

TERMODINÁMICA

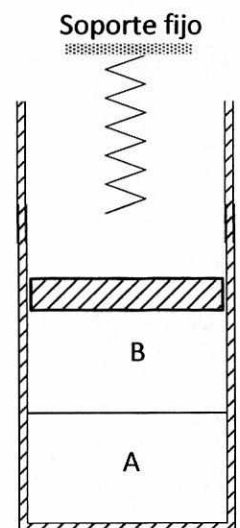
Examen Intersemestral

Nombre _____ Grupo _____

El dispositivo de la figura consta de un cilindro-pistón (B) que contiene un gas ideal ($R = 319 \text{ J/kg-K}$) y de un cilindro hueco y rígido (A) que contiene 300 gramos del mismo gas ideal. En el estado inicial A y B están desacoplados, estando todas las superficies aisladas térmicamente con excepción de la base del dispositivo B. Dicho estado inicial es de equilibrio. La temperatura ambiente es de 27°C y la presión ambiente de 1 bar. El pistón del dispositivo B tiene una masa de 100 kg y desliza sin rozamiento. El diámetro de ambos cilindros es de 250 mm.

Sobre el pistón, tal como se muestra en la figura, actúa un muelle cuando el pistón ha ascendido una cierta cantidad. En el estado inicial el muelle está en su longitud natural. Dicho muelle se comporta de forma lineal mientras sus espiras estén separadas, pasando a ser una barra rígida cuando sus espiras hacen contacto entre ellas.

En un momento dado se retira el aislante de la tapa del cilindro A y se pone el cilindro B sobre él (tal como se recoge en la figura). A partir de entonces se verifica un proceso cuasiestático, terminando cuando se alcanza el equilibrio. La tabla muestra las coordenadas del proceso, siendo el estado (2) el momento en que el pistón hace contacto con el muelle y (3) el momento en el que las espiras del muelle han hecho contacto entre ellas (muelle como barra rígida).



	A				B			
estado	1	2	3	4	1	2	3	4
p [bar]	14,36	13,89	13,14	12,6	p_{B1} 1,2	p_{B1} 1,2	1,80	2,29
T [K]	1500	1452	1373	1317	300	600	1034	1317
V [dm ³]	100	100	100	100	50	100	V_{B3} 114,8	V_{B3} 114,8

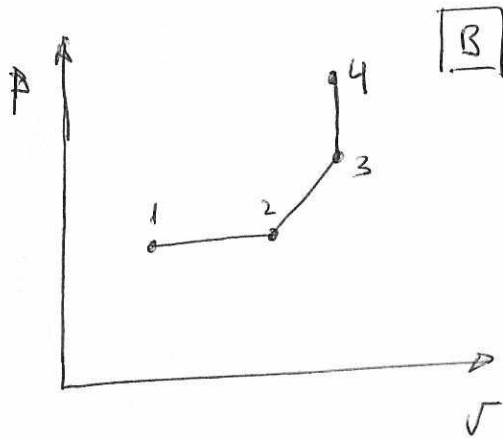
Se pide:

- Diagrama p – V del gas de cada recinto
- Rellenar la tabla
- Constante de rigidez del muelle

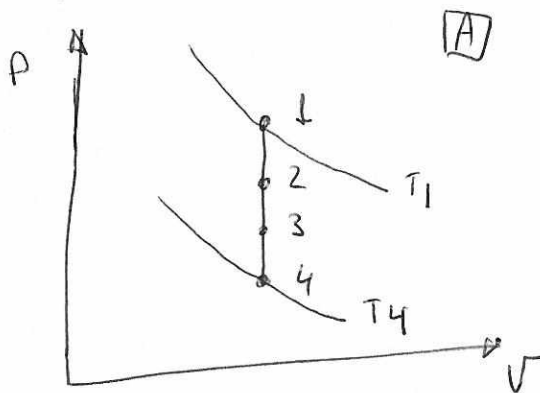
Tablas de la sustancia como gas ideal

T [K]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]	T [K]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]
280	8644	8733	920	9841	10134
300	8671	8767	940	9885	10185
320	8699	8801	960	9930	10237
340	8728	8837	980	9976	10289
360	8758	8873	1000	10022	10341
380	8789	8911	1020	10068	10393
400	8821	8949	1040	10114	10446
420	8853	8988	1060	10160	10499
440	8887	9027	1080	10207	10552
460	8921	9067	1100	10255	10606
480	8955	9108	1120	10302	10660
500	8990	9150	1140	10350	10714
520	9026	9192	1160	10398	10768
540	9062	9235	1180	10446	10823
560	9099	9278	1200	10494	10878
580	9137	9322	1220	10543	10933
600	9175	9366	1240	10592	10988
620	9213	9411	1260	10641	11044
640	9252	9456	1280	10691	11100
660	9291	9502	1300	10741	11156
680	9331	9548	1320	10790	11212
700	9372	9595	1340	10841	11268
720	9412	9642	1360	10891	11325
740	9453	9690	1380	10942	11382
760	9495	9738	1400	10992	11439
780	9537	9786	1420	11043	11497
800	9579	9835	1440	11095	11554
820	9622	9884	1460	11146	11612
840	9665	9933	1480	11198	11670
860	9708	9983	1500	11250	11728
880	9752	10033	1520	11302	11787
900	9796	10083			

a) Tal como se describe en la Tabla y el texto el gas en el cilindro B sigue un proceso de expansión:



Para que se produzca tal expansión contra las fuerzas exteriores del A, que por tanto men constante donde ve un proceso a volu bajo su temperatura al ser un gas ideal.



b) Para rellenar la tabla es preciso ir calculando las diferentes propiedades.

Proceso 1-2

$$P_{1A} = \frac{0.3 \times 0.319 \times 1500}{0.1} = 1435.5 \text{ kPa}$$

$$P_{1B} = 100 + \frac{100 \times 9.8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi 0.25^2}{4}} = 119.964 \text{ kPa}$$

$$T_{1B} = 300 \text{ K}$$

$$m_B = \frac{119.964 \times 0.05}{0.319 \times 300} = 0.062677 \text{ kg}$$

$$P_{B2} = P_{B1} = 119.964 \text{ kPa}$$

$$T_{B2} = \frac{119.964 \times 0.1}{0.062677 \times 0.319} = 599.998 \text{ K} \approx 600 \text{ K}$$

$$u_{A1} = 11250 \text{ kJ/kg}$$

$$u_{B1} = 8671 \text{ kJ/kg} ; u_{B2} = 9175 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{12} = 119.964 (0.1 - 0.05) = 5.9982 \text{ kJ}$$

$$-5.9982 = 0.3 (u_{A2} - 11250) + 0.062677 (9175 - 8671)$$

$$\rightarrow u_{A2} = 11124.71 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{A2} = 1451.65 \text{ K}$$

$$P_{A2} = \frac{0.3 \times 0.319 \times 1451.65}{0.1} = 1389.23 \text{ kPa}$$

Proceso 2-3

$$P_{43} = \frac{0.3 \times 0.319 \times 1373}{0.1} = 1313,96 \text{ kPa}$$

$$u_{43} = 10924,15 \text{ kJ/kg}$$

Como en el proceso 2-3 la presión crece linealmente por acción del muelle el trabajo se puede evaluar a partir del área del trapecio:

$$W_{23} = \left[\frac{180 + 119,964}{2} \right] [v_{B3} - 0.1]$$

operando con la ecuación de estado:

$$180 v_{B3} = 0.062677 \times 0.319 \times T_{B3}$$

$$\rightarrow v_{B3} = 1,110776 \times 10^{-4} T_{B3}$$

sustituyendo en W_{23} :

$$W_{23} = 0,01666 T_{B3} - 14,9982 \text{ [kJ]}$$

↑
[K]

Aplicando el Primer Principio:

$$- [0.01666 T_{B3} - 14,9982] = 0.3 (10924,15 - 11124,71) + 0,062677 (u_{B3} - 9175)$$

operando la ecuación anterior:

$$0 = T_{B3} + 3,762207 u_{B3} - 39029,2722 = f(T_{B3})$$

Para resolver la ecuación anterior se tiene
para $T_{B3} > T_{B2}$

T_{B3}	u_{B3}	$f(T_{B3})$
1020	10068	-131,37
1040	10114	+61,69

buscando el valor nulo de f :

$$T_{B3} - 1020 = \frac{20}{61,69 + 131,37} (0 + 131,37)$$

$$T_{B3} = 1033,61 \text{ K}$$

$$u_{B3} - 10068 = \frac{10114 - 10068}{61,69 + 131,37} \times 131,37$$

$$u_{B3} = 10099,3 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{B3} = 0,114811 \text{ m}^3$$

Proceso 3-4

$$T_{B4} = T_{A4} = T_4$$

$$v_{B3} = v_{B4} = 0,114811 \text{ m}^3$$

$$W_{34} = 0$$

$$0 = 0,3 (u_4 - 10924,15) + 0,062677 (u_4 - 10099,3)$$

$$\rightarrow u_4 = 10781,6 \text{ kJ/kg}$$

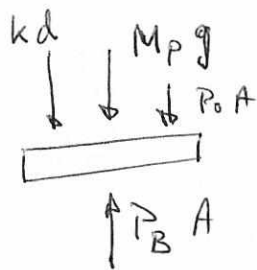
$$\rightarrow T_4 = 1316,57 \text{ K}$$

$$P_{B4} = \frac{0'062677 \times 0'319 \times 1316,57}{0,114811} = 229,28 \text{ kPa}$$

$$P_{A4} = \frac{0,3 \times 0,319 \times 1316,57}{0,1} = 1259,96 \text{ kPa}$$

c) constante del resorte

se plantea la ley de la presión en el proceso 2-3:



$$P_B = \underbrace{P_0 + \frac{M_P g}{A}}_{P_{B2}} + \frac{K}{A} \cdot \frac{\sqrt{B} - \sqrt{B_2}}{A}$$

En concreto en el estado 3:

$$P_{B3} = P_{B2} + \frac{K}{A^2} (\sqrt{B_3} - \sqrt{B_2})$$

$$180 = 119,964 + \frac{K}{\left[\frac{\pi 0,25^2}{4}\right]^2} (0,114811 - 0,1)$$

$$\rightarrow K = 9,767 \text{ kN/m}$$