

## Clase 4.3 Seminario. Jueves 16/10/25

**Problema 1:** Transformación de hielo en vapor.

¿Cuánto calor es necesario para transformar 1.5 kg de hielo a -20°C y a 1 atm en vapor?

Datos:

$$l_f = 3.34 \times 10^5 \frac{J}{kg} ; l_v = 2.26 \times 10^6 \frac{J}{kg}$$

$$c_h = 2090 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} ; c_a = 4186 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

**Resp:**  $4.58 \times 10^6 \text{ J}$

**Problema 2:** Un gas ideal monoatómico se expande al triple de su volumen inicial; en un caso lo hace adiabáticamente, y en otro, isotérmicamente. En ambos casos, parte del mismo estado inicial. Considere dos moles a las siguientes condiciones iniciales: 20°C y 1.0 atm.

a) Realice un diagrama PV que incluya ambos procesos.

b) Calcule el trabajo efectuado en cada proceso.

Dato:  $R = 8.3143 \frac{J}{mol \cdot K}$

**Resp:** b) Isotérmicamente  $W = 5352.4 \text{ J}$ ; Adiabáticamente  $W = 3793.7 \text{ J}$

## Problema 3. Ciclo Diésel

El ciclo diésel mostrado en la figura es una aproximación al comportamiento de un motor diésel.

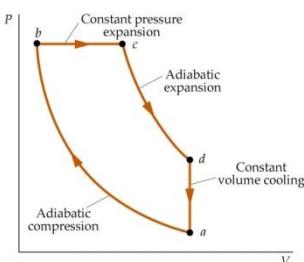
Procesos:

Proceso a-b: Compresión adiabática.

Proceso b-c: Expansión a presión constante.

Proceso c-d: Expansión Adiabática.

Proceso d-a: Enfriamiento a volumen constante.



La figura muestra el **ciclo diésel**, en el cual se conocen:  $P_1 = P_2 = 3 \text{ atm}$ ;  $V_1 = 3 \text{ L}$ ;  $T_1 = 400 \text{ K}$ ;  $V_2 = 9 \text{ L}$ ;  $V_3 = 12 \text{ L}$  y siendo aire el gas que trabaja ( $\gamma = 1.4$ ).

Procesos 2-3 y 4-1 son adiabáticos.

Determine:

a)  $T_2$ ;  $T_3$  y  $T_4$

b) Flujo de calor en cada etapa del ciclo

c) Trabajo total del ciclo

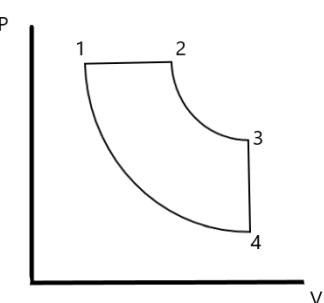
d) Rendimiento del ciclo

**Resp:**  $T_2 = 1200 \text{ K}$ ;  $T_3 = 1069.6 \text{ K}$ ;  $T_4 = 229.7 \text{ K}$

b)  $Q_{12} = 6378.7 \text{ J}$ ;  $Q_{23} = 0$ ;  $Q_{34} = -4783.5 \text{ J}$ ;  $Q_{41} = 0$ .

c) 1595.2 J

d) 0.25 (25%)



### Problema 1: Transformación de hielo en vapor.

¿Cuánto calor es necesario para transformar 1.5 kg de hielo a -20°C y a 1 atm en vapor?

#### **Datos:**

masa de hielo:  $m_h = 1.5 \text{ kg}$

masa de agua:  $m_a = 1.5 \text{ kg}$

$$l_f = 3.34 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} ; l_v = 2.26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$c_h = 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} ; c_a = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

#### **Recordemos:**

$$\text{calor específico: } c = \frac{Q}{m\Delta T} ; \quad c = \frac{Q}{n\Delta T}$$

$$\text{calor latente: } l = \frac{Q}{m} ; \quad l = \frac{Q}{n}$$

#### **Desarrollo:**

El calor necesario consta de 4 partes:

$Q_1$  : Calor necesario para elevar la temperatura del hielo de -20°C a 0°C.

$Q_2$  : Calor necesario para fundir el hielo.

$Q_3$  : Calor necesario para elevar la temperatura del agua de 0°C a 100°C.

$Q_4$  : Calor necesario para vaporizar el agua.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_1 = m_h c_h \Delta T = 1.5 \text{ kg} \times 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (0^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})) = 62700 \text{ J}$$

$$Q_2 = m_h l_f = 1.5 \text{ kg} \times 3.34 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 501000 \text{ J}$$

$$Q_3 = m_a c_a \Delta T = 1.5 \text{ kg} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 627900 \text{ J}$$

$$Q_4 = m_a l_v = 1.5 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 3.39 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q = 62700 \text{ J} + 501000 \text{ J} + 627900 \text{ J} + 3.39 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\boxed{Q = 4581600 \text{ J}}$$

**Problema 2:** Un gas ideal monoatómico se expande al triple de su volumen inicial; en un caso lo hace adiabáticamente, y en otro, isotérmicamente. En ambos casos, parte del mismo estado inicial. Considere dos moles a las siguientes condiciones iniciales: 20°C y 1.0 atm.

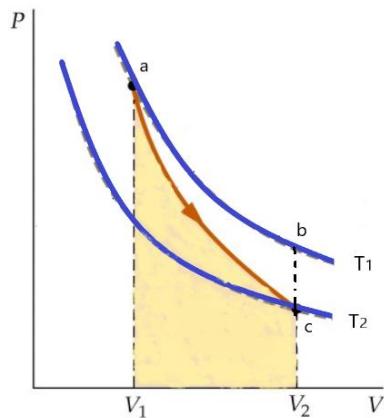
- Realice un diagrama PV que incluya ambos procesos.
- Calcule el trabajo efectuado en cada proceso.

Datos:  $n = 2 \text{ mol}$ ;  $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$ ;  $P_1 = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

Gas ideal monoatómico:  $c_v = \frac{3}{2}R$ ;  $c_p = \frac{5}{2}R$ ;  $R = 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$ ;  $V_1 = V_1$ ;  $V_2 = 3V_1$

Desarrollo:

- Diagrama PV



- W en cada proceso

Proceso **a-b** isotérmico:  $T = \text{cte}$

$$W_{ab} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nRT_1 \ln\left(\frac{3V_1}{V_1}\right) = 2 \text{ mol} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 293 \text{ K} \times \ln(3)$$

$$W_{ab} = 5352.4 \text{ J}$$

Proceso **a-c** adiabático:  $Q_{ac} = 0$ ; Primer Principio  $\Delta U_{ac} = Q_{ac} - W_{ac}$

$$W_{ac} = -\Delta U_{ac} = -nc_v(T_c - T_b) = -n\frac{3}{2}R(T_c - T_b)$$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = 5/3$$

$$\text{Cálculo de } T_c \rightarrow T_a V_a^{\gamma-1} = T_c V_c^{\gamma-1} \rightarrow \frac{T_a}{T_c} = \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{3V_1}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}} = (3)^{\frac{2}{3}} = 2.080$$

$$T_c = 140.9 \text{ K}$$

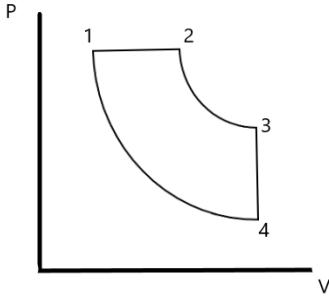
$$W_{ac} = -2 \text{ mol} \times \frac{3}{2} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times (140.9 \text{ K} - 293 \text{ K}) = 3793.7 \text{ J}$$

$$W_{ac} = 3793.7 \text{ J}$$

**Problema 3:** La figura muestra el **ciclo diésel**, en el cual se conocen:  $P_1 = P_2 = 3 \text{ atm}$ ;  $V_1 = 3 \text{ L}$ ;  $T_1 = 400 \text{ K}$ ;  $V_2 = 9 \text{ L}$ ;  $V_3 = 12 \text{ L}$  y siendo aire el gas que trabaja ( $\gamma = 1.4$ ). Procesos 2-3 y 4-1 son adiabáticos.

Determine:

- $T_2$ ;  $T_3$  y  $T_4$
- Flujo de calor en cada etapa del ciclo
- Trabajo total del ciclo
- Rendimiento del ciclo



Desarrollo:

**a)  $T_2$ ;  $T_3$  y  $T_4$**

i) Cálculo de  $T_2$

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{nRT_2}{V_2} \rightarrow T_2 = T_1 \left( \frac{V_2}{V_1} \right) = 400 \text{ K} \left( \frac{9 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{3 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)$$

$$\mathbf{T_2 = 1200 \text{ K}}$$

**ii) Cálculo de  $T_3$ .**

Proceso 2-3 adiabático

$$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = T_2 \left( \frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = 1200 \text{ K} \left( \frac{9 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{12 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{0.4}$$

$$\mathbf{T_3 = 1069.6 \text{ K}}$$

**iii) Cálculo de  $T_4$ .**

Proceso 4-1 adiabático

$$T_4 V_4^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1} \rightarrow T_4 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_4} \right)^{\gamma-1} = 400 \text{ K} \left( \frac{3 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{12 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{0.4}$$

$$\mathbf{T_4 = 229.7 \text{ K}}$$

**b) Flujo de calor en cada etapa del ciclo**

i) Proceso 1-2 Isobárico

$$Q_{12} = nc_P(T_2 - T_1)$$

$$n = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{3 \times 1.013 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 3 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 400 \text{ K}} = \mathbf{0.274 \text{ moles}}$$

$$Q_{12} = nc_P(T_2 - T_1) = n \frac{7}{2} R(T_2 - T_1) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{7}{2} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times (1200 - 400) \text{ K}$$

$$\mathbf{Q_{12} = 6378.7 \text{ J}}$$

ii) Proceso 2-3 Adiabático:  $Q_{23} = 0$

iii) Proceso 3-4 Isocórico

$$Q_{34} = nc_v(T_4 - T_3) = n \frac{5}{2} R(T_4 - T_3) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{5}{2} \times 8.3143 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \times (229.7 - 1069.6) \text{ K}$$

$$Q_{34} = -4783.5 \text{ J}$$

iv) Proceso 4-1 Adiabático:  $Q_{41} = 0$

c) Trabajo total del ciclo

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U_{ciclo} = 0 \rightarrow Q_{ciclo} = W_{ciclo}$$

$$W_{ciclo} = Q_{ciclo} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 6378.7 \text{ J} + 0 + (-4783.5 \text{ J}) + 0$$

$$W_{ciclo} = 1595.2 \text{ J}$$

e) Determine el rendimiento del ciclo.

$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_{absorbido}} = \frac{W_{neto}}{Q_{12}} = \frac{1595.2 \text{ J}}{6378.7 \text{ J}} = 0.25 \quad (25\%)$$