

B5331 - Física III B 2022

Guía 01: El Calor

Asorey

08 de Marzo de 2022

1. Goma de auto

Un neumático de auto tiene una sobrepresión, respecto de la presión atmosférica ($p = 1 \text{ atm}$), de 2000 hPa.

- a) ¿Cuánto vale esa sobrepresión en las unidades técnicas usuales en Argentina? ¿y en bares? ¿y en p.s.i.¹?

R: $p = 2000 \text{ hPa} = 2 \text{ bar} = 29,01 \text{ psi} = 1,974 \text{ atm}$.

- b) La superficie total de contacto entre los cuatro neumáticos y el pavimento es de $0,05 \text{ m}^2$. ¿Cual es la masa del automóvil?

R $P = 10 \text{ kN}$, $m = 1020,4 \text{ kg}$

2. No desinfe lo inflado

En una fría mañana invernal (temperatura = 0°C) la presión en un neumático es de 2000 hPa. Luego de un viaje a alta velocidad la temperatura del aire en el interior del neumático es de 323 K.

- a) ¿Qué tipo de transformación experimentó el gas?

- b) ¿Cuál es la sobrepresión a esa temperatura?

R: $p = 2366,3 \text{ hPa}$.

- c) Si en ese instante, el propietario del auto desinfla rápidamente los neumáticos para volver a la presión recomendada sin esperar a que éstas se enfríen, ¿cuál será la presión final cuando las cubiertas vuelvan a la temperatura del ambiente en ese momento? **R:** $p = 1690,4 \text{ hPa}$.

3. El tubo

Un tubo cilíndrico de acero con un diámetro interior de 0,2 m y un altura de 1 m contiene nitrógeno a una presión de 10^5 hPa y $T = 273 \text{ K}$.

- a) ¿Cuál es la masa total del gas? La masa molar del nitrógeno es $0,028 \text{ kg mol}^{-1}$

R: $n = 138,3 \text{ mol}$, entonces $m = 3,87 \text{ kg}$.

- b) ¿Qué fuerza ejerce el gas sobre la superficie interior del tubo?

R: $S = 0,691 \text{ m}^2$, entonces $F = 6,911 \times 10^6 \text{ N}$.

¹p.s.i. es una unidad imperial de presión y es la abreviatura de libras por pulgada cuadrada, por sus siglas en inglés para *pounds per square inch*

- c) ¿Qué presión habrá en el interior del tubo si, a temperatura constante, se dejara escapar la mitad del gas por un válvula?

R: $p = 5 \times 10^4$ hPa.

4. Conectando recipientes

Un recipiente de 1 L ($0,001 \text{ m}^3$) lleno de un gas ideal a una presión de 100 kPa se conecta con otro recipiente de $0,003 \text{ m}^3$ conteniendo un gas ideal a una presión de 50 kPa. Suponiendo que ambos recipientes están en contacto con un baño térmico, calcule la presión final del sistema una vez que los recipientes se conectan.

R: $p_f = 62,5$ kPa.

5. Conectando recipientes distintos

Dos recipientes están unidos por un tubo de volumen despreciable con una válvula en el tubo y que inicialmente se encuentra abierta. Uno de ellos tiene un volumen cinco veces mayor que el otro. Todo el sistema está lleno de aire (masa molar $M = 29 \text{ g mol}^{-1}$) a una presión de 1866,5 hPa y una temperatura de 293 K. Luego se cierra la válvula y se procede a calentar el recipiente grande hasta una temperatura de 373 K, manteniendo el recipiente pequeño a la temperatura inicial. ¿Cuál es la presión final del sistema luego de abrirse la válvula y conectar ambos recipientes?

R: $T_f = 359,67$ K, entonces $p_f = 2291,2$ hPa.

6. Globo meteorológico

Un balón meteorológico esférico es rellenado con Helio al nivel del mar (CNPT)². Cuando está listo para iniciar su ascenso, tiene un radio de 2 m. Sabiendo que la presión atmosférica p (medida en hPa) como función de la altura h obedece la siguiente ley,

$$p = 1013,2 \exp\left(-\frac{mgh}{RT}\right),$$

donde M es la masa molar media del aire ($m = 29 \text{ g mol}^{-1}$). A medida que asciende, el globo aumenta su volumen hasta que alcanza un tamaño máximo y luego estalla.

- Calcule la cantidad de Helio en moles que se usó para llenar el globo.
R: $V_i = 33,51 \text{ m}^3$, entonces $n = 1496$ mol.
- Calcule el empuje (en newtons) que tendrá el globo al iniciar su ascenso.
R: Igual al peso del volumen de aire desalojado, en CNPT $E = 425,2$ N.
- Calcule la altura a la que se encuentra el globo cuando su radio es de $r = 3$ m.
R: $h = 9715$ m.
- Calcule el radio del globo justo antes de estallar a $h = 27$ km de altura.
R: $h = 27000$ m, $V_f \simeq 990 \text{ m}^3$, $r_f \simeq 6,2$ m.

7. Teoría cinética

Consideremos una determinada cantidad de Helio contenido en un recipiente esférico y rígido en CNPT.

- ¿Qué cantidad de moles y de átomos hay en 1 m^3 de helio en estas condiciones?
R: $n = 44,64$ mol, $N = 2,6883 \times 10^{25}$ átomos.

²CNPT es la abreviatura para *Condiciones Normales de Presión y Temperatura* y corresponde a la presión atmosférica de referencia, $P = 101325$ Pa, a una temperatura de $T = 273,15$ K. Verifique que en estas condiciones, el volumen ocupado por 1 mol de un gas ideal es $0,0224 \text{ m}^3$ (22,4 L).

- b) Suponiendo que el radio de un átomo de Helio puede aproximarse por una esfera de $r = 2a_0$, donde a_0 es el radio de Bohr, calcule el volumen total ocupado por los átomos en el gas y la fracción de volumen que estos ocupan del volumen total.
R: $V_{\text{at}} = 1,335 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. entonces $f_{\text{at}} = 1,335 \times 10^{-4}$.
- c) Calcule la energía cinética media y la velocidad media de un átomo de Helio en esas condiciones.
R: $\langle E_k \rangle = 5,657 \times 10^{-21} \text{ J}$; $v_{\text{RMS}} = 1304,4 \text{ m/s}$.
- d) Estime la cantidad media de colisiones por segundo que se producen en las paredes del recipiente.
R: Esfera de 1 m^3 , $r = 0,62 \text{ m}$, $S = 4,84 \text{ m}^2$, entonces $N_C = 1,7 \times 10^{29} \text{ colisiones/s}$ sobre toda la superficie de la esfera.

8. Alta presión

Un recipiente contiene 201,8 kg de Neón a una presión de 500 bares.

- a) ¿Cuál debería ser el volumen del recipiente para que la velocidad media de las moléculas sea igual a la velocidad de escape terrestre?
R: $v_e = 11180 \text{ m/s}$, entonces $T = 101100 \text{ K}$, y como $n = 10000 \text{ mol}$ y $p = 500 \text{ bar}$, entonces $V = 168,12 \text{ m}^3$.
- b) En esas condiciones, calcule la energía cinética media y el número de colisiones por segundo que se produce con las paredes del recipiente suponiendo que el mismo es esférico.
R: $\langle E_K \rangle = 2,094 \times 10^{-18} \text{ J}$ ($v_{\text{RMS}} = 11,18 \text{ km/s}$), $N_C = 5,9 \times 10^{31} \text{ colisiones/s}$.
- c) ¿Dependerá el resultado anterior de la forma del recipiente? Justifique

9. Júpiter y Marte

La velocidad de escape de Júpiter es de alrededor de $v_e = 60 \text{ km/s}$ y su temperatura superficial es $T = -150^\circ\text{C}$. Calcule la velocidad RMS para a) H_2 ; b) O_2 ; y c) CO_2 a esa temperatura. Saque sus conclusiones y diga si es probable encontrar esos gases en la atmósfera de Júpiter. Luego, repita sus cálculos para Marte, con $v_e = 5 \text{ km/s}$ y $T = 0^\circ\text{C}$.

R: Júpiter: a) $v_{\text{RMS}} = 1235 \text{ m/s}$; b) $v_{\text{RMS}} = 309,9 \text{ m/s}$; c) $v_{\text{RMS}} = 264,3 \text{ m/s}$;

R: Marte: a) $v_{\text{RMS}} = 1839 \text{ m/s}$; b) $v_{\text{RMS}} = 461,5 \text{ m/s}$; c) $v_{\text{RMS}} = 393,5 \text{ m/s}$;

10. Gas monoatómico

Se dispone de una determinada cantidad de gas ideal monoatómico almacenado en un recipiente rígido de $0,04 \text{ m}^3$ a temperatura ambiente (293 K) y con una presión de 20265 kPa .

- a) Calcule la cantidad de gas contenida, medida en moles, y determine el número de moléculas y de átomos contenidos en el interior del recipiente.
- b) Uno de los operarios de la planta enciende involuntariamente un fuego cerca del recipiente. La temperatura del mismo aumenta hasta alcanzar los 423 K , momento en el cual la válvula de seguridad se activa y deja escapar parte del gas almacenado, hasta que la presión vuelve a ser la presión de trabajo (20265 kPa) a esa temperatura. Calcule b1) la presión a la cual se activó la válvula; b2) la cantidad de gas remanente luego del escape; b3) la energía interna total del gas en el recipiente en cada uno de los siguientes momentos: estado inicial; inmediatamente antes que se active la válvula de seguridad; cuando se recupera la presión de trabajo.

R: a) $n = 333 \text{ mol}$; $N = 2 \times 10^{26} \text{ átomos}$; b1) $p = 29300 \text{ kPa}$; b2) $n_i = 333 \text{ mol}$; $n_f = 230 \text{ mol}$; b3) $U_1 = 1,217 \text{ MJ}$, $U_2 = 1,757 \text{ MJ}$, $U_3 = 1,214 \text{ MJ}$.

11. Trabajo sobre el gas

Realizando un trabajo de 100 J sobre un gas ideal es posible comprimirlo en forma isotérmica hasta que alcanza un volumen igual a la quinta parte del volumen inicial, $V_f = 1/5 V_i$. Calcule: a) El cambio de energía interna del gas; y b) La cantidad de calor intercambiada con el medio durante el proceso.

R: a) $\Delta U = 0$; b) $Q = -100$ J.

12. Expansión isobárica

a) Calcule la variación de temperatura que experimentan 2 moles de un gas monoatómico ideal si se le permiten expandirse en forma isobárica al suministrarle 3000 J en forma de calor. b) ¿Que hubiera pasado si el gas hubiera sido biatómico? c) ¿y triatómico?

R: a) $\Delta T = +72,16$ K; b) $\Delta T = +51,54$ K; c) $\Delta T = +45,10$ K;

13. Tres gases

Tres recipientes rígidos e idénticos contienen en CNPT 2 mol de un gas ideal monoatómico, biatómico y triatómico respectivamente. Si al gas de cada recipiente se le entregan 30 kJ de energía en forma de calor: a) calcule la temperatura final y el cambio de energía interna del gas en cada recipiente. b) Compare los resultados y justifique utilizando la teoría cinética de los gases.

R: a) $\Delta T_1 = +1202,7$ K; $\Delta T_2 = +721,6$ K; $\Delta T_3 = +601,4$ K; $\Delta U_1 = +30$ kJ; $\Delta U_2 = +30$ kJ; $\Delta U_3 = +30$ kJ.

14. Expansión isoterma

Tres pistones idénticos contienen cada uno 2 mol de un gas ideal monoatómico, biatómico y triatómico respectivamente. Los gases se encuentran inicialmente en CNPT. Mediante la entrega de energía en forma de calor se logra que cada uno de los pistones duplique su volumen de manera que la temperatura permaneció constante. Calcule para cada pistón: a) el estado final de cada gas (P , T , n y V); b) la cantidad de calor entregada en cada caso; c) el cambio de energía interna del gas; d) el trabajo realizado (ayuda: use la conservación de la energía para este caso en su forma $Q = \Delta U + W$)

R: a) mono: $n = 2$ mol; $T = 273$ K; $V = 0,0896$ m³; $P = 50662,5$ Pa; bi: $n = 2$ mol; $T = 273$ K; $V = 0,0896$ m³; $P = 50662,5$ Pa; tri: $n = 2$ mol; $T = 273$ K; $V = 0,0896$ m³; $P = 50662,5$ Pa; b) $Q = W$ entonces, $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 3146,7$ J; c) $\Delta U_1 = \Delta U_2 = \Delta U_3 = 0$; d) $Q = W$ entonces, $W_1 = W_2 = W_3 = 3146,7$ J.

15. Pistón oscilante

Un cilindro contiene $n = 0,1$ mol de un gas ideal monoatómico en CNPT. El cilindro está sellado en su parte superior por un pistón de $m = 1,4$ kg equipado con un sello sin fricción y está en trabado a una altura de $h = 2,4$ m. El cilindro está rodeado por aire en CNPT. Una vez liberado, el cilindro comienza a caer y una vez que se detiene el movimiento, se encuentra en equilibrio con el aire térmico circundante. a) Encuentre la nueva altura del pistón. b) Imagine ahora que el pistón es ligeramente empujado hacia abajo y luego es soltado. Suponiendo que la temperatura del gas no cambia, calcule la frecuencia de oscilación del pistón.

R: a) $h_f = 2,1$ m. Algunos resultados intermedios: superficie base: $S = 9,334 \times 10^{-4}$ m²; radio del cilindro $r = 17,24$ mm; presión final $p_f = 116034$ Pa; volumen final $V_f = 1,96$ L;

b) $\omega = \sqrt{\frac{p_f S}{m h_f}}$, entonces frecuencia angular $\omega = 6,07$ rad/s; frecuencia de oscilación $f = 0,966$ Hz; periodo de oscilación $\tau = 1,04$ s.

16. Calores específicos

Sean dos objetos, A y B, con una relación de masas $m_A = 2m_B$ y calores específicos $C_A = 2C_B$. Si a ambos objetos se les entrega la misma cantidad de calor Q , ¿cómo serán los correspondientes cambios en temperatura? a) $\Delta T_A = 4\Delta T_B$? b) $\Delta T_A = 2\Delta T_B$? c) $\Delta T_A = \Delta T_B$? d) $\Delta T_A = 1/2\Delta T_B$? ó e) $\Delta T_A = 1/4\Delta T_B$.
R: e) $\Delta T_A = 1/4\Delta T_B$.

17. Capacidad calorífica

El metal A es más denso que el metal B. ¿En cuál de ellos espera que la capacidad calorífica por unidad de masa sea mayor? Justifique.

18. Pérdidas de calor

Una casa típica contiene aproximadamente 10^5 kg de concreto, con un capacidad calorífica específico de $1 \text{ kJ}/(\text{kg K})$. ¿Cuánto se libera a la atmosfera durante la noche cuando su temperatura baja de 25°C a 20°C .

R: $Q = -5 \times 10^5 \text{ kJ}$.

19. Calentando hielo

¿Qué cantidad de calor se necesita para calentar 60 g de hielo originalmente a -10°C para transformarlo en 60 g de vapor de agua a 140°C . Discrimine el total de calor en sensible y latente.

R: $Q = 187255 \text{ J}$; $Q_S = 31333 \text{ J}$; $Q_L = 155922 \text{ J}$.

20. Enfriando la bebida

Un vaso de vidrio de 25 g de masa contiene 200 mL de agua a 24°C . Si dos cubos de hielo con una masa de 15 g cada uno originalmente a -3°C se agregan al agua. ¿Cuál es la temperatura final del conjunto?

R: Despreciando al vaso, $T_f = 283 \text{ K}$.

21. Trabajo y calor

Sea 1 mol de un gas ideal monoatómico a $p = 1 \text{ atm}$ ocupando un volumen de 25 L. La energía interna total del gas es $U_A = 3800 \text{ J}$. El gas es calentado mediante una transformación que lo deja en su estado final B a una presión de 1 atm, un volumen de 75 L y la energía interna total es de $U_B = 11400 \text{ J}$. Calcule el trabajo realizado y el calor total absorbido por el gas.

R: $W = +5066 \text{ J}$; $Q = 12666 \text{ J}$.