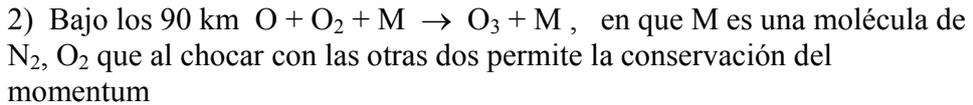


* **Ozono estratosférico:** Máxima concentración: 20 – 50 km

A. Formación

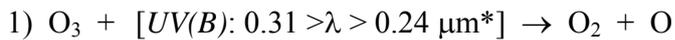


O es estable por baja probabilidad de colisión entre moléculas ($\sim \rho^2$)



Absorción cuántica + Aumento de energía cinética molecular (bandas de absorción).

B. Destrucción



* λ mayor que en A porque cuesta menos disociar el O_3 que el O_2



Máxima temperatura: 50 km (máxima absorción de radiación).

- Nitrógeno terrestre: Fuente volcánica. Por la acción de microorganismos fijadores de nitrógeno en reacciones similares a la formación de carbonatos (foraminíferas) se ha removido $\sim 20\%$ del nitrógeno atmosférico de la atmósfera secundaria. Concentración estable por baja solubilidad y baja capacidad de reacción con el oxígeno a temperaturas y presiones en la atmósfera (no así en cámaras de combustión a altas presiones y temperaturas: ozono troposférico por fotodisociación de óxidos de nitrógeno).
- Azufre terrestre: Fuente volcánica: S, SO_2 , H_2S . Sumidero atmosférico $2 SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$; $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$; $H_2SO_4 + H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$ (lluvia ácida); $SO_4^{2-} + metal \rightarrow$ sulfatación (corrosión).
- Helio y Argón terrestres: Productos naturales del decaimiento radiactivo.

Composición de la atmósfera actual.

A) Constituyentes gaseosos fijos (bien mezclados hasta ~100 km de altura)

Gas	Peso Molec. [g/mol]	Dens. Norm. [Kgm ⁻³]	Vol. Porcent. %	Conc. Másica [Kgm ⁻³]
Nitrógeno	28.01	1.250	78.09	0.975
Oxígeno	32.00	1.429	20.95	0.300
Argón	38.98	1.783	0.93	0.016
Dióxido de Carbono	44.01	1.977	0.03	0.001
Aire "Seco"	29.00	1.292	100.00	1.292

(*) Promedio Global

B) Constituyentes gaseosos variables (espacio y tiempo)

	C. Hidrológ. Vapor de H ₂ O	U. V. O ₃	Contaminación Atmosférica.		
			SO ₂	NO ₂	CO
% Volumen	< 4	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵

Agua líquida y sólida: volumen < que 1%.

- El Argón es mayoritario respecto de otros gases nobles (He, Ne, Kr, Xe)
- Gases con fuerte absorción en bandas infrarrojas (efecto invernadero):
H₂O, CO₂, O₃
- Homósfera – *Turbopausa* (~ 100 km) – Heterósfera (camino medio libre de moléculas excede 1 m).
- **Electrones libres (Fotoionización)**

Además de los procesos de fotodisociación descritos (e.g. oxígeno, ozono), donde se absorbía radiación en el UV, hay procesos en la atmósfera que requieren de mayores energías ($\lambda < 0.1 \mu\text{m}$) como la fotoionización: $\text{O} + [\text{UV}(A): \lambda < 0.1 \mu\text{m}] \rightarrow \text{O}_+ + \text{e}$.

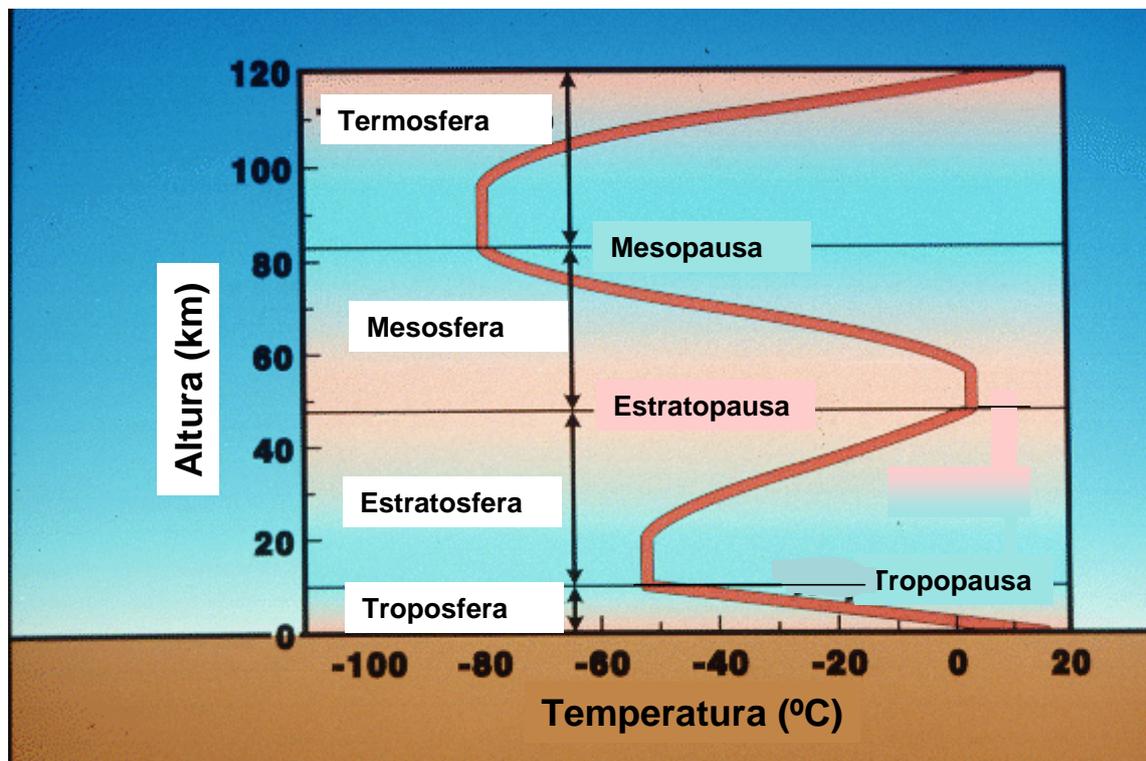
(Ionosfera: capa con abundancia de electrones libres)

Aquí también:

Absorción cuántica + Aumento de energía cinética molecular (bandas de absorción).

ESTRUCTURA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE

1. Variación de la temperatura con la altura

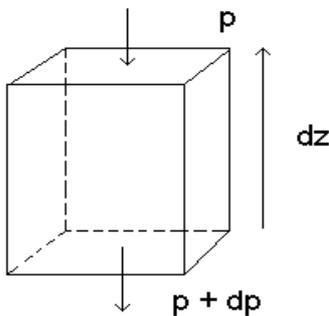


- Las áreas rosadas indican zonas con fuerte absorción de radiación solar
- La mayor parte de la radiación solar (concentrada en el espectro visible) no es absorbida al atravesar la atmósfera, absorbiéndose en la superficie (salvo un porcentaje variable que se refleja: albedo)
- El proceso de fotodisociación del oxígeno (inestable) y del ozono explica el máximo de temperatura a 50 km de altitud (estratopausa)
- El proceso de fotodisociación estable del O y fotoionización explican el aumento de la temperatura en la termosfera.
- Dado que en la tropósfera en promedio (espacio-tiempo) la temperatura disminuye con la altura, un aumento de la temperatura con la altura se conoce como *inversión térmica*.
- En la estratósfera, al igual que a través de capas de inversión térmica, se inhiben los intercambios verticales: nubes se aplanan y sus bordes se hacen

difusos (fase hielo). Similar pluma erupciones volcánicas y explosiones nucleares.

2. Variación de la presión y densidad con la altura

- Equilibrio hidrostático: Tomemos un cubo elemental (dx, dy, dz) en equilibrio (hidrostático) dentro del fluido:
presión x área superior + peso cubo = presión por área inferior:



$$p\Delta x\Delta y - (p + \Delta p)\Delta x\Delta y = \Delta x\Delta y\Delta z\rho g; \quad -\frac{\partial p}{\partial z} = \rho g$$

aire = gas ideal $p\frac{V}{m} = \frac{R^*}{M}T_v$; $R = \frac{R^*}{M}$ en que m = masa ;

M = peso molecular aire seco; $R^* = \text{Cte. Universal}$; $T_v =$ temperatura virtual absoluta ($^{\circ}\text{K}$)

en la atmósfera $\frac{\Delta p}{p} = \Delta \ln p = -\frac{g}{RT}\Delta z \Rightarrow p = p_o e^{-\int_0^z \frac{g}{RT} dz} = p_o e^{-z/H}$;

$H \sim 8$ km (escala de altura).

- Para la tropósfera (80% de la masa atmosférica, casi la totalidad del vapor de agua, nubes y cambios de tiempo) se define una **Atmósfera Estándar** que corresponde a un promedio global (espacio-tiempo) de la variación de la temperatura con la altura: $T = T_o - \gamma z$, en que $T_o = 288$ $^{\circ}\text{K}$ y $\gamma = 0.0065$ $^{\circ}\text{K m}^{-1}$; $p_o = 1013,25$ hPa ,

- Se ha estimado que si el consumo energético global continúa creciendo de una manera consistente con la tendencia de las últimas décadas, cerca de 4×10^{13} kg de combustibles fósiles se consumirán anualmente por año alrededor del 2005. Si la mitad del C que así se produce queda en la atmósfera, ¿cuál sería la tasa anual de crecimiento del dióxido de carbono alrededor de ese año? Considere que un 80% de la masa del combustible es carbono.
- Si la atmósfera terrestre estuviese constituida por un fluido incompresible cuya densidad fuera igual a la observada a nivel del mar (alrededor de 1.25 kg m^{-3}) ¿cuán profunda debería ser esa atmósfera para que resultara una presión superficial igual al promedio observado (1013.25 hPa) ?

3. Si la densidad del aire decrece exponencialmente con la altura desde un valor superficial de 1.25 kg m^{-3} calcule la escala de altura H consistente con la presión superficial media observada (1013.25 hPa). (Nota: Integre verticalmente la expresión que da la variación exponencial de la densidad con la altura para obtener la masa total de la atmósfera por unidad de área.).
4. Establezca una relación matemática entre la presión atmosférica y la altura sobre el nivel del mar (ecuación del altímetro) para una atmósfera estándar (tropósfera).