

**Certamen 1 (04/10/24)**

Nombre:

**Parte 1 (preguntas).** Seleccione la alternativa que considere correcta. Se asignará dos puntos por cada respuesta correcta.

**1) En un sistema abierto:**

- A) No hay transferencia de masa ni de energía con los alrededores.
- B) Hay transferencia de masa pero no de energía con los alrededores.
- C) Hay transferencia de masa y de energía con los alrededores.
- D) No hay transferencia de masa pero sí de energía con los alrededores.

**2) Indique cuál de las siguientes magnitudes no es una propiedad termodinámica:**

- A) El flujo de calor
- B) La temperatura
- C) La presión
- D) El volumen

**3) Una variable intensiva se define como:**

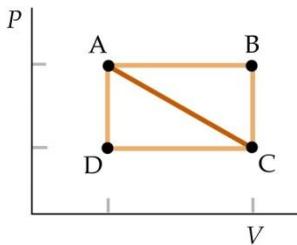
- A) Aquella que se extiende por todo el sistema
- B) Aquella cuyo valor es independiente de la masa del sistema
- C) Aquella cuyo valor depende de la masa del sistema
- D) Aquella cuyo valor no depende de la masa del sistema sino del punto del mismo en que se mida.

**4) Si se sabe que dos cuerpos están en equilibrio térmico, se puede concluir que:**

- A) Deben estar en equilibrio térmico con un tercer cuerpo.
- B) Debe haber un flujo neto de calor entre ellos.
- C) Los cuerpos deben estar a temperaturas diferentes.
- D) Ninguna de ellas es correcta.

**5) Un gas ideal cambia reversiblemente su estado de A a C (figura). El **flujo de calor** es menor en:**

- A) Trayectoria A-B-C.
- B) Trayectoria A-C.
- C) Trayectoria A-D-C.
- D) Ninguna de las anteriores.



**6) Con respecto a un gas real, cuál de las afirmaciones es correcta:**

- A) Las moléculas del gas tienen volumen despreciable.
- B) Las moléculas del gas no ejercen fuerzas de atracción entre sí.
- C) Las moléculas del gas ejercen fuerzas de atracción entre sí.
- D) Ninguna de las anteriores es correcta.

**7) Señale cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:**

- A) Dos objetos en equilibrio térmico entre sí deben estar en equilibrio térmico con un tercer objeto.
- B) Si la presión de un gas aumenta la temperatura debe aumentar.
- C) En un proceso isotérmico de un gas ideal el flujo de calor es cero.
- D) Un proceso cuasiestático es un proceso en el cual el sistema nunca se encuentra lejos del equilibrio.

8) ¿Bajo qué condiciones la hipótesis del gas ideal es aplicable a gases reales?.

- A) A altas presiones.
- B) A bajas presiones y altas temperaturas.
- C) A bajas presiones y bajas temperaturas.
- D) A altas presiones y altas temperaturas.

9) A  $n$  moles de un gas ideal, que se encuentra a la temperatura  $T$ , se le suministra una cantidad fija de calor  $Q$ . La transferencia de calor se realiza: i) en un proceso a volumen constante; ii) en un proceso a presión constante: Qué le sucederá a la temperatura del gas después de cada proceso:

- A) varía en la misma cantidad para los dos procesos
- B) aumentará más en el proceso a volumen constante
- C) aumentará más si el proceso es a presión constante
- D) Ninguna de las anteriores es correcta.

10) La cantidad de calor que se transfiere a un gas ideal, para aumentar su temperatura en un grado:

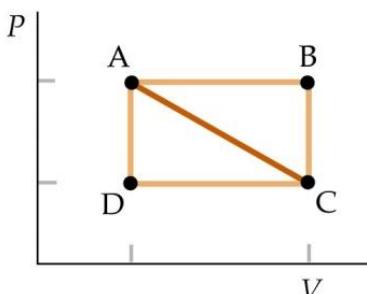
- A) Es mayor cuando el proceso se realiza a presión constante.
- B) Es mayor cuando el proceso se realiza a volumen constante.
- C) La cantidad de calor es la misma en ambos procesos (a presión constante y a volumen constante).
- D) Ninguna de las anteriores es correcta.

P11) Para la energía interna de un sistema tenemos que:

- A) Su variación a lo largo de una transformación depende del camino seguido en ella.
- B) Es igual al calor máximo que puede ceder el sistema.
- C) Corresponde a la energía potencial de las moléculas del sistema.
- D) Es una propiedad de un sistema que depende solo del estado del sistema, y no de la forma que el sistema llegó a dicho estado.

12) Un gas ideal cambia reversiblemente su estado de **A** a **C**, por tres trayectorias diferentes: **A-D-C**; **A-B-C**, y **A-C** (Ver figura). La **variación de la energía interna** es mayor en:

- A) Trayectoria A-B-C.
- B) Trayectoria A-C.
- C) Trayectoria A-D-C.
- D) Ninguna de las anteriores.



### **Problemas (18 puntos cada uno)**

**Problema 1:** Una masa de 18 g de agua se comprime reversiblemente en una prensa hidráulica, a temperatura constante de 20°C, desde la presión inicial  $P_1 = 1$  atm hasta la presión final  $P_2 = 100$  atm.

**Datos:**  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ; Coeficiente de compresibilidad isotérmica:  $\kappa = 45.3 \times 10^{-6} \text{ atm}^{-1}$

- Determine el volumen inicial del agua (**en  $\text{m}^3$** ).
- Determine el volumen final del agua (**en  $\text{m}^3$** ).
- Determine el trabajo realizado en el proceso (**en Joule**).

**Desarrollo:**

Datos:

$$m = 18 \text{ g} = 1.8 \times 10^{-2} \text{ kg} ; \rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 20^\circ\text{C} = \text{cte} ; \kappa = 45.3 \times 10^{-6} \text{ atm}^{-1}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 100 \text{ atm} ; 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

- a) Determine el volumen inicial del agua (en  $\text{m}^3$ ).**

$$V_i = \frac{m}{\rho} = \frac{1.8 \times 10^{-2} \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (\text{4 ptos}).$$

- b) Determine el volumen final del agua (en  $\text{m}^3$ ).**

Sabemos que: **Coeficiente de Compresibilidad Isotérmica**

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T ; \text{ a } T = \text{cte} ; dT = 0$$

$$dV = \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dT + \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T dP$$

$$dV = -\kappa V dP \quad (\text{2 ptos.})$$

$$\frac{dV}{V} = -\kappa \int_{P_1}^{P_2} dP \rightarrow \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right) = -\kappa (P_2 - P_1)$$

$$V_2 = V_1 e^{-\kappa(P_2 - P_1)} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3 e^{-45.3 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{atm}} \times (100 - 1) \text{ atm}}$$

$$V_2 = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \times 0.9955 = 1.792 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (\text{4 ptos.})$$

c) Determine el trabajo realizado en el proceso (en Joule).

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T ; \text{ a } T = \text{cte} ; dT = 0$$

$$dV = \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dT + \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T dP \quad (\text{2 ptos.})$$

$$dV = -\kappa V dP$$

$$W_{12} = \int P dV = \int_{P_1}^{P_2} P dV = - \int_{P_1}^{P_2} \kappa V P dP \quad (\text{2 ptos.})$$

Las variaciones de V y  $\kappa$  a  $T = \text{cte}$  pueden despreciarse

$$W_{12} \approx -\kappa V \int_{P_1}^{P_2} P dP \approx -\frac{\kappa V}{2} (P_2^2 - P_1^2) \quad (\text{2 ptos.})$$

Donde  $V = 1.8 \times 10^{-5} m^3$

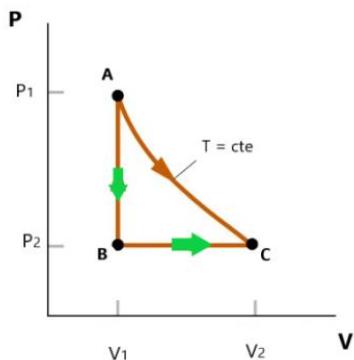
$$W_{12} \approx -\frac{-45.3 \times 10^{-6} \frac{1}{atm} \times 1.8 \times 10^{-5} m^3 \times [100^2 - 1^2] atm^2}{2}$$

$$W_{12} \approx -4.076 \times 10^{-6} m^3 atm = -\mathbf{0.413 J} \quad (\text{2 ptos.})$$

**Problema 2:** Suponga que 2 moles de un gas ideal se expanden desde un volumen  $V_1$  hasta un volumen  $V_2$ . El proceso se efectúa: i) Isotérmicamente, siguiendo la trayectoria **A-C**; ii) a lo largo de la trayectoria **A-B-C**.

- a) Determine el trabajo que efectúa el gas, la variación de su energía interna y el calor que se suministra al gas si el proceso se efectúa por la trayectoria **A-C**.
- b) Determine el trabajo que efectúa el gas, la variación de su energía interna y el calor que se suministra al gas si el proceso se efectúa por la trayectoria **A-B-C**.
- c) Si la temperatura de los estados **A** y **C** es la misma, pero el proceso que conecta los estados **A** y **C** está dado por una **línea recta**. Determine para este proceso el trabajo que efectúa el gas, la variación de su energía interna y el calor que se suministra al gas.
- d) Si el gas ideal es monoatómico, calcule el flujo de calor en los procesos AB y BC ( $Q_{AB}$  y  $Q_{BC}$ ).

Datos:  $R = 8.3143 \text{ J/mol K}$ ;  $V_1 = 3.5 \text{ m}^3$ ;  $V_2 = 7 \text{ m}^3$ ; Temperatura isotérmica  $T = 300 \text{ K}$ .



### a) Trayectoria A-C

Proceso es isotérmico.  $T = \text{cte}$

$$\text{EdE gas ideal} \quad PV = nRT$$

Trabajo W

$$W_{AC} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = 2 \text{ mol} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 300 \text{ K} \times \ln \frac{7.0 \text{ m}^3}{3.5 \text{ m}^3}$$

$$W_{AC} = 3457.8 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.})$$

El calor Q transferido al sistema

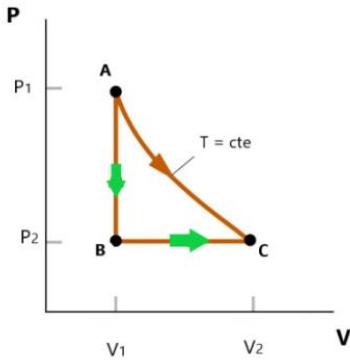
La energía interna del gas ideal depende solo de la Temperatura

$$U = U(T) \rightarrow \Delta U = U_C - U_A = 0 \quad (\text{1 pto.})$$

$$\text{Primer principio: } \Delta U = Q - W \rightarrow 0 = Q - W$$

$$Q_{AC} = W_{AC} = 3457.8 \quad (\text{1 pto.})$$

b) Trayectoria A-B-C



$$\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AC} = U_C - U_A = 0 \quad (\text{1 pto.})$$

Primer principio:  $\Delta U = Q - W \rightarrow 0 = Q - W$

$$W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC}$$

$$W_{AB} = 0 ; V = \text{cte.}$$

$$W_{BC} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} P_2 dV = P_2(V_2 - V_1)$$

Cálculo de  $P_2$

$$\text{Gas ideal } P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{2 \text{ mol} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 300 \text{ K}}{7.0 \text{ m}^3} = 712.6 \text{ Pa} \quad (\text{1 pto.})$$

$$\text{Luego, } W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = 0 + P_2(V_2 - V_1)$$

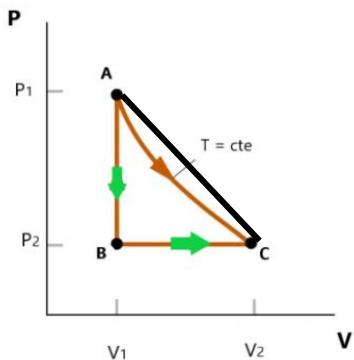
$$W_{ABC} = 712.6 \text{ Pa} \times (7.0 - 3.5) \text{ m}^3$$

$$W_{ABC} = 2494.1 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.})$$

El calor  $Q$  transferido al sistema

$$Q_{ABC} = W_{ABC} = 2494.1 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.})$$

C) Trayectoria A-C. Línea recta.



$$\Delta U_{AC} = U_C - U_A = 0 \rightarrow Q_{AC} = W_{AC} \quad (\text{1 ptos.})$$

$$W_{AC} = \text{área bajo la curva} = \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(P_1 - P_2) + (V_2 - V_1)(P_1 - P_2)$$

$$\text{Gas ideal } P_1 = \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{2 \text{ mol} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 300 \text{ K}}{3.5 \text{ m}^3} = 1425.3 \text{ Pa}$$

$$W_{AC} = \frac{1}{2}(7 - 3.5)(1425.3 - 712.6) + (7 - 3.5)(1425.3 - 712.6)$$

$$W_{AC} = 3741.7 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.}) \quad Q_{AC} = 3741.7 \text{ J} \quad (\text{1 ptos.})$$

d) Si el gas ideal es monoatómico, calcule el flujo de caloren los procesos AB y BC ( $Q_{AB}$  y  $Q_{BC}$ ).

$$\text{gas ideal monoatómico: } c_v = \frac{3}{2}R ; c_p = \frac{5}{2}R$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{712.6 \text{ Pa} \times 3.5 \text{ m}^3}{2 \text{ mol} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}} = 150 \text{ K}$$

Proceso A-B es a  $V = \text{Cte.}$

$$Q_{AB} = nc_v \Delta T = n R (T_B - T_A) = 2 \text{ mol} \times \frac{3}{2} 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} (150 - 300) \text{ K} = -3741.4 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.})$$

Proceso B-C es a  $P = \text{Cte.}$

$$Q_{BC} = nc_p \Delta T = n \frac{5}{2} R (T_C - T_B) = 2 \text{ mol} \times \frac{5}{2} 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} (300 - 150) \text{ K} = 6235.7 \text{ J} \quad (\text{2 ptos.})$$