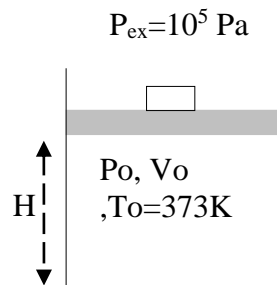


11.- El recipiente de la figura inferior posee un émbolo sobre el que está situada una masa, el conjunto pesa  $500\text{ N}$ . La sección del émbolo es  $S=0,1\text{ m}^2$  y la presión exterior  $P_{ex}=10^5\text{ Pa}$ . Un mol de gas perfecto se encuentra a una temperatura  $T_0=373\text{ K}$ . Si el gas se enfría a  $273\text{ K}$ , determinar cuánto desciende el émbolo hasta alcanzar de nuevo el equilibrio.



12.- a) Deducir la ecuación de la variación de presión en una columna de aire en reposo.

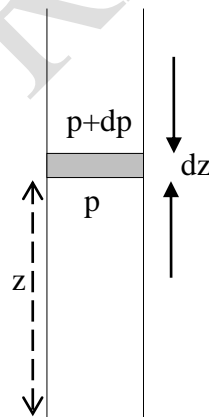


Fig.1

b) Si la columna de aire es la atmósfera terrestre y la temperatura depende de la altura según la relación  $T = T_0 - \lambda z$ , en la que  $T$  es la temperatura a una altura  $z$  respecto del suelo,  $T_0$  la temperatura en el suelo,  $\lambda$  es una constante. Admitiendo que el aire se comporta como un

gas perfecto diatómico de masa molar  $M$ , comprobar que la temperatura y la presión están relacionadas por la ecuación

$$T = T_0 \left( \frac{p}{p_0} \right)^q$$

Expresando  $q$  en función de  $\gamma$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $\lambda$  y  $R$ . ¿Cuál es la dimensión física de  $q$ ? Calcular su valor numérico si  $\lambda = 6,50 \cdot 10^{-3} \text{ K m}^{-1}$ .

Dado  $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  y  $T_0 = 288 \text{ K}$ . Expresar numéricamente la presión  $p$  en función de la temperatura  $T$ .

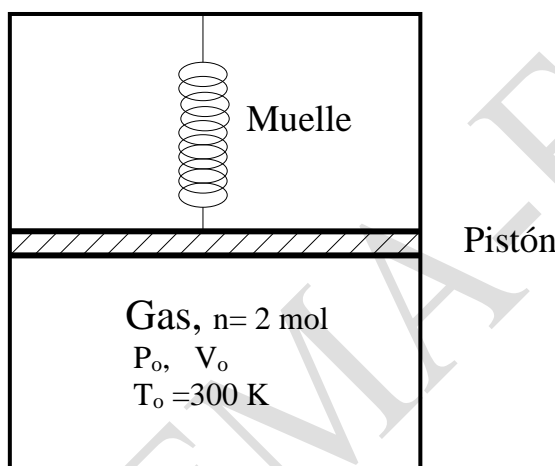
c) En el seno de la atmósfera se pueden formar a una cierta altura una burbuja de aire que tiene una temperatura diferente del aire que la rodea pero la misma presión.

Designamos con  $p_B$ ,  $T_B$  y  $\rho_B$  la presión, temperatura y densidad del aire atrapado en la burbuja y por  $T_A$  y  $\rho_A$  los valores correspondientes al aire circundante. Mostrar que si  $T_B$  es mayor que  $T_A$  la burbuja ascenderá en el seno de la atmósfera.

d) Si el gas atrapado en la burbuja sufre una transformación adiabática y designamos con  $T_1$  su temperatura cuando la burbuja se ha formado a una altura  $z_1$  y  $p_1$  la presión a esa altitud. Encontrar la relación entre la presión  $p_B$  y la temperatura  $T_B$  de la burbuja durante la ascensión con respecto a los valores iniciales de su formación. Expresar  $T_B$  en función de  $p_B$ .

e) La ascensión de la burbuja en el seno de la atmósfera tiene un límite  $z_2$ , esto es, a partir de ese valor ya no asciende más, entonces su presión es  $p_2$  y su temperatura  $T_2$ . Calcular los valores numéricos de  $p_2$  y  $T_2$  si  $T_1 = 280 \text{ K}$  y  $z_1 = 2000 \text{ m}$ . Calcular también el valor numérico de  $z_2$ .

13.-El gas de la figura se comporta como ideal; existen  $n = 2$  moles del mismo a la presión  $P_0$ , a la temperatura  $T_0=300$  K y ocupando un volumen  $V_0$ . El pistón tiene una masa  $m= 10$  kg y una sección  $S = 500$   $\text{cm}^2$ . El muelle está unido por un extremo al pistón y por el otro a la pared superior del contenedor. Inicialmente el sistema se encuentra en equilibrio y el muelle, de masa despreciable, tiene su longitud natural, esto es, no está estirado ni contraído.



Ahora, el gas se comprime hasta que su volumen se reduce a la mitad y en ese instante el pistón y el muelle se encuentran en reposo, a continuación el sistema se deja en libertad. Se pide a) el volumen que ocupa el gas cuando el pistón posee una velocidad  $\sqrt{\frac{4gV_0}{5S}}$

b) Calcular la frecuencia de las pequeñas oscilaciones del pistón cuando se desplaza ligeramente de su posición de equilibrio.

Constante del muelle  $k = \frac{mgA}{V_0}$

Todos los procesos son adiabáticos.

$R=8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  ;  $\gamma$  del gas = 5/3

Propuesto en las Olimpiadas Asiáticas de Física

14.-Un recinto de paredes rígidas de  $V = 100 \text{ L}$  contiene gas nitrógeno saturado de vapor de agua. La masa de los gases es 114 g. La presión total 1 atmósfera. 1) Determinar la temperatura a la que se encuentran los gases. 2) Si el recipiente se calienta a volumen constante hasta  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , ¿cuál es la humedad relativa? 3) Si el recipiente se enfría a volumen constante hasta  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , ¿qué masa de agua condensa?

Datos. Presión de vapor del agua en kPa

$10^\circ\text{C}-1,23 \text{ kPa}$  ;  $15^\circ\text{C}-1,71 \text{ kPa}$  ;  $20^\circ\text{C}-2,34 \text{ kPa}$  ;

$25^\circ\text{C}-2,17 \text{ kPa}$  ;  $30^\circ\text{C}-4,25 \text{ kPa}$  ;  $35^\circ\text{C}-5,63 \text{ kPa}$  ;

$40^\circ\text{C}-7,38 \text{ kPa}$  ;  $50^\circ\text{C}-12,35 \text{ kPa}$  ;  $60^\circ\text{C}-19,93 \text{ kPa}$

Masa molar del agua  $18 \text{ g/mol}$ , masa molar del nitrógeno  $28 \text{ g/mol}$

$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$

El vapor de agua se comporta como gas ideal.

15.- Un cilindro vertical está cerrado por ambos extremos; lleva un émbolo en su interior que se puede desplazar sin rozamiento. En la parte superior existe un mol de gas perfecto a la temperatura  $T_0$  y ocupa un volumen  $V_1$ . En la parte inferior existe un mol del mismo gas a la misma temperatura y ocupa un volumen  $V_2$ . El volumen  $V_1 = 4 V_2$ .

Se pide la temperatura para la cual el volumen superior es tres veces el inferior.

16.-<sup>(344)</sup> La ecuación de Clausius-Clapeyron se aplica a una sustancia que se encuentra en equilibrio entre dos fases, y su expresión matemática es la siguiente:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$$

Si nos referimos a un equilibrio líquido vapor,  $p$  es la presión de vapor de la sustancia y  $\Delta H$  su calor de vaporización por mol,  $\Delta V$  es la diferencia de volúmenes por mol entre la fase vapor y la fase líquida.

a) Utilizando la ecuación anterior y los datos experimentales que aparecen en los datos del problema determinar a qué presión hervirá el agua pura cuando su temperatura es de  $20^\circ \text{C}$ .

b) Estimar a qué temperatura hervirá el agua pura en una montaña de  $2000 \text{ m}$  de altura, sabiendo que a nivel del mar la temperatura es  $20^\circ\text{C}=293 \text{ K}$  y que ésta disminuye según la ley  $T = 293 - \lambda z$ ,  $\lambda = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ K/m}$  Suponer que el vapor de agua se comporta como un gas perfecto.

Datos:

Temperatura /K	293	313	333	353	373
$\Delta H$ en J/mol	$44,2 \cdot 10^3$	$43,4 \cdot 10^3$	$42,4 \cdot 10^3$	$41,6 \cdot 10^3$	$40,7 \cdot 10^3$

Masa molar promedio del aire  $M = 29 \text{ g/mol}$

17. (391).- *Determinar las constantes críticas del dióxido de carbono sabiendo que las constantes a y b de la ecuación de van der Waals son:*

$$a = 3,60 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2} ; b = 4,28 \cdot 10^{-2} \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

*Un mol de dióxido de carbono ocupa un volumen de 0,40 L a una temperatura de 50°C.*

*Determinar la presión utilizando la ecuación de los gases perfectos y la de van der Waals*

*Dibuje las isotermas de un mol de gas ideal y de van der Waals*

18. (404).- *Un cilindro dotado de un pistón movable, contiene 28,40 g de aire y 6,00 gramos de agua.*

*a) Determinar la indicación de un manómetro conectado al cilindro cuando esté a la temperatura de -24°C y un volumen de 1) 20 L , 2) 10 L y 3) 5 L.*

*b) Determinar la indicación del manómetro para los tres volúmenes anteriores pero a la temperatura de 100°C*

*El problema debe resolverse empleando únicamente los datos siguientes: Densidad del aire en condiciones normales, 1,26 g/L; densidad del vapor de agua saturado a 100°C , 0,60 g/L ; densidad del hielo 0,99 g/cm<sup>3</sup>.*

19. (420.)- Se dispone de dos balones esféricos de distintos volúmenes. Uno se llena con aire caliente a la temperatura de 373 K y el otro con vapor de agua a esa misma temperatura. Se comprueba que ambos balones pueden izar una masa total de 300 kg en la superficie terrestre. En esta masa está incluida la masa de la envoltura, de las cuerdas y de todos los elementos empleados en el experimento. La temperatura ambiente es  $T_0 = 293$  K y la presión  $p_0 = 10^5$  Pa.

a) Calcular los volúmenes de los balones.

b) Determinar la cantidad de calor aportada al aire atmosférico para llenar el balón de aire y realizar el mismo cálculo para el balón que contiene el vapor de agua.

c) Se encuentra que justamente acabado de llenar el balón de aire se produce una pérdida de fuerza ascendente a razón de  $k_1 = 0,30$  N/s. Se pide la pérdida  $k_2$  para el balón de vapor de agua, para los dos casos siguientes. 1) El agua condensada procedente del vapor se retiene en el propio balón 2) El agua condensada se expulsa al exterior del balón.

Las envolturas de los balones son del mismo material, por tanto, conducen por igual el calor, además no permiten pérdidas ni de aire ni de vapor de agua. Se admite que tanto el aire como el vapor de agua se comportan como gases ideales.

Datos. Masa molar el aire  $M_A = 0,029$  kg/mol, Masa molar el agua  $M_W = 0,018$  kg/mol, capacidad calorífica a volumen constante  $C_v = (5/2) R$ , calor específico del agua líquida  $C_w = 4200$  Jkg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>, temperatura de ebullición del agua a  $p_0$ , 373 K, calor de vaporización del agua  $\lambda = 2,3 \cdot 10^6$  J/Kg

20. (473.)- Un recipiente de volumen 2 L contiene 2 gramos de H<sub>2</sub> y está saturado de vapor de agua y se encuentra a la temperatura  $T_1$  y a la presión de  $17 \cdot 10^5$  Pa. Se calienta el contenido del recipiente hasta una temperatura  $T_2$ , siendo entonces la presión  $26 \cdot 10^5$  Pa. La presión del vapor de agua en función de la temperatura es:

$T/K$	273	393	406	425	453
$P_v/Pa$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^5$

Estimar las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  y los gramos de vapor de agua en el recipiente a esas dos temperaturas.

Admitir que tanto el hidrógeno como el vapor de agua se comportan como gases perfectos. Masas atómicas  $H=1$ ,  $O=16$

**Olimpiadas de Moscú**