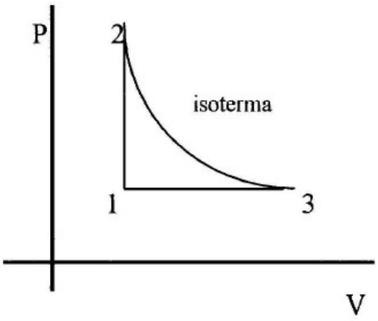
enrique@fiquipedia.es Revisado 17 febrero 2016

CUESTIÓN 3: Un mol de gas monoatómico describe el ciclo indicado en la figura. Hallar AU, Q, W, AS y AH en cada una de las ramas del ciclo.



T_1 = 300 ºK T_2 = 600 ºK V_1 = 10 l.
R = 0,082 atm.l/mol·ºK; atm.=1,013. 105 pascales
c_v=12,54 Jul/mol ºK c_p=20,9 Jul/mol ºK

Comentarios (se incluye enunciado como era originalmente):
Enunciado usaba A en lugar de Δ, indicaba 105 en lugar "10^5"
Enunciado indica ºK cuando el símbolo correcto es K
http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-927#ci
Enunciado indica "Jul" cuando el símbolo correcto es J
http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-927#cii
Enunciado indica 1 atm =1,013·10^5 Pa, cuando son 1,01325·10^5
http://www.bipm.org/en/CGPM/
Enunciado indica que es monoatómico, con lo que idealmente c_p=5/2R, c_v=3/2R, con lo que los datos de c_v y c_p son redundantes, ya que los podríamos calcular si cambiamos de unidades R
$0{,}082\frac{\cancel{atm}\cdot\cancel{L}}{mol\,K}\cdot\frac{101325\,Pa}{1\,\cancel{atm}}\cdot\frac{1\,m^3}{1000\,\cancel{L}}\approx 8{,}31\frac{J}{mol\,K}$ *y numéricamente (5/2)·8,31≈20,8 y (3/2)·8,31≈12,5, próximos a los valores del enunciado.*

Similar a Andalucía 1994-4, solamente que allí no es un ciclo.
Similar a Cataluña 2000-A2

En general en problemas de termodinámica debemos comenzar dejando claro el convenio de signos usado: se utiliza el convenio IUPAC según el cual la primera ley es ΔU=Q+W, Q>0 y W>0 son aportados al sistema (no se utiliza el convenio Clausius según el cual es ΔU=Q-W)

No se indica sentido en el que se recorre el ciclo, asumimos que es según la secuencia en la que se numeran.
Llamamos A a la rama que va 1 a 2; proceso isócoro
Llamamos B a la rama que va de 2 a 3; proceso isotermo
Llamamos C a la ramaque va de 3 a 1; proceso isobáro

Calculamos valores de P, V y T en los tres puntos:
1: V_1=10 L; T_1=300 K; $P_1=\frac{nRT_1}{V_1}=\frac{1\cdot 0{,}082\cdot 300}{10}=2{,}46\,atm$
2: V_2=V_1=10 L; T_2=600 K; $P_2=\frac{nRT_2}{V_2}=\frac{1\cdot 0{,}082\cdot 600}{10}=4{,}92\,atm$
(la presión se duplica si la temperatura se duplica a volumen constante)
3: P_3=P_1; T_3=T_2; $P_2V_2=P_3V_3\Rightarrow V_3=V_2\frac{P_2}{P_3}=10\cdot\frac{4{,}92}{2{,}46}=20\,L$
(el volumen se duplica si la presión se reduce a la mitad a temperatura constante)

Para el **proceso A** (isócoro)
W=0 (no hay trabajo al ser el volumen constante)
Q=Q_V=**ΔU**=$nc_V\Delta T$=1·12,54·(600-300)=**3762 J**(absorbido, al aumentar P a V constante)

ΔH=$nc_P\Delta T$=1·20,9·(600-300)=**6270 J**

$$\Delta S=\int\frac{\delta Q}{T};\delta Q=nc_v dT;\Delta S=nc_v\int\frac{dT}{T}=nc_v\ln(\frac{T_2}{T_1})=1\cdot 12{,}54\cdot\ln(\frac{600}{300})=8{,}69\,J/K$$

ΔS=8,69 J/K Variación de entropía positiva, el sistema aumenta de temperatura a V cte.

Para el **proceso B** (isotermo)

ΔU=0 (la energía interna es una función de estado, no varía si no varía la temperatura cuando se trata de un gas en el que no ha habido cambio de estado)

W=-nRTln(V_3/V_2)=-1·8,31·600·ln(2)=**-3456 J** (trabajo liberado, se expande)

Q=-W=**3456 J** (calor aportado, si se expande a misma T)

ΔH=0 (entalpía es también una función de estado)

ΔS=Q/T=3456/600=**5,76 J/K** (positiva, aumenta al expandirse a T cte y aumentar V)

Para el **proceso C** (isóbaro)

W=-nPΔV=-1·2,46·(10-20)=24,6 atm·L ;

W= 24,6·101,325 = **2492,6 J** (positivo, trabajo aportado, se comprime)

Q=ΔH=Q_p=$nc_p\Delta T$=1·20,9·(300-600)=**-6270 J**

ΔU=Q_v=$nc_v\Delta T$=1·12,54·(300-600)=**-3762 J**

El trabajo también se podría calcular como W=ΔU-Q=-3762-(-6270)=2508 J. No coincide exactamente pero si usamos c_p=20,8 Q=-6240 y c_v=12,5, ΔU=3750 la diferencia sería 2490 J, más próximo salvo redondeos.

$$\Delta S=\int\frac{\delta Q}{T};\delta Q=nc_P dT;\Delta S=nc_P\int\frac{dT}{T}=nc_p\ln(\frac{T_1}{T_3})=1\cdot 20{,}9\cdot\ln(\frac{300}{600})=-14{,}49\,J/K$$

Comprobamos que en el ciclo la variación de todas las funciones de estado es nula

$\Delta U_A+\Delta U_B+\Delta U_C$=3762+0-3762=0

$\Delta H_A+\Delta H_B+\Delta H_C$=6270+0-6270=0

$S_A+S_B+S_C$=8,69+5,76-14,49≈0 (salvo redondeos)