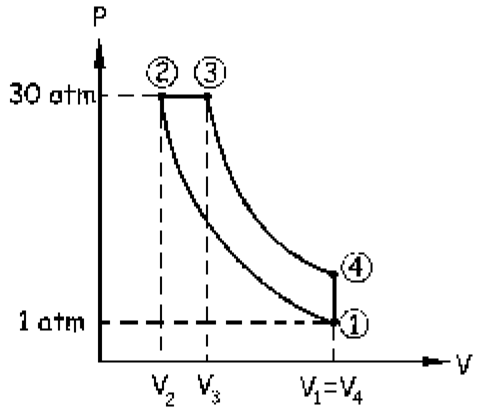
1.- Una masa de aire de 1 kg se encuentra inicialmente a una temperatura de 15 ºC y una presión de 76 cm de Hg. Se le hace describir el siguiente ciclo:
a) Compresión adiabática hasta una presión de 30 atm.
b) Calentamiento a presión constante suministrando 300 kcal.
c) Expansión adiabática hasta llegar al volumen inicial.
d) Transformación isocora hasta llegar a las condiciones iniciales.
Calcular:
1º) Presión, volumen y temperatura final de cada una de las transformaciones.
Rendimiento del ciclo.
Datos:
C_p=0,25 cal·g^{-1}·ºC^{-1}; Coeficiente adiabático, γ=1,4; Masa 1 litro aire c.n.=1,293 g

Referencias
http://www4.uva.es/goya/Intranet/Pages/SelProblema.asp?p_Tema=23&p_Cuestion=0 Problema 9
Resolución http://www4.uva.es/goya/Intranet/Pages/Resolucion.asp?p_Problema=608
Comentado por oposmica y sleepylavoisier en http://docentesconeducacion.es/viewtopic.php?f=92&t=3599&p=26454#p26415

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)



http://www.uva.es, Resolución

Usamos números para las condiciones y letras para las transformaciones.
Expresamos resultados con tres cifras significativas (lo suyo sería usar 2 cs que son las de los peores datos: hay datos que tienen 2 como γ y C_p y datos con 4 como masa en c.n.).
P_1= 76 cm Hg = 1,00 atm
T_1=273+15=288 K
En condiciones normales 1 kg ocupa

$$\rho=1{,}293\frac{g}{L}\Rightarrow V=\frac{m}{\rho}=\frac{10^3}{1{,}293}=773{,}4\,L$$

Utilizamos como condiciones normales 10^5 Pa (según definición IUPAC 1982, antes era 1 atm = 101325 Pa), y con la ley de gases ideales calculamos el volumen a 15 ºC y 1 atm.

$$\frac{P_{cn}V_{cn}}{T_{cn}}=\frac{P_1V_1}{T_1}\Rightarrow V_1=V_{cn}\frac{P_{cn}}{P_1}\frac{T_1}{T_{cn}}=773{,}4\cdot\frac{10^5}{101325}\cdot\frac{288}{273}=805\,L$$

(Algo mayor a condiciones normales ya que la temperatura es algo mayor, 15 ºC frente a 0 ºC)

Transformación a (1→2), adiabática
P_2=30 atm

$$P_1V_1^{\gamma}=P_2V_2^{\gamma}\Rightarrow V_2=V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}=805\cdot\left(\frac{1}{30}\right)^{\frac{1}{1{,}4}}=70{,}9\,L$$

$$T_1V_1^{\gamma-1}=T_2V_2^{\gamma-1}\Rightarrow T_2=T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}=288\cdot\left(\frac{805}{70{,}9}\right)^{0{,}4}=761\,K$$

Adiabática, Q=0, ΔU=W
Al ser la energía interna una función de estado que solamente depende de T
No tenemos R como dato explícito, lo debemos deducir a partir de los datos, usando las unidades

adecuadas (si se dan los datos no podemos usar directamente R=0,082 atm·L/mol·K)

$$\gamma=\frac{C_p}{C_v}\Rightarrow C_v=\frac{C_p}{\gamma}=\frac{0{,}25}{1{,}4}=0{,}1786$$

$$C_p=C_v+R\Rightarrow R=C_p-C_v=0{,}25-0{,}1786=0{,}0714\,cal\cdot g^{-1}\cdot{}^{o}C^{-1}$$

$$0{,}0714\cdot 4{,}18\,\cancel{J}\cdot\frac{1\,atm}{101325\,\cancel{Pa}}\cdot\frac{10^3\,L}{1\,\cancel{m^3}}=0{,}002945\,atm\cdot L/g\cdot K$$

>Validamos: si asociamos a aire de masa molar media unos 28 g, se tiene R≈2 cal/mol·K y R≈0,082 atm·L/mol·K

$\Delta U=m\cdot C_v\,\Delta T=1000\cdot 0{,}1786\cdot(761-288)=84478$ cal = 84,478 kcal (positivo, aportado)

>Comentario: se una vez se tiene P_2 y V_2 se utiliza la ley de los gases ideales para calcular T_2, se tendría que utilizar R, del que no tenemos valor explícito en enunciado. Si usamos el valor anterior

$T_2=P_2V_2/mR=30\cdot 70{,}9/1000\cdot 0{,}002945)=722$ K

Pero el valor de R realmente tendría 2 cifras significativas (como Cp y γ) por lo que sería 0,0029 atm·L/g·K, y también los datos previos (70,9 sería 71, pero proviene de haber asumido 805 que serían realmente 810 L con 2 cifras significativas …) Se trata de una discrepancia por precisión.

Transformación b (2→3) , isóbara, Q=300 kcal

$P_3=30$ atm

$Q=m\cdot C_p\,\Delta T$; $300000=1000\cdot 0{,}25\cdot(T_3-761)$ → $T_3=1960$ K

$$V_3=m\frac{RT_3}{P_3}=1000\cdot 0{,}002945\cdot\frac{1961}{30}=192\,L$$

$W=-P\Delta V=-30\cdot(192-70{,}9)=-3633$ atm·L=-88,065 kcal

Transformación c (3→4), adiabática

$V_4=V_1=805$ L

$$P_3V_3^{\gamma}=P_4V_4^{\gamma}\Rightarrow P_4=P_3\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma}=30\cdot\left(\frac{193}{805}\right)^{1{,}4}=4{,}06\,atm$$

$$T_3V_3^{\gamma-1}=T_4V_4^{\gamma-1}\Rightarrow T_4=T_3\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}=1961\cdot\left(\frac{193}{805}\right)^{0{,}4}=1110\,K$$

Adiabática, Q=0, ΔU=W

Al ser la energía interna una función de estado que solamente depende de T

$\Delta U=m\cdot C_v\,\Delta T=1000\cdot 0{,}1786\cdot(1110-1961)=-151989$ cal = -151,989 kcal

Transformación d (4→1) , isócora

Isócora W=0

$\Delta U=Q=m\cdot C_v\,\Delta T=1000\cdot 0{,}1786\cdot(288-1110)=-147{,}056$ kcal (negativo, se enfría)

Resumimos tramos y comprobamos que en el ciclo ΔU=0

Estado	P (atm)	T (K)	V (L)	Transformación	Q (kcal)	W (kcal)	ΔU (kcal)
1	1	288	805				
				a	0	84,478	84,478
2	30	761	70,9				
				b	300	-88,065	211,935
3	30	1960	193				
				c	0	-151,989	-151,989
4	4,06	1110	805				
				d	-147,056	0	-147,056

				Ciclo a-b-c-d	152,944	-155,576	-2,632

(asumimos que ΔU≈0, error por redondeos de haber expresado P,T,V con 3 cifras significativas

$$Rendimiento=\frac{|W|}{Q_{aportado\,desde\,foco\,caliente}}=\frac{155{,}576}{300}=0{,}519=51{,}9\,\%$$

Validamos que es inferior al rendimiento teórico máximo asociado a la diferencia de temperaturas, que sería 1-288/1961=0,85