

TERMODINÁMICA

Ejercicio del Tema 3

Nombre _____ Grupos A – E - G

No está permitido el empleo de calculadoras programables ni la consulta de libros, apuntes o formularios. Los teléfonos móviles y relojes “smartwatch” deberán permanecer apagados y fuera del alcance del alumno.

La figura muestra una masa de 50 g de aire ($R = 0,287 \text{ kJ/kg-K}$; $\gamma = 1,4$) encerrada en un dispositivo cilindro-pistón. La superficie lateral del cilindro y su base están aisladas térmicamente, así como la superficie inferior del pistón. No existe rozamiento entre el pistón y el cilindro. El cilindro dispone de un anillo soldado en su borde superior. La masa del pistón es de 500 kg y su diámetro de 150 mm. La altura del cilindro es de 1100 mm.

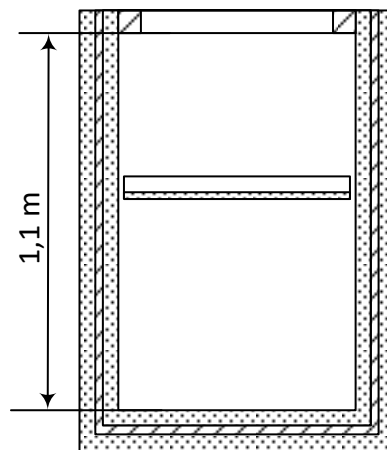
En el estado inicial el aire se encuentra a 25°C , en equilibrio. Instantáneamente se retira el aislamiento de la base del cilindro y se pone en contacto con un bloque de 5 kg de plomo (incompresible, $c = 130 \text{ J/kg-K}$; $\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$), de modo que éste sólo puede intercambiar calor con la base del cilindro. La temperatura inicial del plomo es de 500°C .

El proceso transcurre de forma cuasiestática hasta que se alcanza el equilibrio, siendo entonces la presión del aire superior a la inicial.

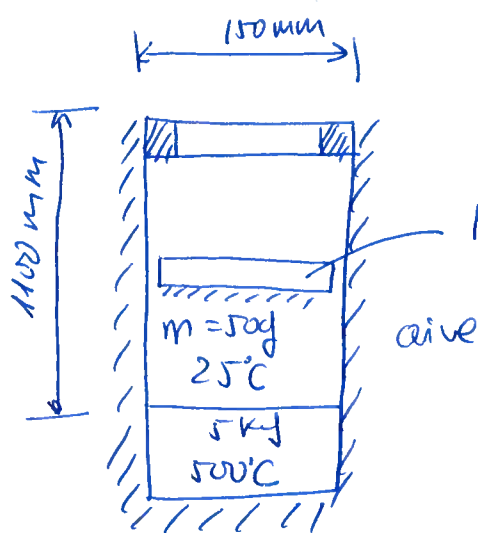
Las condiciones del ambiente son de 100 kPa y 25°C . Tómesese $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Se pide:

- Presión inicial del aire (1 p)
- Cota inicial del pistón respecto a la base del cilindro (1 p)
- Temperatura final del aire (3 p)
- Presión final del aire (2 p)
- Calor intercambiado entre el plomo y el aire (2 p)
- Representación del proceso en el diagrama p-v (1 p)



Estado inicial



$$M_p = 500 \text{ kg}$$

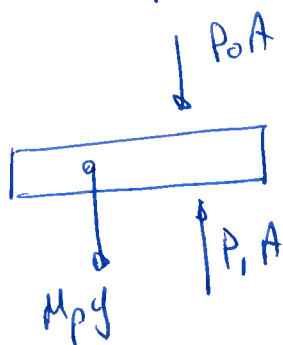
$$\left. \begin{aligned} R &= 0,287 \text{ kJ/kg-K} \\ \gamma &= 1,4 \end{aligned} \right\} \text{aire}$$

$$\left. \begin{aligned} c &= 0,13 \text{ kJ/kg-K} \\ \rho &= 11,35 \text{ g/cm}^3 \end{aligned} \right\} \text{Pb}$$

$$P_0 = 100 \text{ kPa} ; T_0 = 25^\circ\text{C} ; g = 9,8 \text{ N/kg} ; P_2 > P_1$$

a) Presión inicial del aire

Como $P_2 > P_1 \Rightarrow$ Estado inicial sin tocar el anillo y final empotrado en el mismo.



$$\begin{aligned} \boxed{P_1} &= P_0 + \frac{M_p g}{A} = 100 + \frac{500 \times 9,8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,15^2}{4}} = \\ &= \boxed{377,28 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

b) Cote inicial

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= n R T_1 \rightarrow V_1 = \frac{0,05 \times 0,287 \times 298}{377,28} = 0,01133 \text{ m}^3 = \\ &= \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} Z_1 \rightarrow \boxed{Z_1 = 0,6414 \text{ m}} \end{aligned}$$

c) Temperature final

Tomando como sistema "plomo + aire":

$$0 - W_{12} = m_a C_v (T_2 - T_1) + m_s C_s (T_2 - T_{is})$$

$$W_{12} = P_1 (V_2 - V_1) = 377,28 (1,1 - 0,6414) \frac{\pi 0,15^2}{4} =$$

$$= 3,0575 \text{ kJ}$$

\nearrow
 $P =$ de cuando el pistón
 se mueve

$$R = c_p - c_v = c_v (8 - 1) \rightarrow c_v = 0,7775 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$-3,0575 = T_2 (m_a c_v + m_s c_s) - m_a c_v T_1 - m_s c_s T_{is}$$

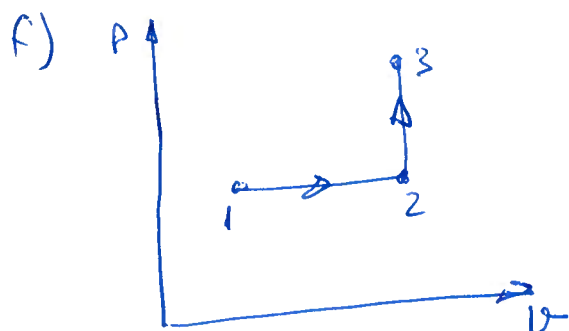
$$\rightarrow \boxed{T_2 = 470,7^\circ\text{C}}$$

d) Pressure final

$$P_2 = \frac{m R T_2}{V_2} = \frac{0,05 \times 0,287 (470,7 + 273)}{\frac{\pi 0,15^2}{4} \times 1,1} = \boxed{549,01 \text{ kPa}}$$

e) Calor intercambiado

$$\text{Sólido: } Q_{12} = m_s c_s (T_2 - T_{is}) = \boxed{-19,05 \text{ kJ}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{del sólido} \\ \text{al aire} \end{array} \right)$$



TERMODINÁMICA

Ejercicio del Tema 3

Nombre _____ Grupos B - F

No está permitido el empleo de calculadoras programables ni la consulta de libros, apuntes o formularios. Los teléfonos móviles y relojes “smartwatch” deberán permanecer apagados y fuera del alcance del alumno.

La figura muestra una masa de 250 g de aire (gas ideal $R = 287 \text{ J/kg-K}$) encerrada en un dispositivo cilindro-pistón. La superficie lateral del cilindro y su base están aisladas térmicamente, así como la superficie inferior del pistón. No existe rozamiento entre el pistón y el cilindro. El cilindro dispone de un anillo soldado a 7 metros de su base, estando el pistón por encima del mismo. La masa del pistón es de 500 kg y su diámetro de 125 mm.

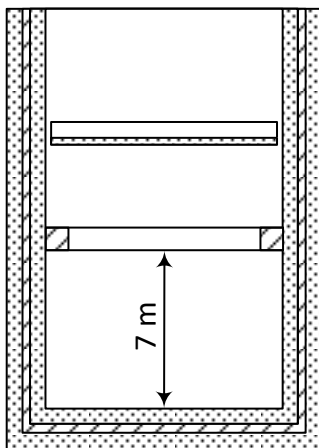
En el estado inicial el aire se encuentra a 600°C , en equilibrio. Instantáneamente se retira el aislamiento de la base del cilindro y se pone en contacto con un bloque de plomo (incompresible, $c = 130 \text{ J/kg-K}$; $\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$), de modo que éste sólo puede intercambiar calor con la base del cilindro. La temperatura inicial del plomo es de 20°C .

El proceso transcurre de forma cuasiestática hasta que se alcanza el equilibrio, siendo entonces la presión del aire la mitad de la inicial.

Las condiciones del ambiente son de 100 kPa y 25°C . Tómese $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Se pide:

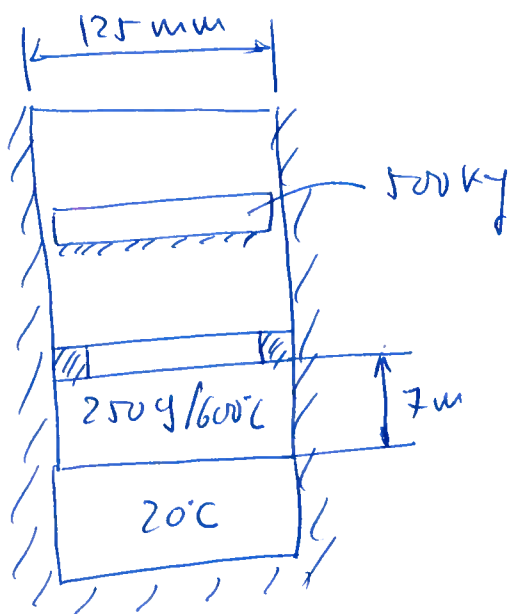
- Presión inicial del aire (1 p)
- Cota inicial del pistón respecto a la base del cilindro (1 p)
- Temperatura final del aire (2 p)
- Masa del sólido (3 p)
- Calor intercambiado entre el plomo y el aire (2 p)
- Representación del proceso que experimenta el aire en el diagrama p-v (1 p)



Estado inicial

T [°C]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]
0	0.000	78.36
20	14.34	98.44
40	28.70	118.5
60	43.08	138.7
80	57.49	158.8
100	71.93	179.0
120	86.42	199.2
140	101.0	219.5
160	115.5	239.8
180	130.2	260.2
200	144.9	280.7
220	159.7	301.2
240	174.5	321.8
260	189.5	342.5
280	204.5	363.2
300	219.6	384.1

T [°C]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]
400	296.5	489.7
420	312.2	511.1
440	328.0	532.6
460	343.9	554.2
480	359.8	575.9
500	375.9	597.7
520	392.0	619.6
540	408.3	641.6
560	424.6	663.7
580	441.0	685.9
600	457.5	708.1
620	474.1	730.5
640	490.8	752.9
660	507.6	775.4
680	524.5	798.0
700	541.4	820.7



$$C_s = 0,13 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

- 1 -

$$\rho_s = 11,35 \text{ g/cm}^3$$

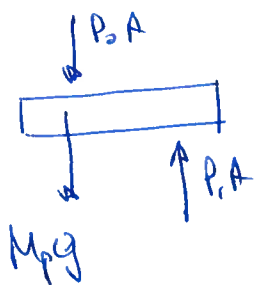
$$P_2 = P_1 / 2$$

$$P_0 = 100 \text{ kPa}; T_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$g = 9,8 \text{ N/kg}$$

a) Presión inicial

$P_2 < P_1 \Rightarrow$ en el estado final el pistón se apoya sobre el anillo, pero inicialmente está por encima.



$$P_1 = 100 + \frac{500 \times 9,8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,125^2}{4}} = \boxed{499,3 \text{ kPa}}$$

b) Cota inicial

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{m R T_1}{P_1} = \frac{0,25 \times 0,287 \times (600 + 273)}{499,3} = 0,1255 \text{ m}^3 \\ &= \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} z_1 \rightarrow \boxed{z_1 = 10,22 \text{ m}} > 7 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Temperature final

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{m R} = \frac{(499,3/2) \cdot \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} \times 7}{0,25 \times 0,287} = 298,89 \text{ K} = \boxed{25,89^\circ\text{C}}$$

d) Mass del sólido

sistema : plomo + aire

$$0 - W_{12} = m_a (u_2 - u_1) + m_s C_s (T_2 - T_{i,s})$$

$$W_{12} = P_1 (v_2 - v_1) = 499,3 \left(\cancel{10} 7 - 10,22 \right) \frac{\pi 0,125^2}{4} =$$

$$= -19,73 \text{ kJ}$$

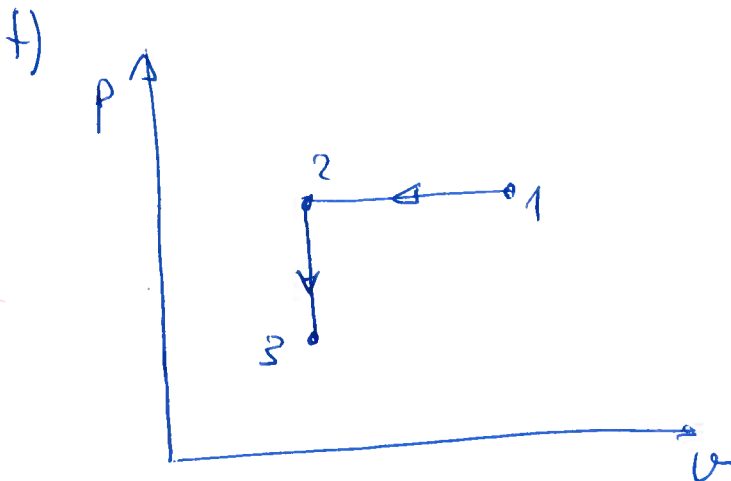
$$u_2 = 18,569 \text{ kJ/kg}$$

$$u_1 = 457,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{19,73 - 0,25(18,569 - 457,5)}{0,13(25,89 - 20)} = \underline{\underline{m_3 = 169,08 \text{ kg}}}$$

e) Calor intercambiado

plomo: $Q_{12} = m_1 c_p (T_2 - T_1) = 169,08 \times 0,13(25,89 -$
 $-20) = \underline{\underline{129,46 \text{ kJ}}}$ (del aire al plomo)



TERMODINÁMICA

Ejercicio del Tema 3

Nombre _____ Grupos C - D

No está permitido el empleo de calculadoras programables ni la consulta de libros, apuntes o formularios. Los teléfonos móviles y relojes “smartwatch” deberán permanecer apagados y fuera del alcance del alumno.

La figura muestra una masa de 50 g de aire (gas ideal $R = 287 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$) encerrada en un dispositivo cilindro-pistón. La superficie lateral del cilindro y su base están aisladas térmicamente, así como la superficie inferior del pistón. No existe rozamiento entre el pistón y el cilindro. Sobre el pistón actúa un muelle de constante elástica 10 kN/m . La masa del pistón es de 500 kg y su diámetro de 245 mm .

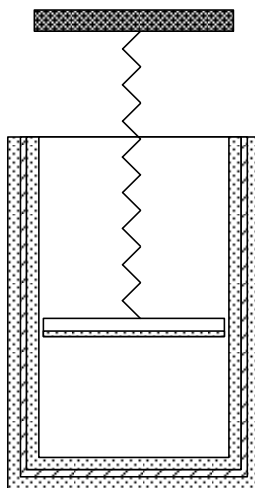
En el estado inicial, de equilibrio, el aire se encuentra a 25°C y el muelle carece de deformación. Instantáneamente se retira el aislamiento de la base del cilindro y se pone en contacto con un bloque de plomo (incompresible, $c = 130 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$; $\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$) de 15 kg , de modo que éste sólo puede intercambiar calor con la base del cilindro.

El proceso transcurre de forma cuasiestática hasta que se alcanza el equilibrio, siendo entonces el volumen ocupado por el aire en el cilindro el doble del inicial.

Las condiciones del ambiente son de $96,1 \text{ kPa}$ y 25°C . Tómesese $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Se pide:

- | | |
|---|-------|
| • Presión inicial del aire | (1 p) |
| • Volumen inicial del aire | (1 p) |
| • Temperatura final del aire | (2 p) |
| • Temperatura inicial del plomo | (3 p) |
| • Calor intercambiado entre el plomo y el aire | (2 p) |
| • Representación del proceso en el diagrama p-v | (1 p) |



Estado inicial

T [°C]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]
0	0.000	78.36
20	14.34	98.44
40	28.70	118.5
60	43.08	138.7
80	57.49	158.8
100	71.93	179.0
120	86.42	199.2
140	101.0	219.5
160	115.5	239.8
180	130.2	260.2
200	144.9	280.7
220	159.7	301.2
240	174.5	321.8
260	189.5	342.5
280	204.5	363.2
300	219.6	384.1

T [°C]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]
400	296.5	489.7
420	312.2	511.1
440	328.0	532.6
460	343.9	554.2
480	359.8	575.9
500	375.9	597.7
520	392.0	619.6
540	408.3	641.6
560	424.6	663.7
580	441.0	685.9
600	457.5	708.1
620	474.1	730.5
640	490.8	752.9
660	507.6	775.4
680	524.5	798.0
700	541.4	820.7

$$T_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$\delta_1 = 0$$

$$m_s = 15 \text{ kg}$$

$$c_s = 0,13 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

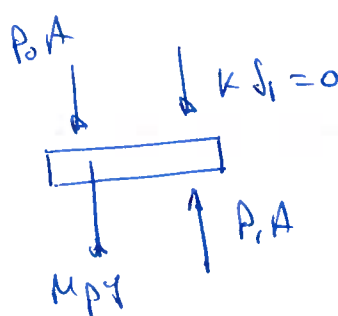
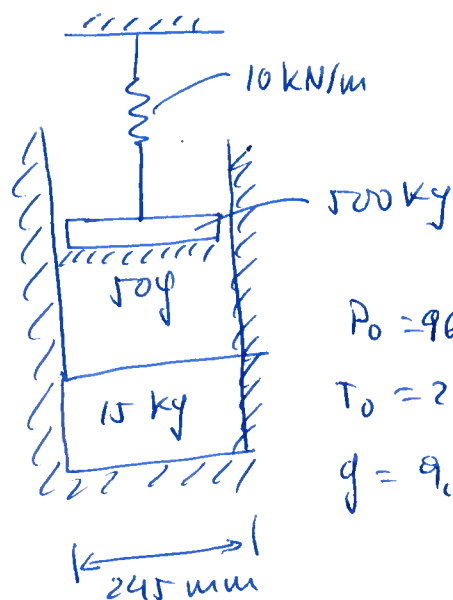
$$\rho_s = 11,35 \text{ g/cm}^3$$

$$\sqrt{2} = 2 \sqrt{1}$$

a) Presión inicial

$$P_1 = P_0 + \frac{m_p g}{A} =$$

$$= 96,1 + \frac{500 \times 9,8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi \times 0,245^2}{4}} = \underline{\underline{200,038 \text{ kPa}}}$$



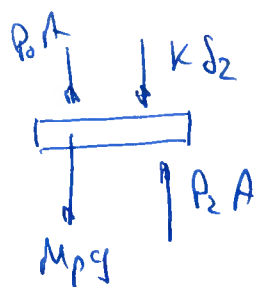
b) Volumen inicial

$$V_1 = \frac{m R T_1}{P_1} = \frac{0,05 \times 0,287 (25 + 273)}{200,038} = \underline{\underline{0,02138 \text{ m}^3}}$$

c) Temperatura final

$$\sqrt{2} = 2 \sqrt{1} \Rightarrow V_2 = 0,04275 \text{ m}^3; \quad \delta_2 = \frac{V_2 - V_1}{A} = \frac{0,02138}{\frac{\pi \times 0,245^2}{4}} =$$

$$= 0,4535 \text{ m}$$



$$P_2 = P_1 + k \frac{\delta_2}{A} = 200,038 + \frac{10 \times 0,4535}{\frac{\pi \times 0,245^2}{4}} =$$

$$= \underline{\underline{296,197 \text{ kPa}}}$$

$$T_2 = \frac{P_2 v_2}{mR} = \frac{296,197 \times 0,04275}{0,05 \times 0,287} = 882,399 \text{ K} = \underline{\underline{609,4^\circ\text{C}}}$$

d) Temperature inicial del sólido

Sistema "aire + plomo"

$$0 - W_{12} = m_a (u_2 - u_1) + m_s c_s (T_2 - T_{1s})$$

$$W_{12} = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) (v_2 - v_1) = \left(\frac{200,038 + 296,197}{2} \right) 0,02138 =$$

$$= 5,3048 \text{ KJ}$$

$$u_1 = 17,93 \text{ KJ/Kg} \quad u_2 = 465,3 \text{ KJ/Kg}$$

$$T_{1s} = \frac{5,3048 + 0,05(465,3 - 17,93)}{15 \times 0,13} + 609,4 =$$

$$= \underline{\underline{623,59^\circ\text{C}}}$$

e) Calor intercambiado

$$\text{Plomo: } Q_{12} = m_s c_s (T_2 - T_{1s}) = \underline{\underline{-27,67 \text{ KJ}}} \quad (\text{del plomo al aire})$$

f) Diagrama p-v

