

## Problemas - Serie 3 – Física 1- UNSAM

### Calorimetría y Termodinámica- 1º y 2º ley

(I), (II) y (III) grado de complejidad, (op)=Opcional, (\*) resolución en clase

#### Calorimetría

- 1) (II) Una caja cúbica de  $4.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$  se llena con aire a presión atmosférica a  $20^\circ\text{C}$ : Si la caja se cierra y se calienta a  $180^\circ\text{C}$ , ¿Cuál será la fuerza neta en cada una de sus caras?
- 2) ¿Enfría el aire un ventilador ordinario? ¿Por qué si o por qué no?. Si no enfría ¿por qué lo usamos?
- 3) ¿Por qué una cantimplora se mantiene más fresca si se humedece la tela que la rodea?
- 4) La Tierra se enfría mucho más rápidamente durante la noche cuando el cielo está despejado que cuando está nublado. ¿Explique por qué?
- 5) ¿Por qué es plateada la cubierta de un termo?, ¿Por qué se hace vacío entre sus paredes? ¿Por qué se usa vidrio o acero inoxidable para construir termos, se podría usar cobre?
- 6) Una bala de plomo de 10 g se incrusta en un bloque de plomo de 1 kg. Como resultado de este proceso la temperatura del bloque pasa de  $22^\circ\text{C}$  a  $22.8^\circ\text{C}$ . Estime la velocidad de la bala. el calor específico del Pb es:  $c(\text{Pb})=0.128\text{J/g.K}$

#### Termodinámica 1º Ley

- 7) (I) Se enfría un litro de aire a presión constante hasta que su volumen se reduce a la mitad; a continuación se deja expandir isotérmicamente hasta su volumen original. Trace el proceso en un diagrama PV.
- 8) (I) Un gas ideal se comprime isobáricamente desde un volumen  $V_B=10 \text{ l}$  hasta un volumen  $V_A= 2 \text{ l}$  a la presión  $P_B=2\text{At}$  ( $B \rightarrow D$ ). Luego el gas se calienta isocóricamente ( $D \rightarrow A$ ) hasta su temperatura inicial  $T_B$ . a) Calcular el trabajo realizado sobre el gas en el proceso BDA. b) Calcular el calor intercambiado por el gas en el mismo proceso BDA c) Si el calor que pierde el gas en la figura 1 en el proceso BD fuera  $2.18 \times 10^3 \text{ J}$ , ¿Cuál sería el cambio en su energía interna en el mismo  $\Delta U_{BD}$ ?

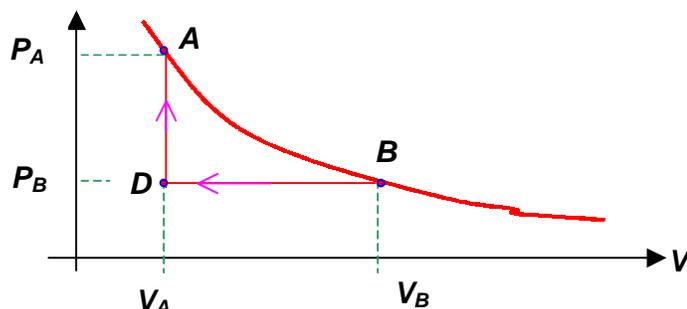
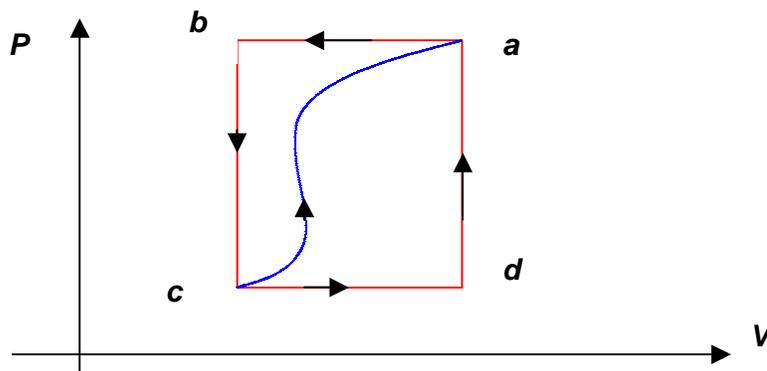


Figura 1

- 9) (I) Trace un diagrama PV de los procesos siguientes:  $2.0 \text{ l}$  de un gas ideal a presión atmosférica se enfrían a una presión constante hasta obtener un volumen de  $1,0 \text{ l}$ ; luego se expanden isotérmicamente hasta obtener, de nuevo,  $2,0 \text{ l}$ . En este

punto la presión se aumenta a un Volumen constante hasta que se alcanza la presión original.

- 10) (II) Un gas ideal es comprimido adiabáticamente hasta la mitad de su volumen. En el proceso se realizan 1350 J de trabajo sobre el gas. 1a) ¿Cuanto calor fluye hacia el gas o fuera de él? b) ¿Cuál es el cambio de energía interna del gas? (c) ¿Aumenta su temperatura o disminuye?
- 11) (II) Un gas ideal a una temperatura  $T_0$ , se expande de 400 ml a 710 ml a una presión constante de 5.0 atm. A continuación sale calor del gas, a un volumen constante y se permite que la presión y la temperatura disminuyan hasta que se alcanza la temperatura original  $T_0$ , Calcule (a) el trabajo total efectuado por el gas en el proceso y (b) el calor total que pasa al gas.
- 12) (III) Considere el siguiente proceso de dos pasos. Se permite que fluya calor fuera de un gas ideal a volumen constante, de modo que su presión disminuye de 2.2 atm a 1.5 atm. Luego el gas se expande a presión constante, desde un volumen de 6.8 l hasta 10.0 l, en cuyo punto la temperatura alcanza su valor original (Similar a como se muestra en la Figura 1). Calcule a) el trabajo total realizado por el gas durante el proceso, b) el cambio de energía interna del gas en el proceso y (c) el flujo total de calor que sale del gas o entra en él.



**Figura 2**

- 13) (II) En el proceso de llevar un gas del estado  $a$  al estado  $c$  a lo largo de la trayectoria curva de la figura 2, salen del sistema 80 J de calor, y se efectúan 55 J de trabajo sobre el sistema. (a) Calcule el cambio de energía interna,  $U_a - U_c$ . (b) Cuando el gas sigue la trayectoria  $cda$ , efectúa un trabajo  $W = 38$  J. ¿Cuánto calor  $Q$  se agrega al gas en el proceso  $cda$ ? (c) Si  $P_a = 2.5 P_d$ , ¿cuanto trabajo efectúa el gas en el proceso  $abc$ ? (d) ¿Cuanto vale  $Q$  para la trayectoria  $abc$ ? (e) Si  $U_a - U_b = -10$  J, ¿cuanto vale  $Q$  para el proceso  $bc$ ? Aquí tenemos un resumen de lo que se ha dado:
- $$Q_{a \rightarrow c} = -80 \text{ J} \quad U_a - U_b = -10 \text{ J}$$
- $$W_{a \rightarrow c} = -55 \text{ J} \quad P_a = 2.5 P_d$$
- $$W_{cda} = 38 \text{ J}$$
- 14) (II) Cuando un gas pasa de  $a$  a  $c$  a lo largo de la trayectoria curva de la figura 2, efectúa un trabajo  $W = -35$  J y el calor que se le agrega es  $Q = -63$  J. A lo largo de la trayectoria  $abc$ , el trabajo efectuado es  $W = -48$  J. (a) ¿Cuanto vale  $Q$  Para la trayectoria  $abc$ ? (b) Si  $P_c = 0.5 P_b$ , ¿cual es  $W$  para la trayectoria  $cda$ ? (c) ¿Cuanto vale  $Q$  Para la trayectoria  $cda$ ? (d) ¿Cuanto vale  $U_a - U_c$ ? (e) Si  $U_d - U_c = 5$  J, ¿cuanto vale  $Q$  para la trayectoria  $da$ ?

- 15) (III) Suponga que un gas sigue el ciclo rectangular que se muestra en la figura 2, en el sentido de las manecillas del reloj, inicia en  $b$ , luego se desplaza hacia  $a$ , de ahí a  $d$ , después a  $c$  y finalmente a  $b$ . Utilizando los valores dados en el problema anterior, calcule a) el trabajo neto realizado, (b) el flujo mío de calor y (c) el cambio total de energía interna. (d) ¿Qué porcentaje del calor tomado inicialmente se convirtió en trabajo útil?, es decir, ¿qué tan eficiente es este ciclo "rectangular"? Expréselo como porcentaje.

## Termodinámica 2º Ley

- 16) (\*) Piense en varios procesos, que no se hayan mencionado ya, que obedezcan la primera ley de la termodinámica, pero que, si sucedieran en realidad, violaran la segunda ley.
- 17) (\*) Suponga que junta una gran cantidad de papeles esparcidos por el piso, y que los coloca en una pila uniforme. Viola esto la segunda ley de la termodinámica? Explique la respuesta.
- 18) A. veces se enuncia la primera ley de la termodinámica, en forma eufemista, de la siguiente manera: "Nada se obtiene gratis". Y la segunda ley: "nunca se puede salir a mano". Explique porqué estos enunciados son equivalentes a los enunciados formales.
- 19) (\*) Cite tres ejemplos de procesos naturales que demuestren la degradación de la energía útil en energía interna.
- 20) (\*) Con frecuencia se llama "*flecha del tiempo*" a la entropía, porque nos dice en que dirección suceden los procesos naturales. Si Ud. arroja una piedra hacia arriba y filma el proceso desde que sale de su mano hasta que regresa a ella, no habría forma de darnos cuenta que la película se esta pasando en la dirección originalmente filmada o hacia atrás en el tiempo. Esto no ocurre en general con los procesos termodinámicos naturales. Cite algunos ejemplos de procesos que podría verse en una película proyectada al revés, que indicarían que el tiempo está "corriendo hacia atrás".
- 21) (II) Un motor de automóvil de 100 caballos de fuerza funciona con una eficiencia aproximada de 15%. Suponga que la temperatura del agua del motor de 85 °C es el depósito de temperatura fría y que 500 °C es la temperatura térmica de "entrada" (temperatura de la mezcla de gas y aire que explota). a) Calcule su eficiencia con respecto a su eficiencia máxima posible (Carnot). b) Estime cuánta potencia (en watts) se invierte en mover el automóvil y cuánto calor, en joules y en kcal, es expulsado al aire en 1 h.
- 22) (II) Una máquina térmica usa una fuente de calor a 550 °C y tiene una eficiencia ideal, de Carnot, de 30% ¿Cuál debe ser la temperatura de la fuente de calor si se desea aumentar la eficiencia a 40%?
- 23) (III) Una máquina térmica expulsa el calor a 350 °C y tiene una eficiencia de Carnot de 45%. ¿Qué temperatura de expulsión le permitiría lograr una eficiencia de Carnot de 50%?
- 24) (III) En una planta eléctrica de vapor, las máquinas trabajan en pares, de modo que la Salida del calor de una es aproximadamente la entrada de la segunda. Las temperaturas de operación de la primera etapa son de 670 °C y 440 °C y de la segunda 430 °C y 290 °C. El calor de combustión del carbón es de  $2.8 \times 10^7$  J/kg. ¿Con qué rapidez se debe quemar el carbón a fin de que la planta produzca 900 MW de potencia? Suponga que la eficiencia de las máquinas es 60% de la eficiencia ideal (de Carnot).

- 25) (I) ¿Cuál es el cambio de entropía de 100 g de vapor a 100 °C cuando se convierten en agua a 100 °C?
- 26) (\*) (I) Se calienta un kilogramo de agua de 0 °C a 100 °C. Calcule en forma aproximada el cambio de entropía que tiene lugar.
- 27) (I) ¿Cuál es el cambio de entropía de 1,00 m<sup>3</sup> de agua a 0 °C cuando se le congela para obtener hielo a la misma temperatura?
- 28) (II) Una varilla de aluminio conduce 6.40 cal/s desde una fuente de calor que se mantiene a 240 °C, hasta una gran masa de agua que está a 27 °C. Calcule la rapidez de aumento de la entropía por unidad de tiempo en el proceso.
- 29) (\*) (II) Se mezcla un kilogramo de agua a 30 °C con 1 kg de agua a 60 °C en un recipiente bien aislado. Calcule, en forma aproximada, el cambio neto de entropía del sistema.
- 30) (II) Una pieza de aluminio de 5.0 kg a 30 °C se coloca en 1.0 kg de agua en un contenedor de polietileno a una temperatura ambiente (20 °C). A) Temperatura final del sistema. B) Calcule el cambio neto de entropía aproximado del sistema. ¿Qué suposiciones debe hacer sobre cómo se realiza el proceso? ( $C_{Al}=0.90 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ )
- 31) (III) Una máquina térmica real que trabaja entre depósitos de calor a 970 K y 650 K produce 600 J de trabajo por ciclo para una entrada de calor de 2 200 J. (a) Compare la eficiencia de esta máquina con la de una ideal, de Carnot. (b) Calcule el cambio total de la entropía del universo por cada ciclo de esta máquina real (c) Calcule el cambio total de la entropía del universo por ciclo de una máquina de Carnot que trabaje entre las mismas dos temperaturas.
- 32) (II) Calcule las probabilidades de obtener, cuando se arrojan dos dados, a) un 5, b) un 11 c) cual resultado más probable. d) En el caso de los dados, el resultado obtenido (suma de los números) determina el macroestado y cada par de número ( $N_1, N_2$ ) que indica el resultado individual de cada dado determina un microestado, ¿cuántos microestados son compatibles con el resultado más probable (macroestado)? e) Prediga cuántas veces espera obtener este resultado si arroja ambos dados 100 veces. De ser posible compruebe sus resultados experimentalmente. ¿Qué concluye? f) ¿Cuál es el resultado más probable si se arrojan 5 dados simultáneamente?
- 33) (\*) (II) a) Cuántas palabras distintas se pueden formar con las cuatro letras de la palabra *mesa*. b) Cuántas con las cuatro letras de la palabra *papa*. c) Cuántas palabras distintas de seis caracteres se pueden hacer con las 26 letras del alfabeto y 10 dígitos, si la misma consta de tres letras iniciales y tres dígitos finales. Suponga que i) las letras se pueden repetir y ii) que no se puedan repetir.
- 34) (II) Suponga que se revuelven bien seis monedas y se tiran en una mesa. Forme una tabla que muestre el número de microestados que corresponde a cada macroestado. ¿Cuál es la probabilidad de obtener a) tres caras y tres soles y b) seis caras?
- 35) (\*) Si tenemos una molécula en una caja de volumen  $V$ , si definimos como estado microscópico, al lugar en donde está la misma, es razonable suponer que el número de microestados será proporcional a  $V$ . Si el valor de  $V$  es comparable al tamaño de la molécula, claramente sabemos donde está la misma (tenemos mucha información sobre su posición). Si  $V$  es grande nuestra incerteza también lo será. Si tenemos 2 moléculas, el número de microestados será el producto número de microestados asociada a la primera molécula por el de la segunda, o sea  $V \cdot V = V^2$ . Si tenemos  $N$  moléculas, el número de microestados será proporcional a  $V^N$ . De este modo podemos afirmar que la entropía o incerteza

de un gas con  $N$  moléculas será  $S=k.N.\ln V$ . A partir de estas consideraciones, discuta: a) ¿la entropía de una gas ideal depende de la temperatura? b) ¿la entropía de una gas ideal depende de la presión?. c) Usando la expresión termodinámica de Clausius ( $dS=(dq/T)_{rev}$ ) de la variación de entropía, calcule la variación de esta magnitud para aumentar en dos su volumen a través de un proceso isotérmico. d) Lo mismo, pero a través de un proceso isobárico. e) Compare las variaciones de entropía necesarias para duplicar el volumen de un gas obtenidas usando la aproximación estadística y la termodinámica (Clausius). ¿Son compatibles estas dos aproximaciones?, f)¿Cómo se interpretarían estos resultados según la teoría de la información?

36) ¿Qué es el efecto Joule-Thomson?, Explique como se usa este principio para la construcción de heladeras (refrigeradores) y equipos de aire acondicionado. a) Averigüe que gases se usan comúnmente para este fin. b) Indague que efectos tiene los mismo sobre la capa de ozono. c) ¿Qué significa que un refrigerados sea "ecológico"? d) ¿Podría usarse como gas refrigerante un gas ideal? Explique por qué si o por qué no.

37) Un Mol de un gas ideal monoatómico tiene un volumen  $V_0=25L$ , presión  $P_0=1$  At, realiza un ciclo como el descrito en la figura 3.

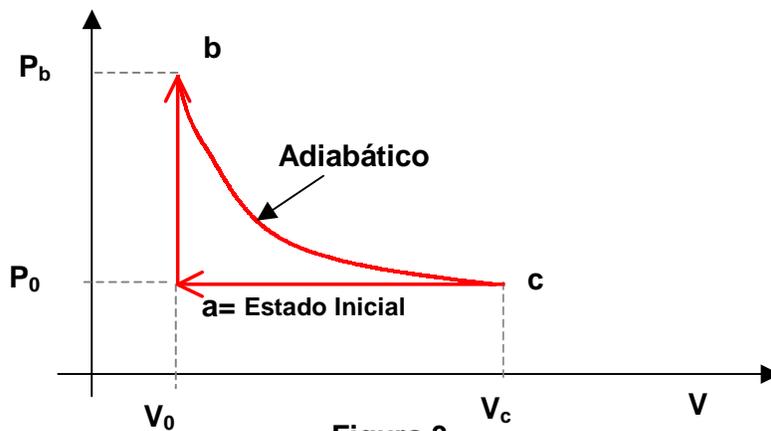


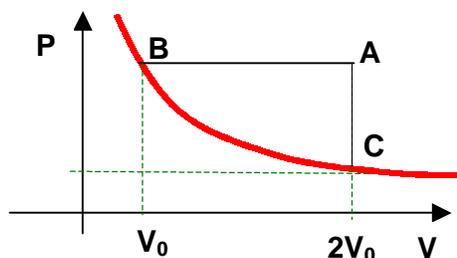
Figura 3

- Calcular la temperatura  $T_0$  en el estado inicial (a).
- Calcular la Temperatura  $T_b$  en el estado (b), suponiendo que  $P_b=3 P_0$ .
- Calcular  $T_c$  y  $V_c$ .
- Calcular  $P_c$
- El trabajo  $W$  total realizado en el ciclo y la eficiencia de la maquina térmica.
- Comparar con la eficiencia de una máquina de Carnot que opere entre las mismas temperaturas máximas y mínimas.

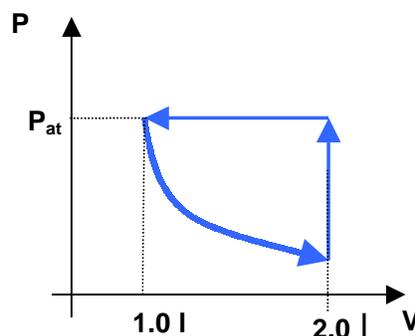
## Respuestas:

- Presión final = 1.546 At y Fuerza final sobre las paredes =  $1.98 \times 10^4$  N
- a) Un ventilador no enfría el aire, solo lo mueve o sea genera corriente de aire. B) Lo usamos para facilitar o favorecer la evaporación que si enfría.
- La cantimplora se enfría gracias a la evaporación del agua de la tela humedecida.
- Cuando el cielo esta despejado, la atmósfera es casi transparente a la radiación infrarroja (IR) (que es donde los cuerpos a temperatura ambiente emiten más). En cambio las nubes absorben la radiación IR y la re-emiten, por lo tanto son menos transparentes al IR y esto hace que en una noche nubada la Tierra se enfríe menos rápidamente que en una despejada. Ver: Libro electrónico CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE  
<http://www.esi.unav.es/assignaturas/ecologia/Hipertexto/10CAtm1/353BalEn.htm>  
 Y LAS NUBES Y LA ATMÓSFERA en  
<http://www.sagan-gea.org/hojared/Hoja16c.htm>
- a) Un termo se platea, para minimizar la radiación (un mal absorbente (superficie plateada) es un mal emisor. b) Se hace el vacío entre sus paredes para minimizar la convección. C) El vidrio o el acero inoxidable son malos conductores del calor.
- La velocidad de la bala es:  $v=145$  m/s= $521$  km/h

7. El diagrama PV es:



8. a)  $W_{BDA} = 1.62 \times 10^3$  J, b)  $Q_{BDA} = 1.62 \times 10^3$  J y c)  $\Delta U_{BD} = 560$  J  
 9. El diagrama PV es el siguiente:



10. a)  $\Delta W = 1350$  J y  $\Delta Q = 0$  b)  $\Delta U = 1350$  J c) T aumenta.

11. *Rtas:* (a)  $W_{total} = 157$  J. (b)  $Q_{neto} = 157$  J

12. ...

13.  $Q_{a \rightarrow c} = -80$  J  $U_a - U_b = -10$  J,  $W_{a \rightarrow c} = -55$  J  $P_a = 2.5 P_d$ ,  $W_{cda} = 38$  J

- Rtas:*
- $U_a - U_c = 25$  J
  - $Q_{cda} = 63$  J (Recibido por el sistema)
  - $W_{abc} = -95$  J (Sistema recibe trabajo del medio)
  - $Q_{abc} = -120$  J (Sistema entrega calor al medio)

(e)  $Q_{bc} = -15 \text{ J}$  (Sistema entrega calor al medio)

14. a)  $Q_{abc} = -76 \text{ J}$  b)  $W_{cda} = 24 \text{ J}$  c)  $Q_{cda} = 52 \text{ J}$  d)  $U_a - U_c = 28 \text{ J}$  e)  $Q_{da} = 23 \text{ J}$
15. Rtas: a)  $W_{neto} = 57 \text{ J}$  b)  $Q_{neto} = 57 \text{ J}$  c)  $\Delta U_{total} = 0 \text{ J}$  d)  $\eta = 47,5\%$
16. Un vaso con agua sobre la mesa, de repente la mitad superior se evapora a expensas de la mitad inferior que seda calor a la superior, congelándose en el proceso.
17. Rta: NO. Consideremos a la entropía como una medida del desorden del sistema. Es decir, si la entropía crece, aumenta el desorden. El 2º principio dice que en un sistema aislado la entropía aumenta cuando ocurren procesos reales. El universo (sistema + medio ambiente) es un sistema aislado. Esto no quiere decir que en algunas partes del universo la entropía no pueda disminuir (aumenta el orden). En este proceso real la entropía de una parte del universo disminuye porque hay un aumento del orden, pero la entropía de todo el universo aumenta.
18. La energía se conserva, por lo tanto la energía que uso para un fin seguro que viene de alguna fuente (nunca de la nada o de "arriba"). La energía que alguien usa, siempre alguien la "paga". Pero aunque la energía se conserva, ella también se degrada. Puedo usar electricidad para calentar agua, pero esa agua caliente nunca me puede devolver la misma cantidad de energía eléctrica.
19. Rtas: 1) Estufa eléctrica. Energía eléctrica se transforma en calor. 2) Cortar un trozo de madera con una sierra. Trabajo mecánico de la fuerza de rozamiento se transforma en calor. 3) Cubito de hielo que se derrite. Aumenta su energía interna debido al calor absorbido.
20. Si filmo una piedra que sube y luego cae, no puedo darme cuenta que la película esta pasándose "bien" o al "revés". Sin embargo si filmo una tiza que cae y se rompe en muchos fragmentos, si me doy cuenta de la dirección del tiempo.
21. Rtas: (a)  $\eta_c = 54\% > 15\%$  (b) Potencia = 74500 W. Intercambio de calor con la fuente fría:  $Q_F = 1,5198 \cdot 10^9 \text{ J} = 363232 \text{ kcal}$
22. ...  $T_c \approx 642 \text{ }^\circ\text{C}$
23. Rta:  $T_{F2} = 566 \text{ K} = 293 \text{ }^\circ\text{C}$
24. 1 Kg cada 0.012 seg
25. Rta:  $\Delta S = -605,7 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
26.  $\Delta S = 312 \text{ Cal/k}$
27. Rta:  $\Delta S = -1.226.110 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
28.  $dS/dt = 21 \text{ Cal/k.seg}$
29. Rta: Temperatura final de equilibrio:  $45 \text{ }^\circ\text{C}$   $\Delta S = 9,32 \frac{\text{J}}{\text{K}} > 0$
30. a)  $T_f = (M_{Al} \cdot C_{Al} \cdot T_i(Al) + M_a \cdot C_a \cdot T_i(\text{agua})) / (M_{Al} \cdot C_{Al} + M_a \cdot C_a) = 28,18 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
b)  $\Delta S = \Delta S(Al) + \Delta S(\text{agua}) = M_{Al} \cdot C_{Al} \cdot \ln[T_f(Al)/T_i(Al)] + M_a \cdot C_a \cdot \ln[T_f(\text{agua})/T_i(\text{agua})] = \Delta S = (-271 + 275) \times 10^{-4} \text{ cal/k} = 5 \times 10^{-4} \text{ cal/k}$
31. a)  $\eta_{real} = 0,2727$  y  $\eta_{comot} = 0,33$  b)  $\Delta S = 0,192 \text{ J/k}$  por ciclo c)  $\Delta S_{carnot} = 0$
32. Rtas: (a)  $\eta = 27,3\% < \eta_c = 33\%$  (b)  $\Delta S_{universo} = 0,193 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ , (c)  $\Delta S_{universo} = 0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
33. a)  $P(5) = 1/9$ , b)  $P(11) = 1/18$ , c) 7 pues  $P(7) = 1/6$  d) hay 6 microestados a  $N=7$  e)  $50/3$  veces f) El valor más probable es 17

34. Los resultado de 6 monedas, supuestas que cada una pueda salir Cara (C) o Sello (S), son:

Ejemplo de configuración microscópica	Número de configuraciones microscópicas consistente con la macroscópica de la columna de la derecha.	Configuración macroscópica
SSSSSS	$\binom{6}{0} = 1$	<b>(SSSSSS)</b> Todos sellos
(CSSSSS), (SCSSSS),...	$\binom{6}{1} = 6$	<b>(CSSSSS)</b> Una cara y el resto todos sellos
	$\binom{6}{2} = 14$	<b>(CCSSSS)</b> Dos cara y el resto todos sellos
	$\binom{6}{3} = 20$	<b>(CCCSSS)</b> Tres cara y el resto todos sellos
	$\binom{6}{4} = 14$	<b>(CCCCSS)</b> Cuatro caras y el resto todos sellos
	$\binom{6}{5} = 6$	<b>(CCCCCS)</b> Dos cara y el resto todos sellos
(CCCCCC)	$\binom{6}{6} = 1$	<b>(CCCCCC)</b> Todas caras

35. a)  $S$  no depende de  $T$ . b)  $S$  no depende de  $P$ . c)  $\Delta S = n.R. \ln (V_f/V_i)$  d)  $\Delta q = n.cdT$  y  $\Delta S = n.C_p. \ln (V_f/V_i) = n.C_p. \ln (T_f/T_i)$  e)  $\Delta S = N.k_B \ln 2$  igual para las dos aproximaciones. f) Según la teoría de la Información, si aumenta el volumen aumenta nuestra incerteza a cerca de donde esta la molécula o moléculas.

36. El Efecto Joule-Thomson (J-T) está relacionado al enfriamiento de un gas al expandirse. Este efecto se observa en un desodorante, al aplicarse este uno siente que el contenido sale frío, aunque el frasco este a temperatura ambiente. Al expandirse el gas impulsor del desodorante, el mismo se enfría.

37.