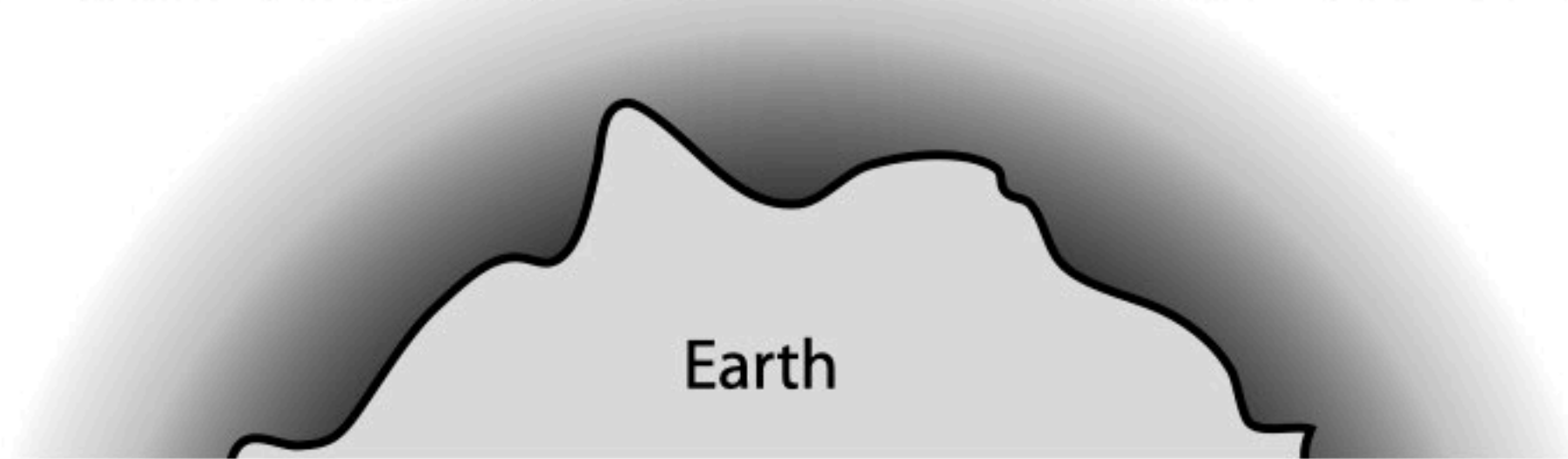
<https://www.youtube.com/watch?v=oaDkph9yQBs>



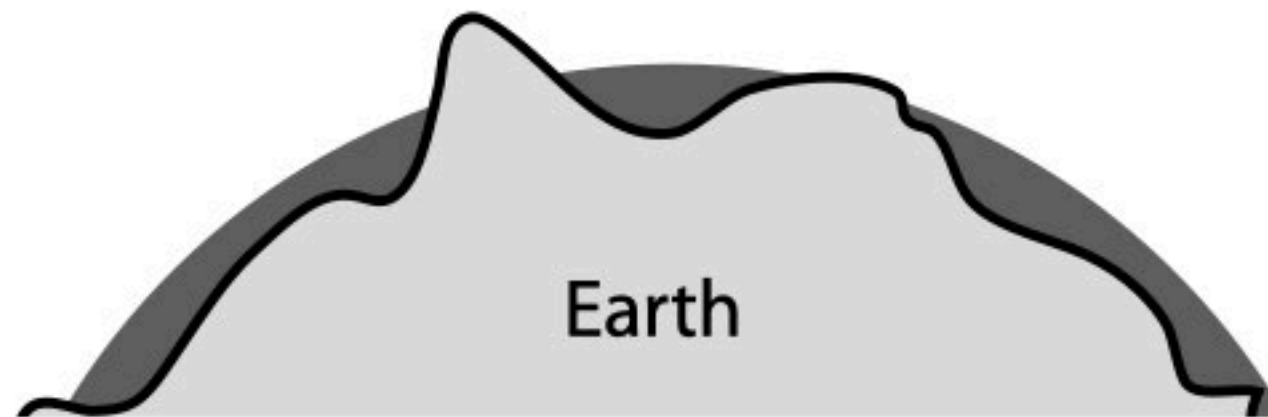
ocean covers 71 percent of Earth's surface
196,950,000 sq mi (510,000,000 sq km)

Diferència entre els fluids de l'Atmosfera i els Oceans

Compressible *atmosphere* - No definite upper boundary



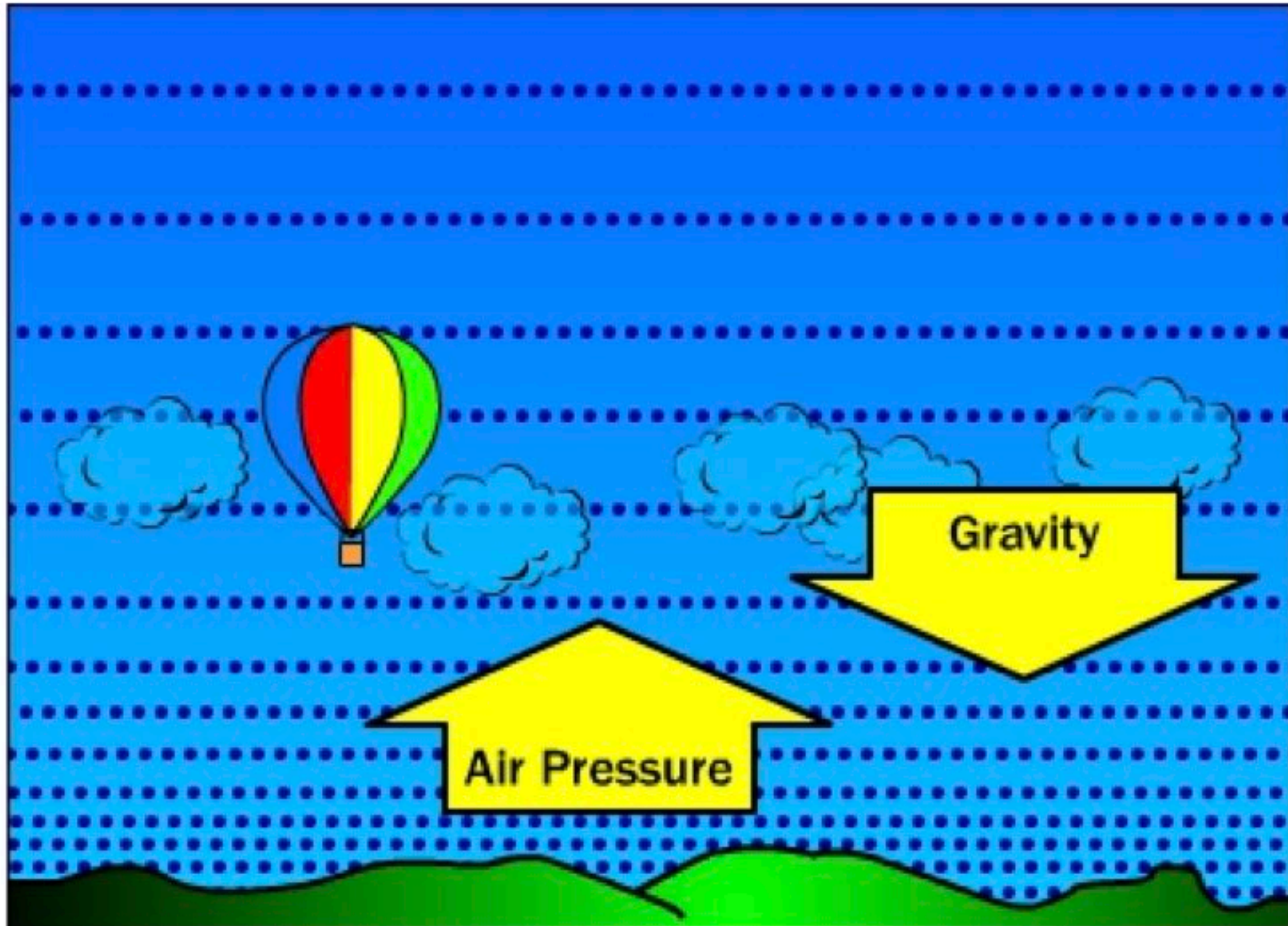
Incompressible *ocean* - Well-defined upper boundary



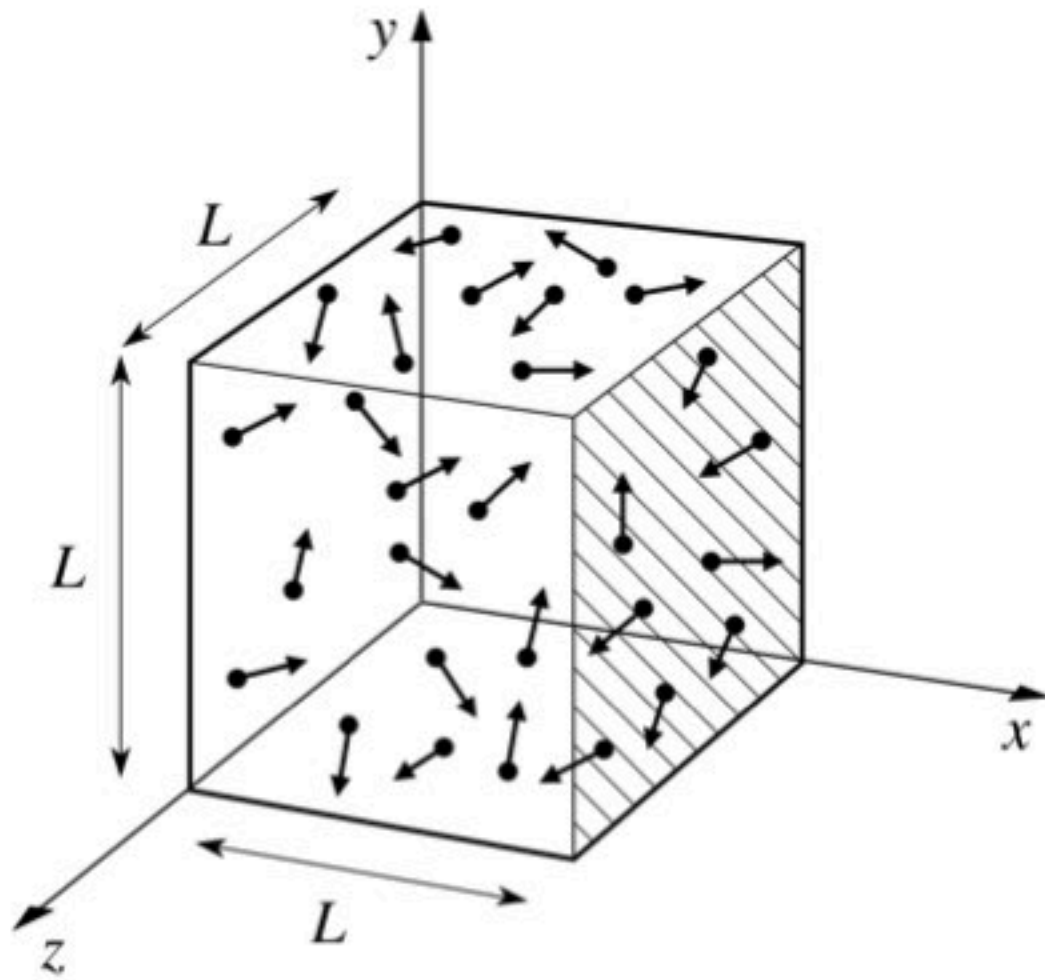
La pressió atmosfèrica cap a on augmenta?

L'augment és lineal amb l'alçada, com en el cas dels oceans?

ATMOSFERA: FLUID COMPRESSIBLE



EQUACIO DELS GASOS IDEALS



LLEIS DELS GASOS IDEALS

$$PV = \text{constant} \quad \text{a } T=\text{ct (Llei de Boyle)}$$

Amb la temperatura en K,

$$\frac{V}{T} = \text{constant} \quad \text{a } P=\text{ct (Llei de Charles)}$$

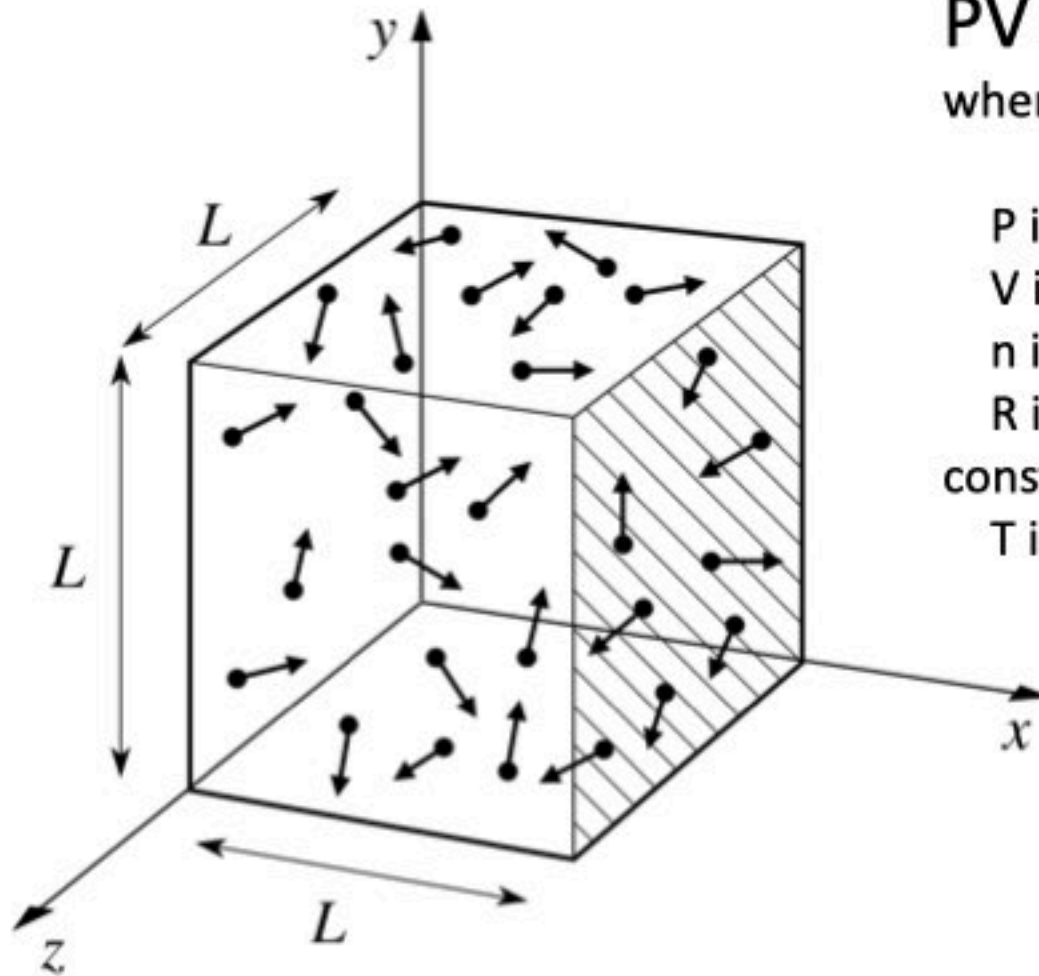
$$\frac{P}{T} = \text{constant} \quad \text{a } T=\text{ct (Llei de Gay-Lussac)}$$

Es combinen en la llei del gas ideal

$$PV = nR^*T$$

P: pressió absoluta [Pa]
V: volum del gas [m³]
n: número de mols [-]
R* = 8.314 J K⁻¹ mol⁻¹ (constant universal dels gasos)
T: temperatura absoluta [K]

EQUACIO DELS GASOS IDEALS



$$PV = nR^*T$$

where:

P is the pressure of the gas,
V is the volume of the gas,
n is the amount of substance of gas (also known as number of moles),
R is the ideal, or universal, gas constant, equal to the product of the Boltzmann constant and the Avogadro constant,
T is the absolute temperature of the gas.

$$p = \rho R_a T$$

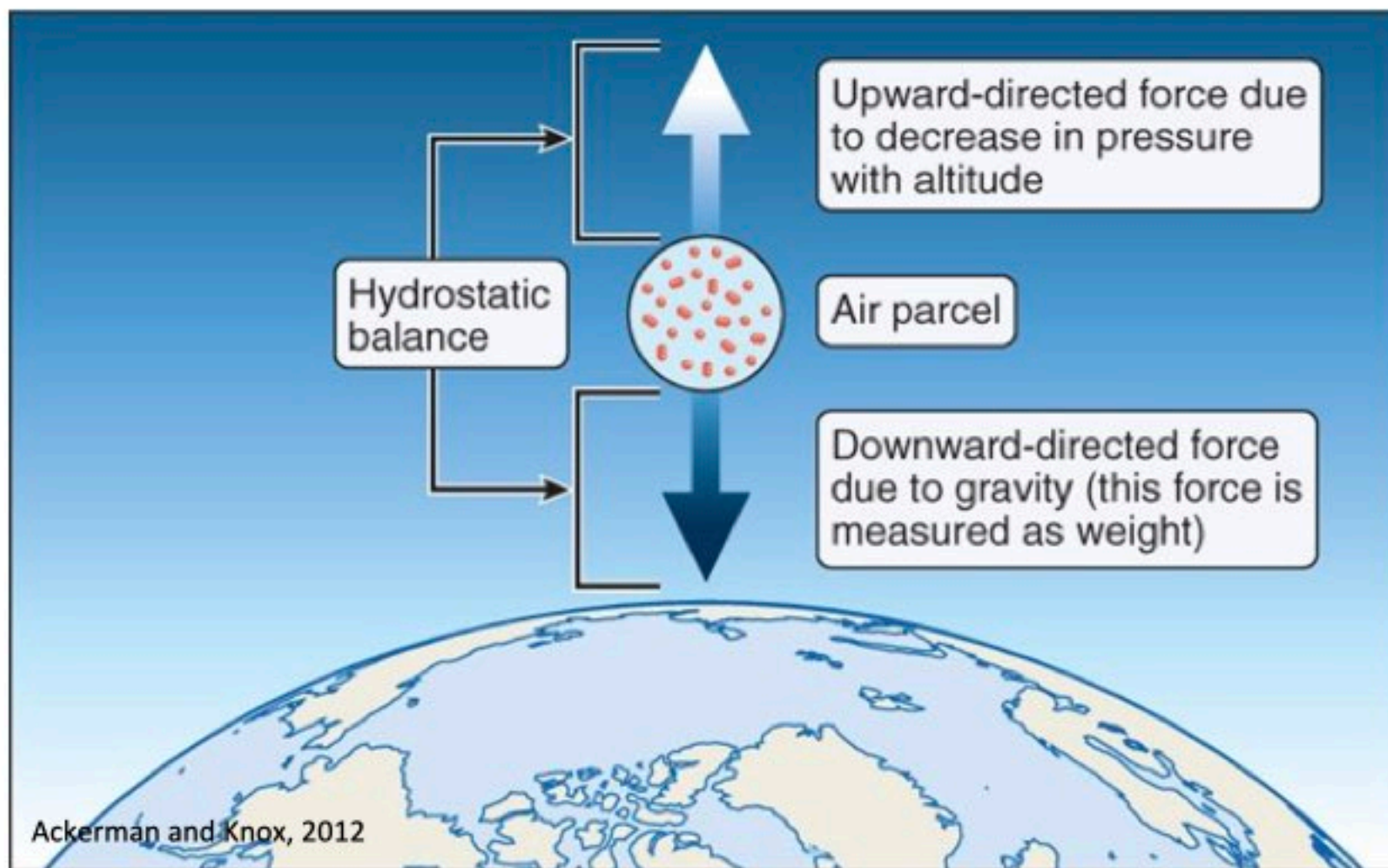
R = Gas constant for dry air

p = pressure

ρ = density

Les variacions de pressió estan relacionats amb canvis de densitat o de Temperatura => La **termodinàmica** serà un tema molt important en l'atmosfera.

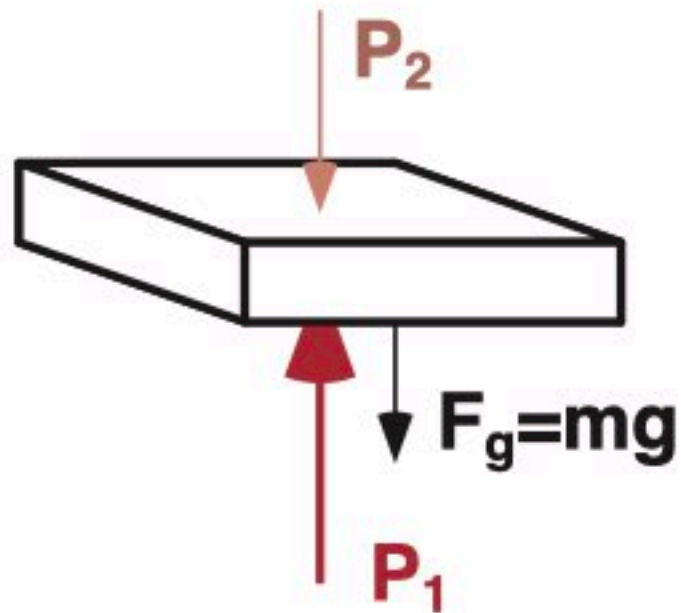
EQUILIBRI HIDROSTATIC



Si considerem una “bombolla” d’aire a l’atmosfera, podem suposar que es troba en equilibri hidrostàtic

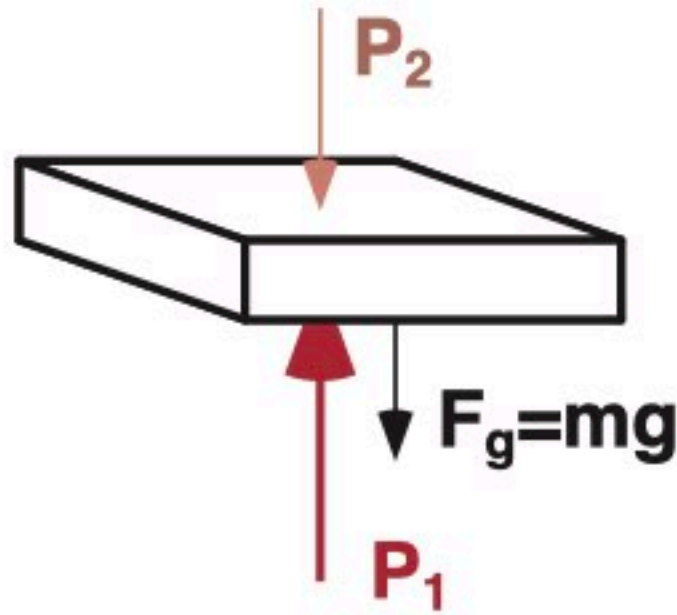
- Hipotesi aproximada (idealització), vàlida si describem l’atmosfera a escala planetària
- Però els models meteorològics avançats seran NO **HIDROSTATICS** (per poder reproduir bé els fenòmens convectius i les tempestes)

EQUILIBRI HIDROSTATIC



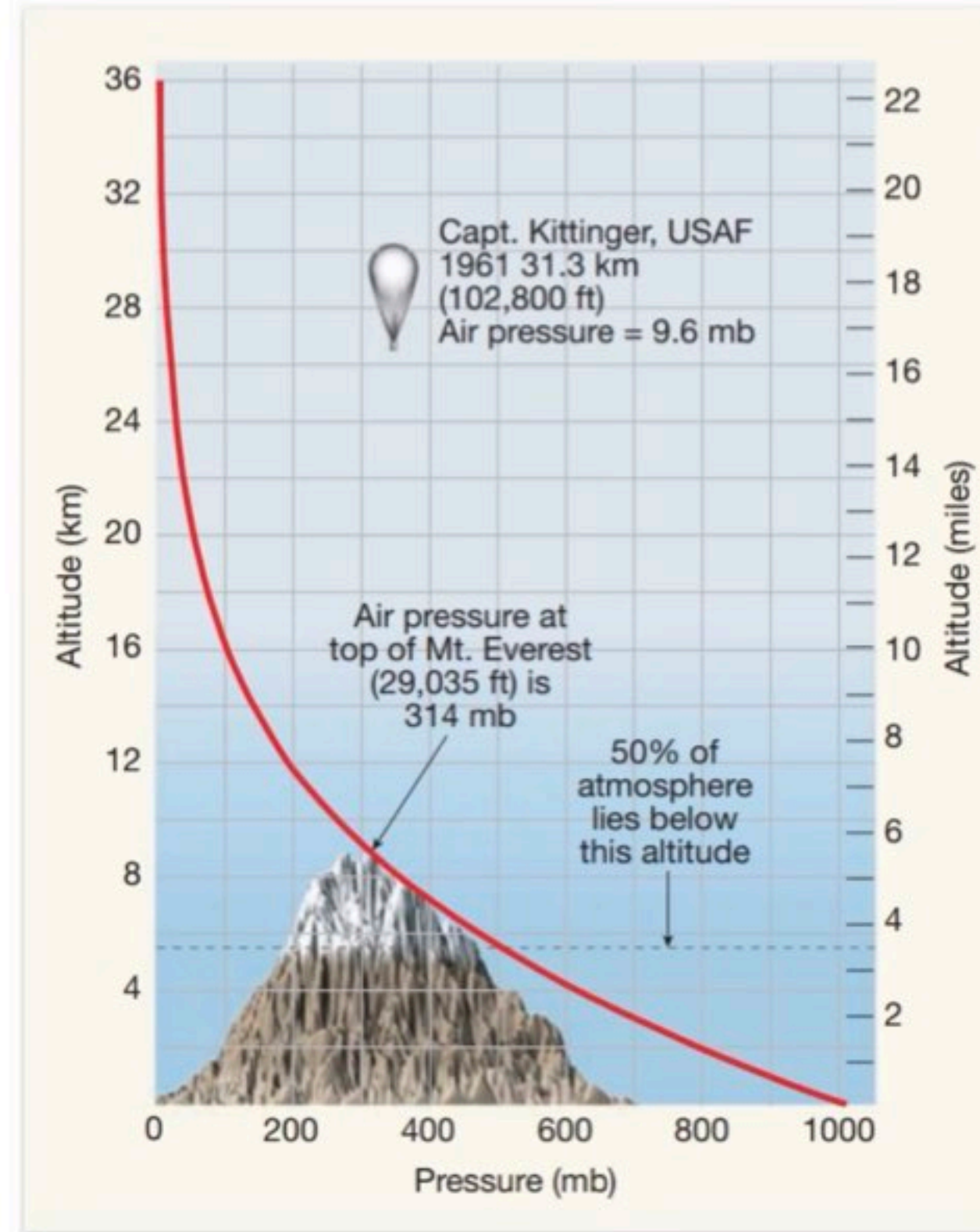
Si considerem una “bombolla” d’aire a l’atmosfera, podem suposar que es troba en equilibri hidrostàtic

EQUILIBRI HIDROSTATIC



Si l'equació de l'equilibri hidrostàtic la combinem amb la llei de gasos ideals, podem arribar a l'equació de variació de P amb alçada sota equilibri hidrostàtic.

La variació de la pressió atmosfèrica decau exponencialment amb l'alçada, amb un pendent que depèn de la Temperatura de l'estrat d'aire.



Exercici 1:

A partir de l'equació de l'equilibri hidrostàtic a l'atmosfera

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

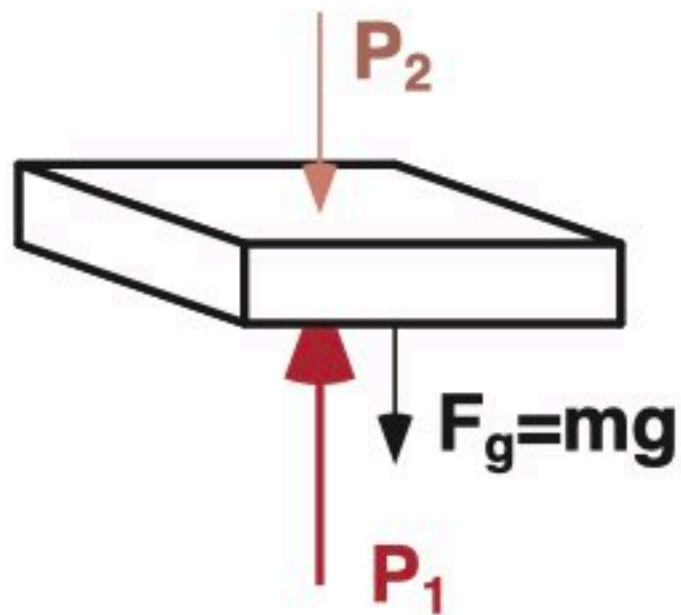
i de la llei dels gasos ideals

$$p = \rho R_a T$$

deduïu algebraicament l'equació de la variació de la pressió atmosfèrica amb l'alçada sobre la superfície de la terra $p(z)$, també anomenada equació hipsomètrica de la pressió atmosfèrica

EXERCICI A ENTREGAR PER ATENEA el 10/03/2023

EQUACIÓ HIPSONÈTRICA

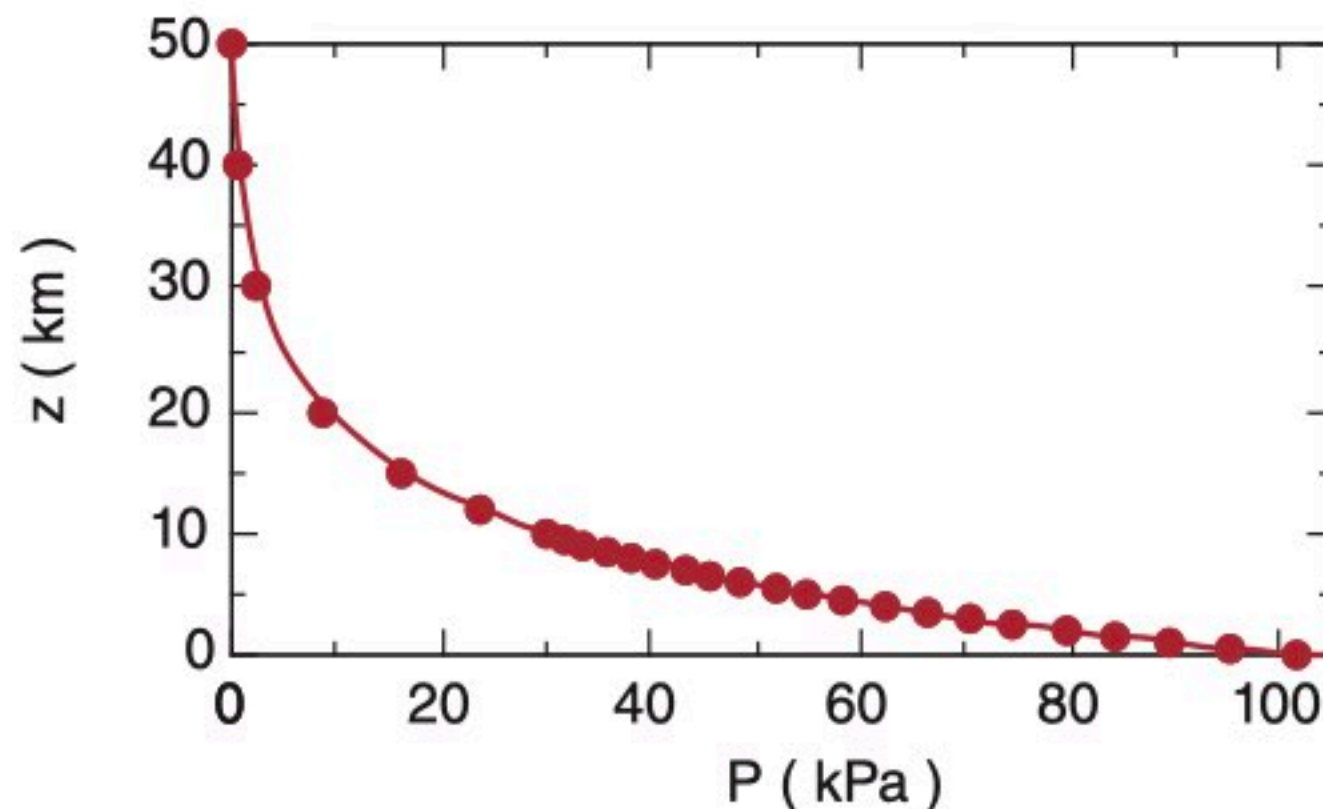


$$z_2 - z_1 \approx a \cdot \bar{T}_v \cdot \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \exp \left(\frac{z_1 - z_2}{a \cdot \bar{T}_v} \right)$$

$$a = R_d / g = 29.3 \text{ m K}^{-1}$$

$\bar{T}_v$ = Temperatura virtual promig a la capa entre z_1 i z_2



TEMPERATURA VIRTUAL

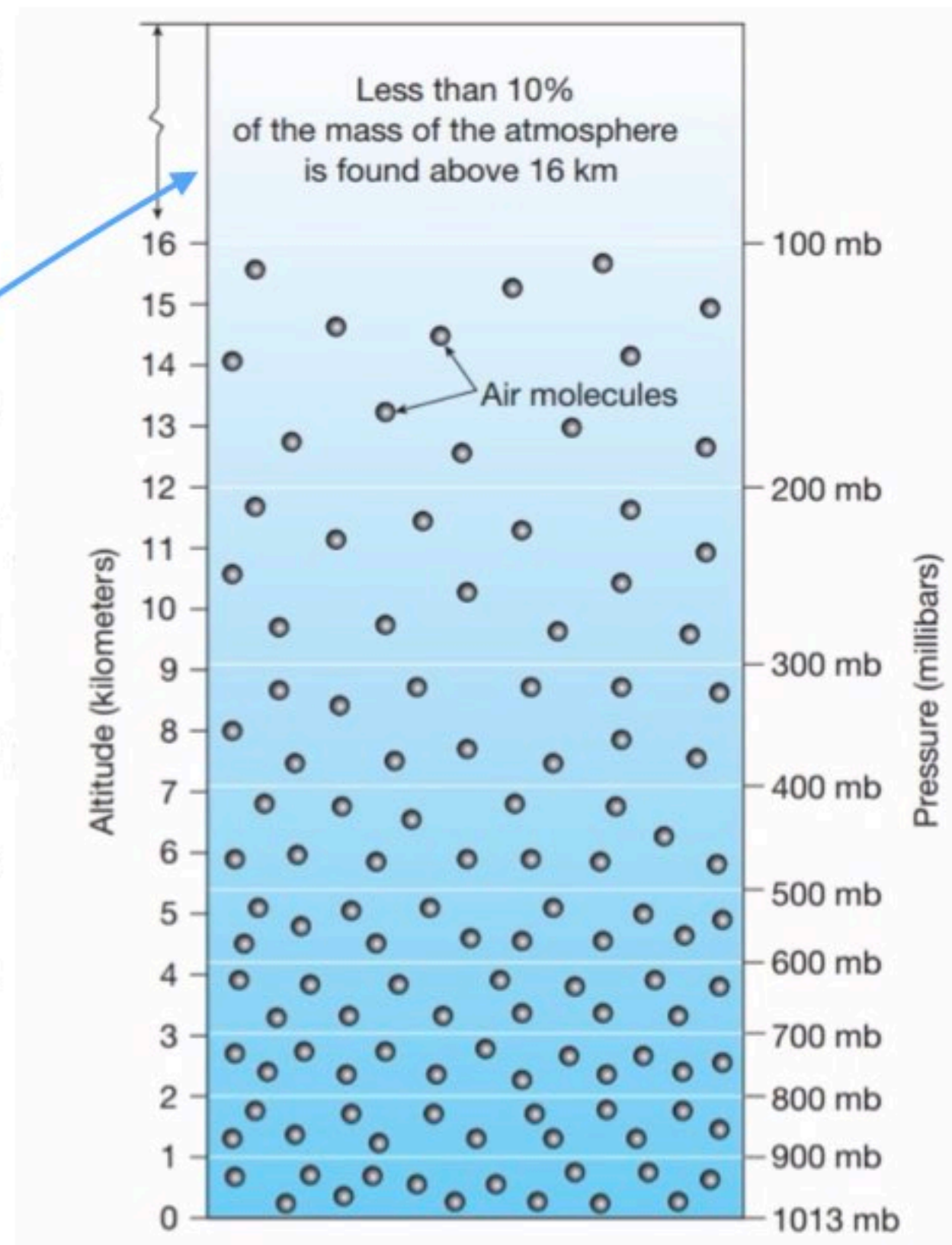
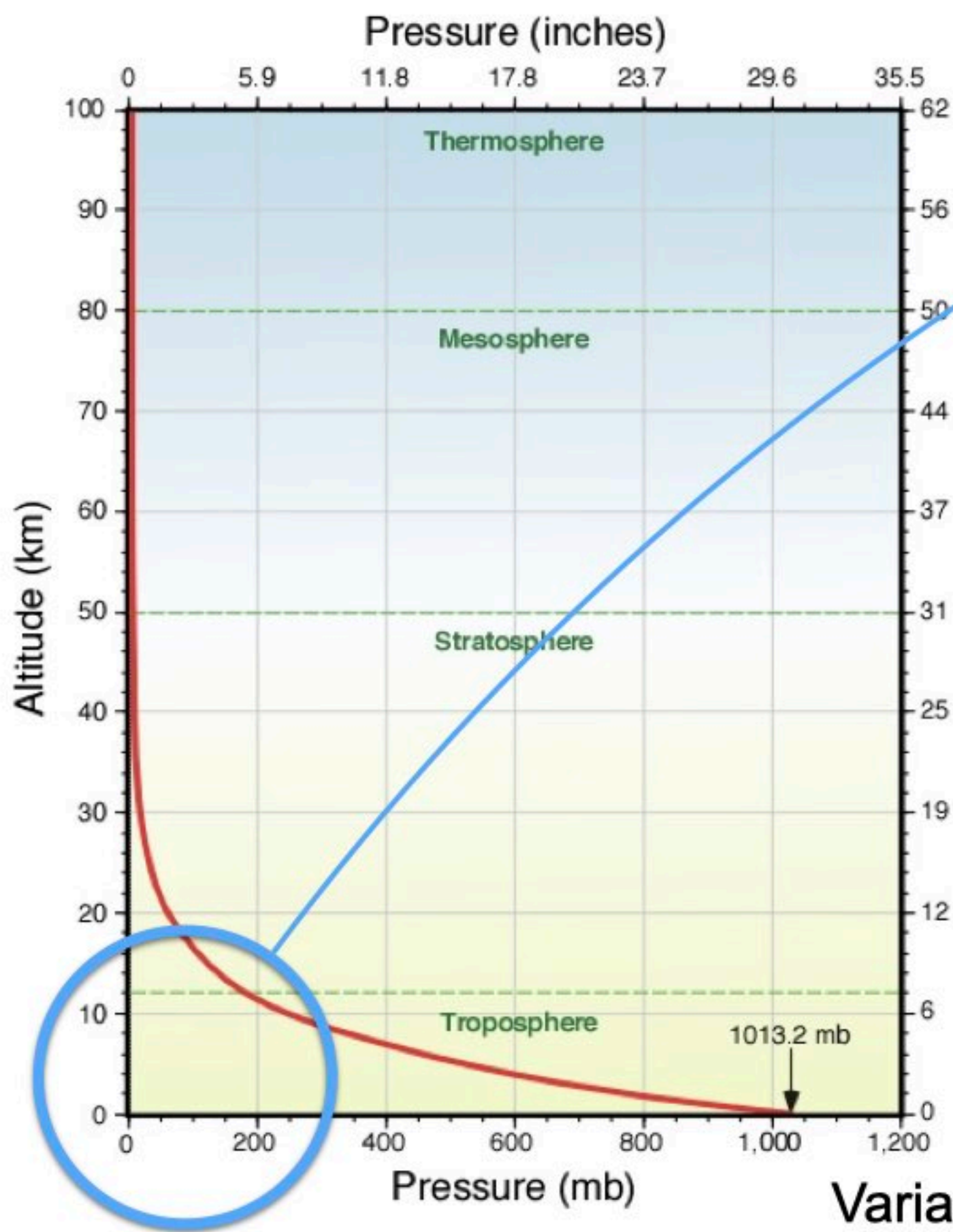
$$T_v \approx (1 + 0.61q)T$$

La **temperatura virtual** d'una bombolla d'aire humit és la temperatura a la qual una bombolla d'aire sec tindria una pressió i densitat total igual a la bombolla d'aire humit.

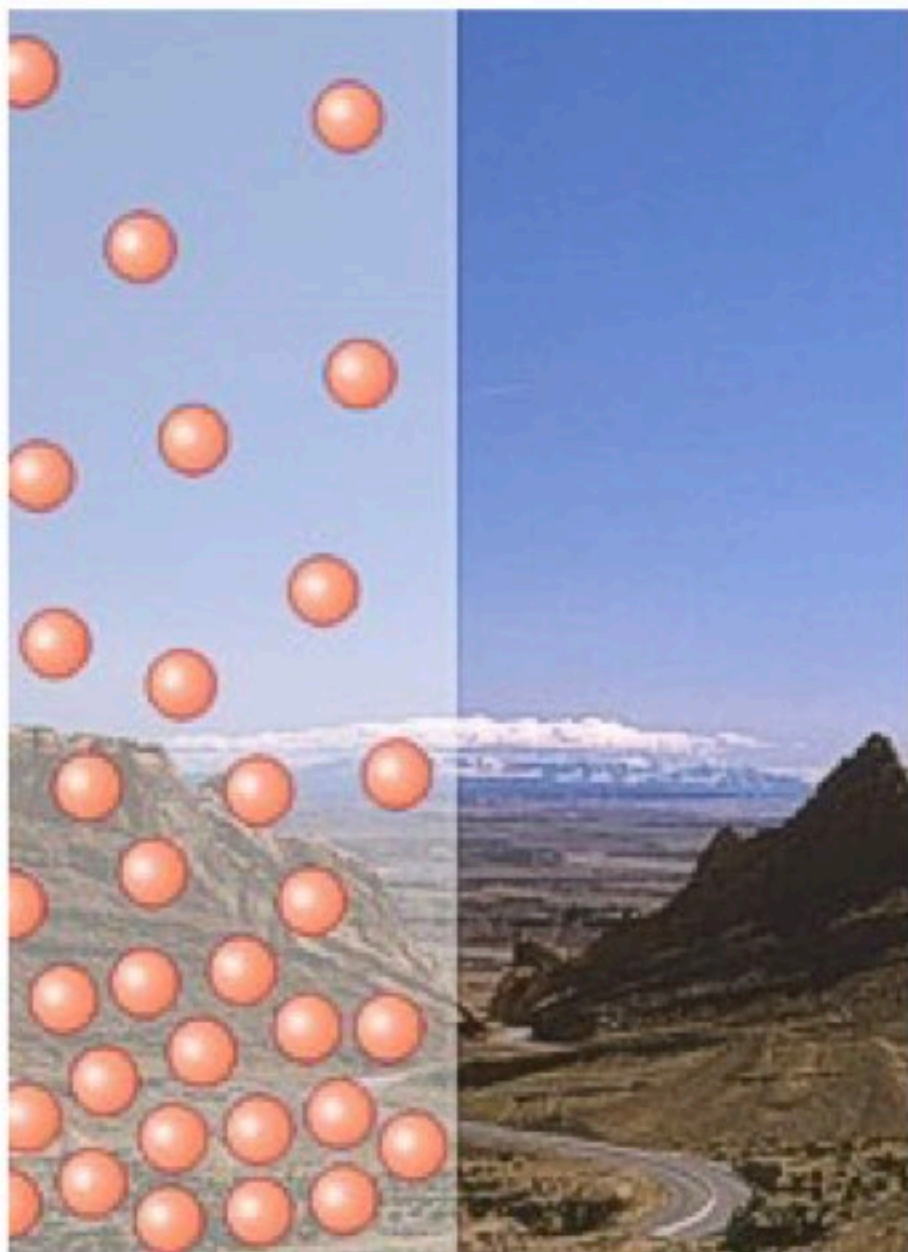
q és la humitat específica de la bombolla d'aire humit expressada com

$$q = \frac{M_v}{M_v + M_d} = \frac{\rho_v}{\rho_v + \rho_d}$$

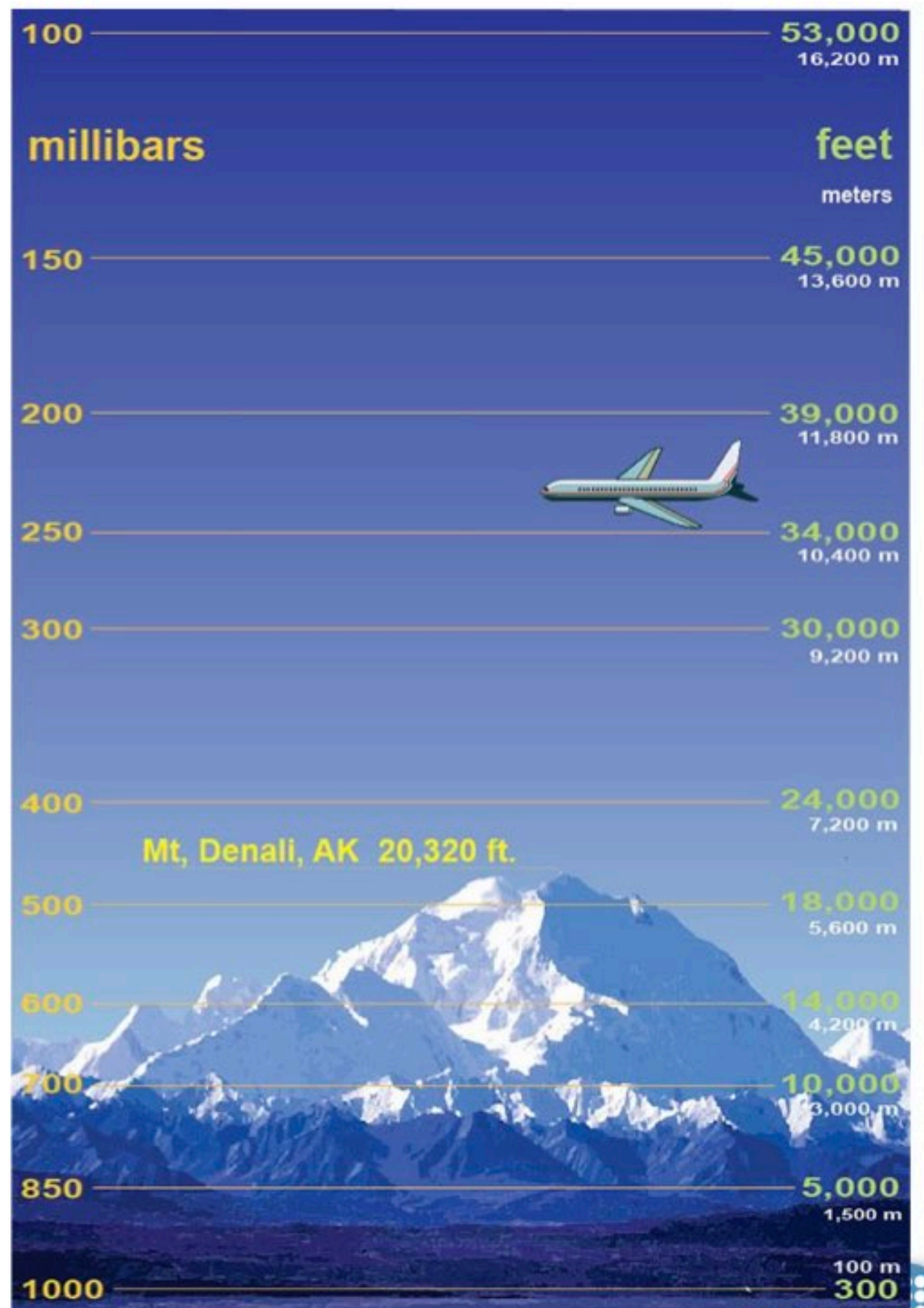
L'utilització de la temperatura virtual fa que les equacions meteorològiques siguin MOLT menys complicades.



Variació de la pressió en una atmosfera estandard: cada estrat de 100 mb conté un 10% de la massa atmosfèrica



Gracies a l'equació hipsomètrica (atmosfera estandard), podem expressar l'alçada sobre la superfície de la Terra en termes de Pressió en comptes d'utilitzar metres



Common Units of Pressure

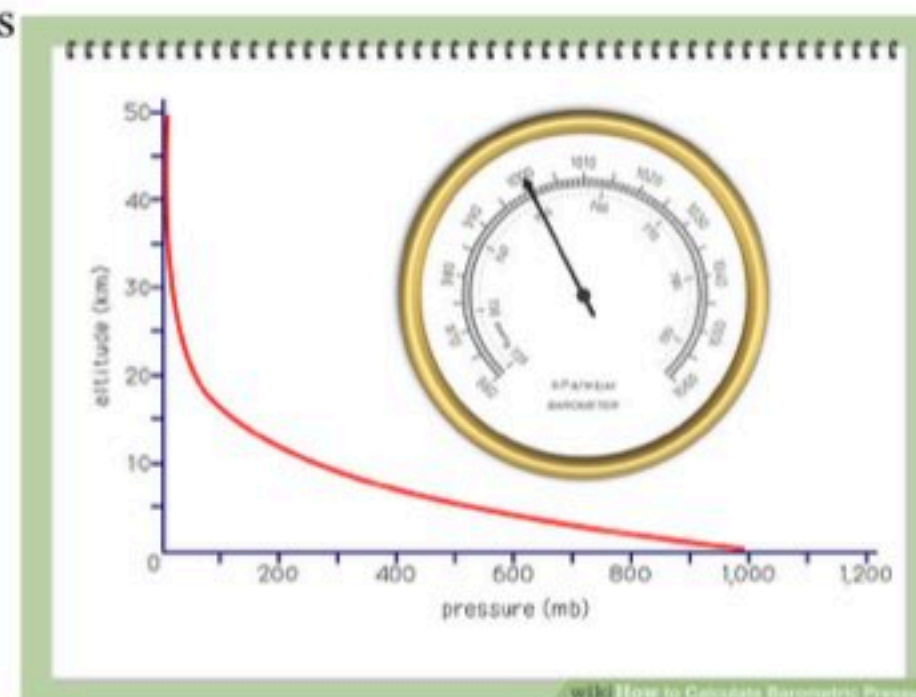
Unit	Atmospheric Pressure	Scientific Field
pascal (Pa); kilopascal(kPa)	1.01325 x 10 ⁵ Pa 101.325 kPa	SI unit; physics, chemistry
atmosphere (atm)	1 atm*	Chemistry
millimeters of mercury (mm Hg)	760 mmHg*	Chemistry, medicine, biology
torr	760 torr*	Chemistry
pounds per square inch (psi or lb/in ²)	14.7 lb/in ²	Engineering
bar	1.01325 bar	Meteorology, chemistry, physics

$$\text{Pa} = \text{Newton/m}^2$$

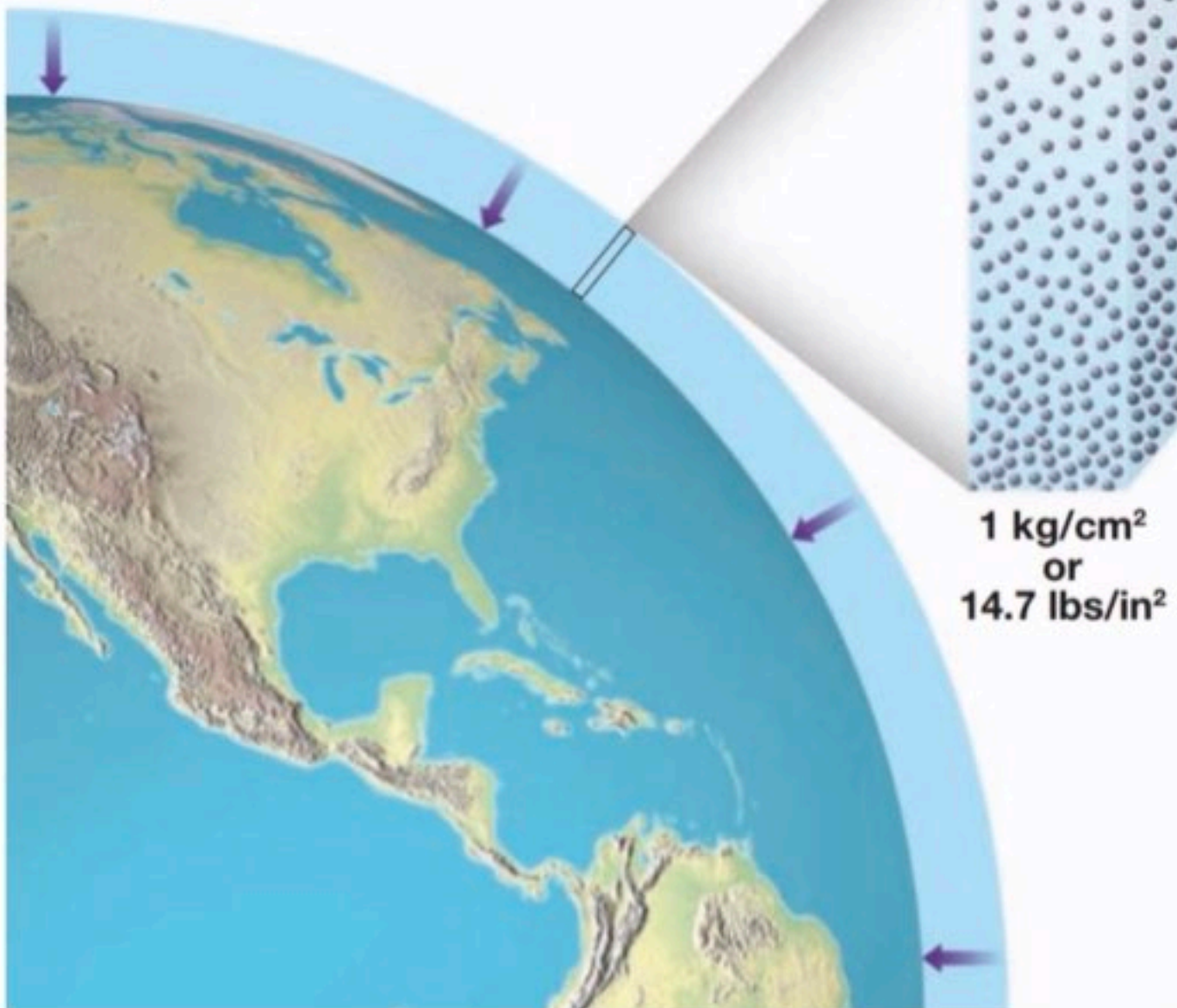
$$100 \text{ Pa} = \text{hPa} = \text{mbar}$$

Work is measured in Joules (J) =
Newton * m

Thus, pressure has units of J/m³
Energy density



Pressure
exerted by the
atmosphere



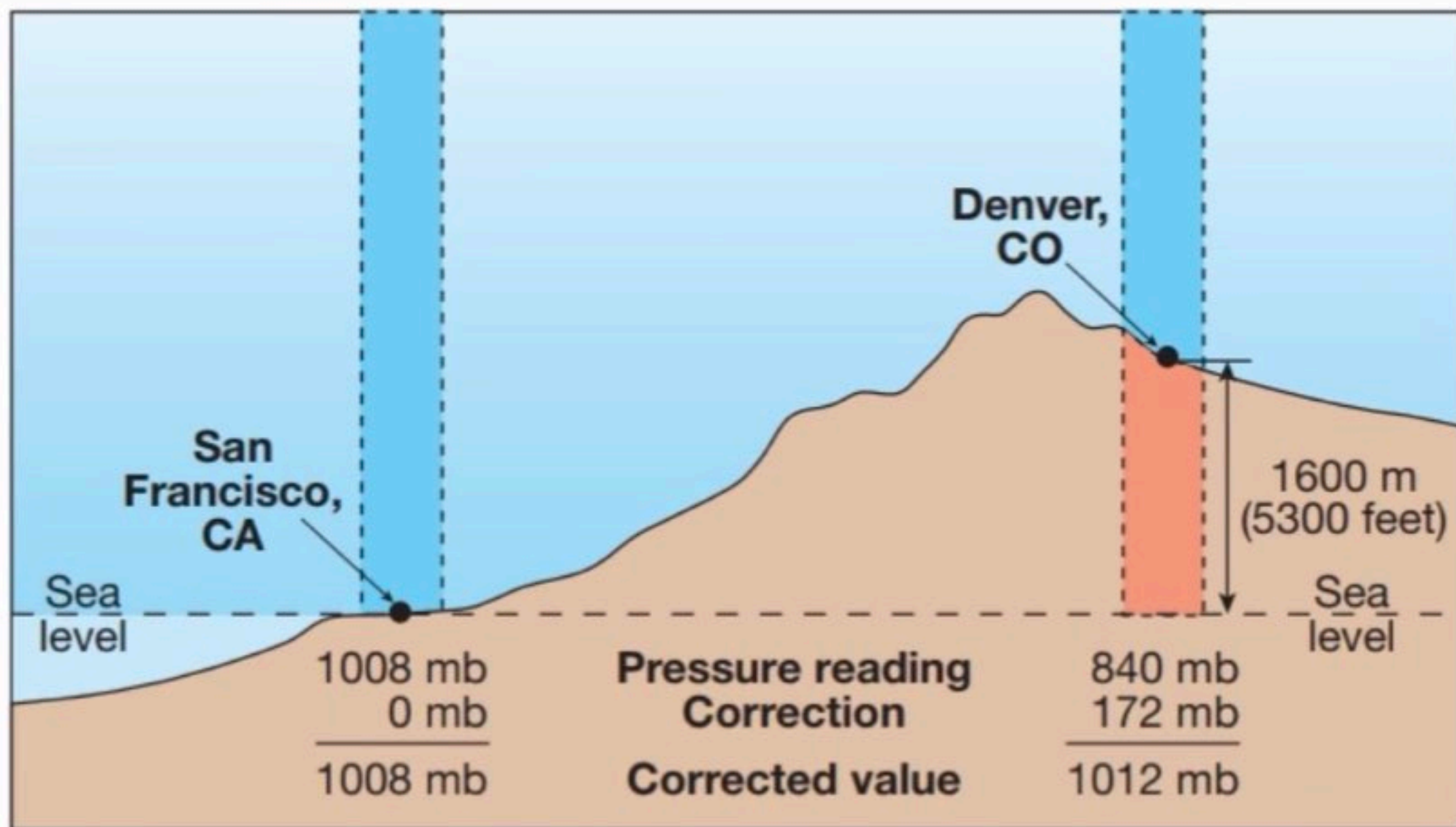
1 kg/cm²
or
14.7 lbs/in²

La pressió atmosfèrica
mitjana a nivell del mar és
aproximadament equivalent
a 1 kg cm⁻²

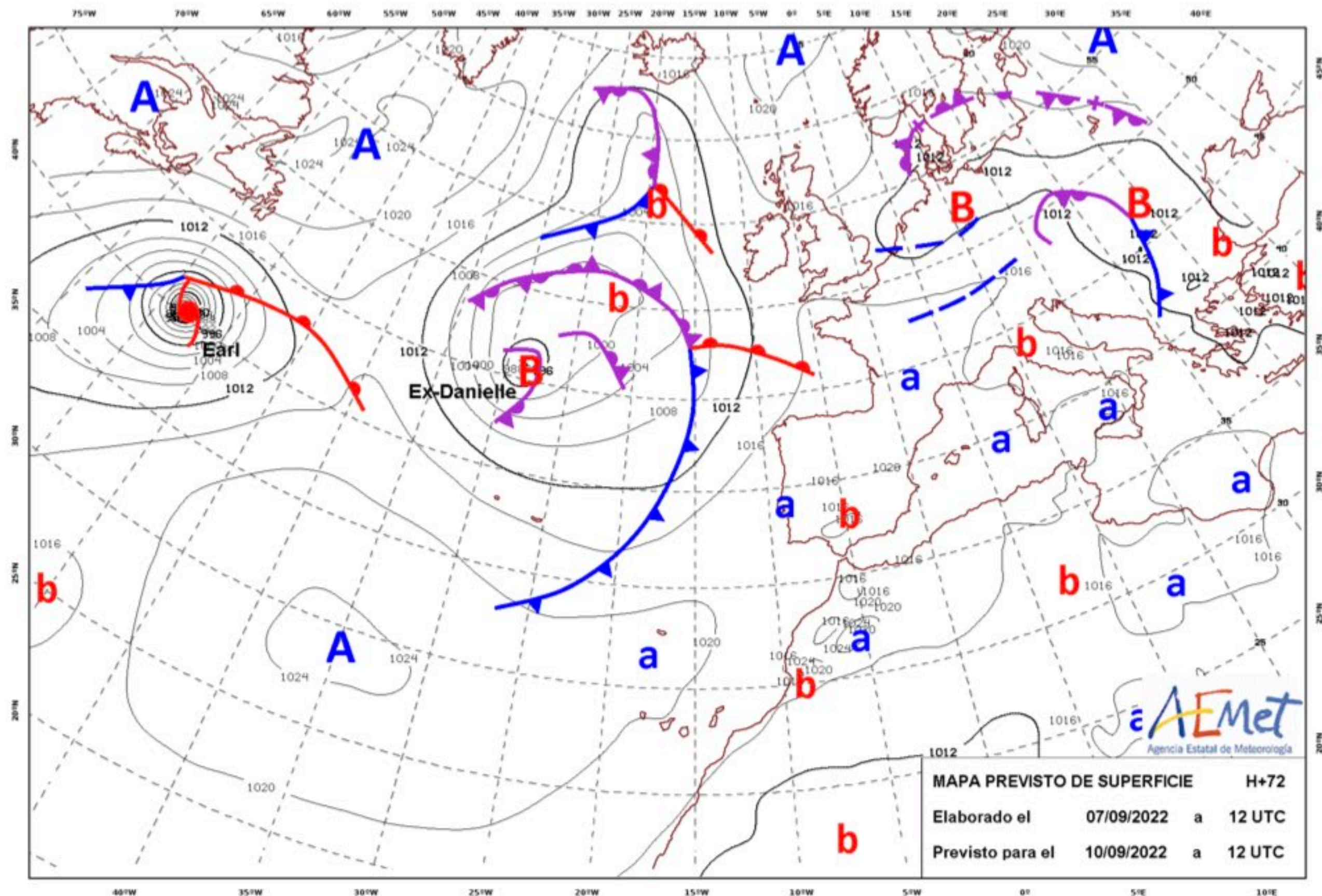
1.013 10⁵ Pa

1013 hPa

1013 mbar

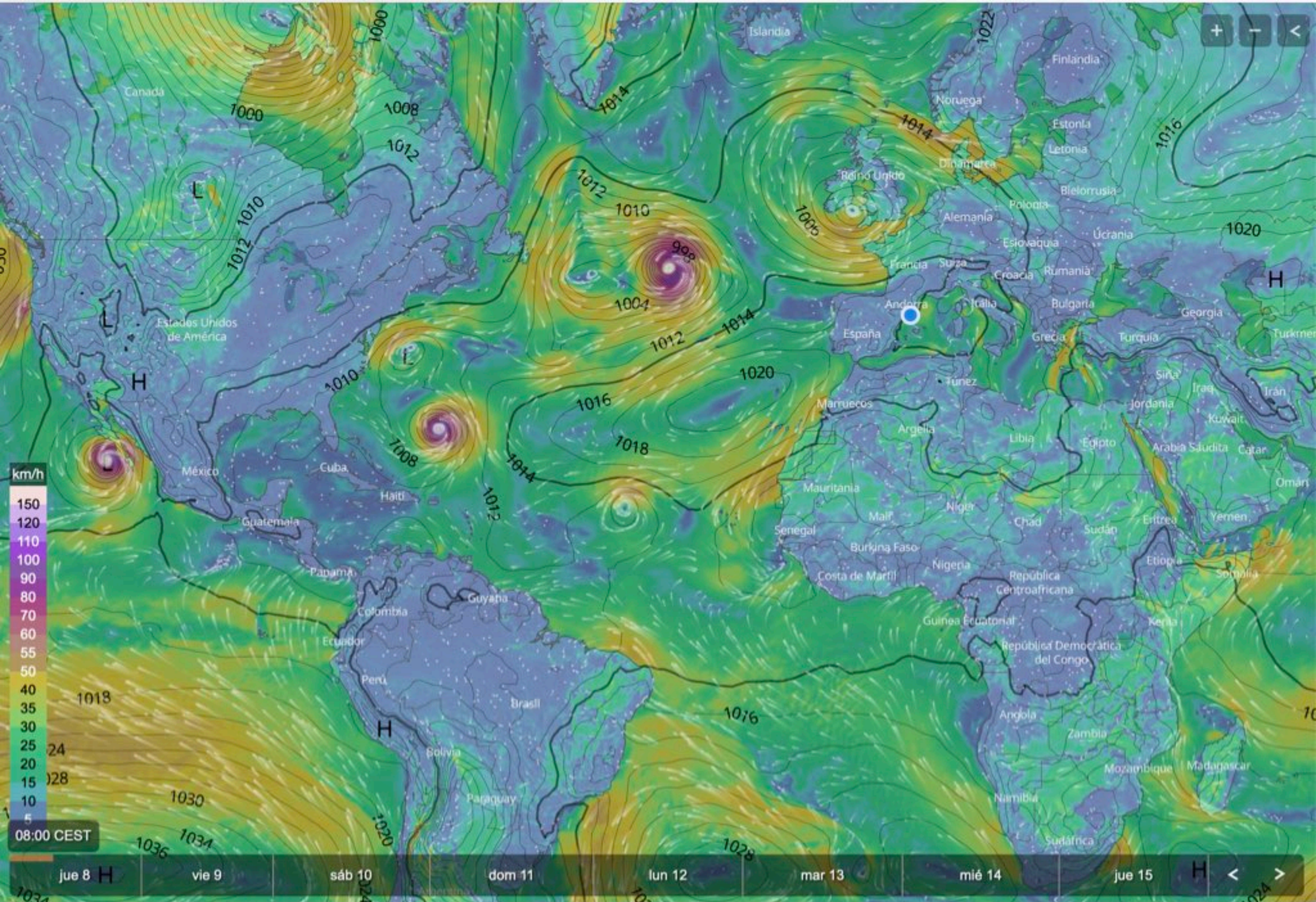


Per poder comparar la pressió atmosfèrica entre dos punts de la superfície de la terra, en meteorologia **primer es converteix la pressió del punt en pressió equivalent a nivell del mar.**

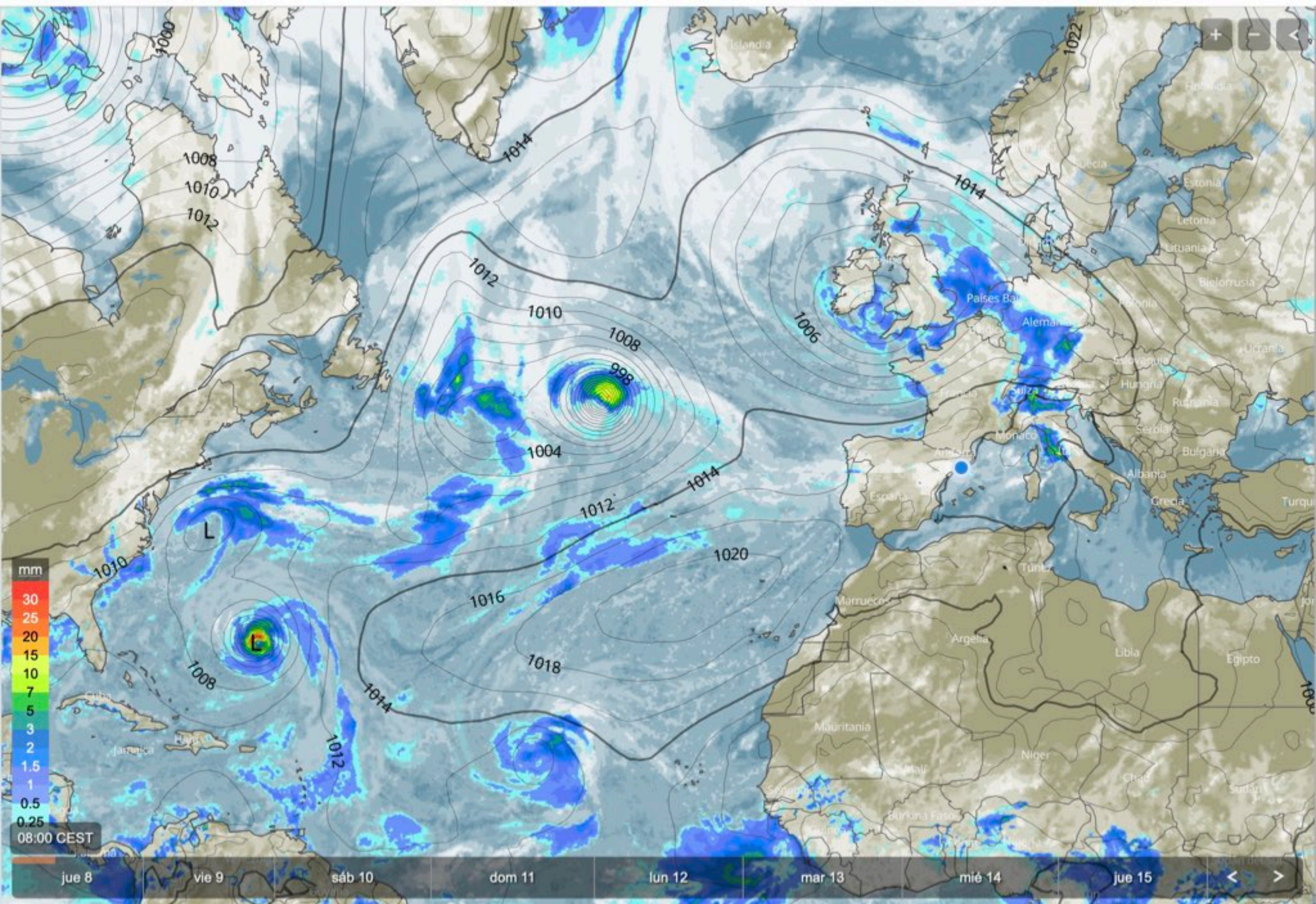


©AEMET. Autorizado el uso de la información y su reproducción citando a AEMET como autora de la misma

http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/mapa_frentes



<https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/>



<https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/>