

Física (Paleontólogos) - Verano 2020

Guía 3 - Termodinámica

| Elemento | | densidad | calor específico/ latente |
|-----------|---------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| Agua | líquida | 1 g/cm ³ | $c_{agua}=1 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$ |
| | vapor | | $c_{vapor}=0.5 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$ |
| | sólida | 0.9168 g/cm ³ | $c_{hielo}=0.5 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$ |
| | | | $L_f=80 \text{ cal/g fusión}$ |
| | | | $L_v=540 \text{ cal/g vaporización}$ |
| Aire seco | | 0.00129 g/cm ³ | $c_{aire}=0.24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ |
| Aluminio | | 2.7 g/cm ³ | $c_{Al}= 921 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$ |
| Platino | | 21.4 g/cm ³ | $c_{Pt}= 0.032 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$ |
| Plomo | | 11.4 g/cm ³ | $c_{Pb}= 0.030 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$ |

Figure 1: Tabla

A. Calor y temperatura

1. ¿Cuánto calor se entrega para aumentar la temperatura de 3 kg de aluminio de 20 °C a 50 °C? Resp. 82.9 KJ
2. El volumen de agua en un tanque abierto es de 2×10^6 litros. ¿Qué cantidad de calor cede el agua al ambiente durante una tarde en que su temperatura desciende de 20°C a 18°C? Resp. -1.6710^{10} J
3. La temperatura del aire en áreas costeras se ve influida considerablemente por el gran calor específico del agua. Una razón es que el calor liberado cuando 1 m³ de agua se enfría 1 °C aumentará la temperatura de un volumen enormemente más grande de aire en 1 °C. Calcule este volumen de aire.
4. Calcule la cantidad de calor necesarios para que 2 kg de hielo a -20°C pasen a vapor a 120°C . Resp. 1480 kcal .
5. * Se ponen 10g de agua (vapor) a 150°C , 50g de agua (hielo) a -30°C , 100g. de agua (líquida) a 50°C y 200g de aluminio a 110°C ($c_{Al} = 0.22 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$), en contacto térmico dentro de un recipiente adiabático de 200g de masa y capacidad calorífica específica $0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ que inicialmente está a una temperatura de 20°C .
 - (a) Halle la temperatura final del sistema.
 - (b) ¿Qué cantidad de calor ha absorbido cada uno de los cuerpos? ¿Y el sistema como un todo?

B. Gases Ideales

$$1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar} = 14.5 \text{ psi} \quad (1 \text{ psi} = \text{lb/pulg}^2)$$

$$1 \text{ atm l} = 22.22 \text{ cal} = 101.33 \text{ J}$$

$$R = 8.314 \text{ J/K} = 0.082 \text{ atm l/K} = 62.4 \text{ mmHg/K} = 1.987 \text{ cal/K}$$

6. Un gas ideal se mantiene en un recipiente a volumen constante. Al principio, su temperatura es de 10° C y su presión de 2.5 atm . ¿Cuál es la presión cuando la temperatura es de 80° C ?. Resp. 3.3 atm
7. Un globo lleno de helio tiene un volumen de 1 m^3 . A medida que asciende por la atmósfera de la Tierra su volumen se expande. ¿Cuál es su nuevo volumen si su temperatura y presión originales son 20° C y 1 atm y su temperatura y presión finales son -40° C y 0.1 atm ?. Resp. 7.95 m^3
8. Un auditorio tiene dimensiones de $10 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 30 \text{ m}$. ¿Cuántas moléculas de aire se necesitan para llenar el auditorio a 20° C y 101 kPa de presión.?
9. Un cuarto de volumen V contiene aire cuya masa molar promedio es M . Si la temperatura del cuarto se eleva de T_1 a T_2 , ¿Qué masa de aire, saldrá del cuarto? Suponga que la presión del aire en el cuarto se mantiene en P_0 .
10. * La llanta de un automóvil se infla usando aire originalmente a 10° C y presión atmosférica normal. Durante el proceso el aire se comprime hasta 28% de su volumen original y la temperatura aumenta a 40° C . ¿Cuál es la presión en la llanta? Luego de manejar a alta velocidad, la temperatura del aire dentro de la llanta se eleva a 85° C y su volumen interior aumenta 2% . ¿Cuál es la nueva presión en la llanta?. Resp. 57.3 psi ; 64.2 psi

C. 1er Principio de la Termodinámica

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

11. Un mol de gas ideal monoatómico se dilata a temperatura constante 300 K desde un volumen de 2 litros hasta duplicarlo. Luego se comprime a presión constante hasta volver al volumen inicial, y por último se lo calienta a volumen constante hasta que alcanza nuevamente el estado inicial. Suponiendo que todo el proceso fue reversible, calcule para cada una de las evoluciones:

- (a) el trabajo realizado por el gas,
- (b) el calor que intercambia con el medio exterior,
- (c) la variación de energía interna.

Resp. a) $W_{12} = 17.05 \text{ atm l}$; $W_{23} = -12.5 \text{ atm l}$; $W_{31} = 0$; b) $Q_{12} = 17.05 \text{ atm l}$; $Q_{23} = -20.75 \text{ atm l}$; $Q_{31} = 18.45 \text{ atm l}$; c) $\Delta U_{12} = 0$; $\Delta U_{23} = -18.45 \text{ atm l}$; $\Delta U_{31} = 18.45 \text{ atm l}$;

12. Un gas ideal realiza un ciclo reversible que consta de dos etapas isobáricas y dos etapas isotérmicas, como se muestra en la Figura 1. Demuestre que el trabajo neto realizado en el ciclo es: $W_{neto} = P_1 (V_2 - V_1) \ln \frac{P_2}{P_1}$.

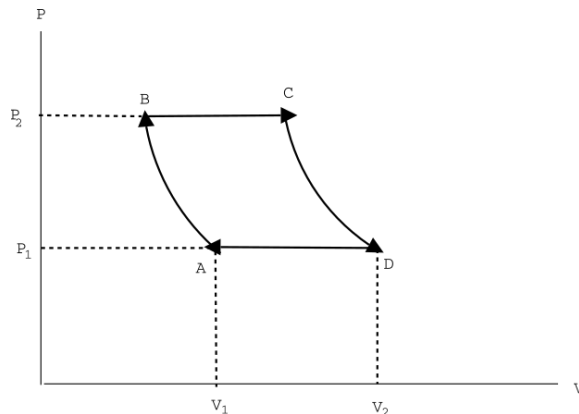


Figure 2: Problema 12

13. * Un gas ideal se somete al proceso cíclico mostrado en la Figura 3.
- (a) ¿Cuál el calor entregado, el trabajo realizado y la variación de energía interna en el ciclo completo?
 - (b) En el diagrama P-V identifique las etapas durante las cuales se absorbe calor y aquellas durante las cuales se emite calor.
14. Un mol de un gas ideal monoatómico ($c_p = 5R/2$) ocupa un volumen de 120 dm^3 a una presión de $12,8 \text{ kPa}$. Se le entrega calor de manera que el gas se expande isobáricamente y reversiblemente hasta ocupar un volumen de 300 dm^3 . Calcule:

- (a) el trabajo realizado por el gas,
- (b) la variación de energía interna del gas.

Resp. $W = 2,3 \text{ kJ}$; $\Delta U = 3,45 \text{ kJ}$

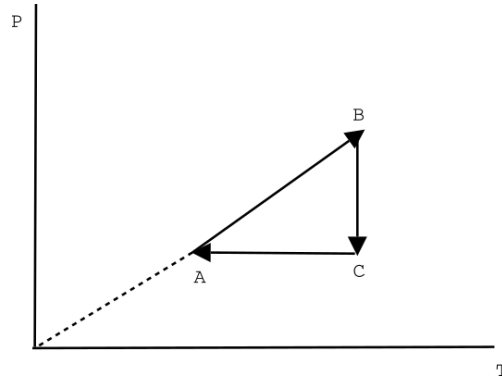


Figure 3: Problema 13

15. Un cilindro con tapa contiene 3 moles de O_2 a presión 1 atm y temperatura 20°C . La presión exterior también es 1 atm. Calcular el calor requerido para elevar la temperatura del O_2 hasta 26°C :

- (a) si la tapa está trabada
- (b) si la tapa puede desplazarse sin rozamiento contra la presión externa constante

Resp. a) $Q = 90 \text{ cal}$; b) $Q = 126 \text{ cal}$

16. Un recipiente rígido y adiabático de volumen 2 m^3 está dividido por una pared interna en dos partes iguales. Un gas ideal monoatómico ocupa la mitad del mismo. La presión del gas es 100 kPa y su temperatura, 300 K . La otra mitad del recipiente se ha efectuado vacío. Se quita la pared que separa ambas mitades dejando que el gas se expanda libremente.

- (a) Calcule el trabajo realizado por el gas y la variación de su energía interna.
- (b) ¿Cuál es la temperatura final del gas?
- (c) ¿Cuáles de las respuestas anteriores no cambian si el gas no es ideal?

Resp. a) $W = Q = \Delta U = 0$; b) $T_f = 300 \text{ K}$; c) si no es ideal $W = Q = \Delta U = 0$ pero T_f cambia.

17. * Un gas ideal se expande isotérmicamente (reversible) desde el estado A ($V=1 \text{ l}$; $P=3 \text{ atm}$ y $U=456 \text{ J}$) hasta el estado B ($V=3 \text{ l}$ y $P=1 \text{ atm}$). Luego se calienta a volumen constante hasta el estado C ($P=2 \text{ atm}$ y $U=912 \text{ J}$).

- (a) Represente el proceso en un diagrama de P en función de V.
- (b) Calcule el trabajo realizado por el gas en cada etapa.

(c) Determine el calor absorbido o cedido durante el proceso.

18. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea 0.4 m^3 . ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

(a) Si el proceso es isotérmico reversible.

(b) Si el proceso es a $P = P_{\text{ext}} = \text{cte}$ ($P_{\text{ext}} = P_{\text{atm}}$).

(c) Si el proceso es adiabático reversible.

Resp: a) $W = -92.5 \text{ kJ}$; b) $W = -60.6 \text{ kJ}$; c) $W = -128 \text{ kJ}$

D. 2do Principio de la Termodinámica: Máquinas térmicas

19. Una máquina térmica efectúa 200 J de trabajo en cada ciclo y tiene una eficiencia del 30% . ¿Cuánta energía térmica se libera y se absorbe por ciclo? Resp. 159.3 cal y -111.5 cal

20. El calor que absorbe una máquina es tres veces mayor que el trabajo que realiza.

(a) ¿Cuál es su eficiencia térmica ?

(b) ¿Qué fracción del calor absorbido es liberado hacia el depósito frío ?

21. * Una central eléctrica trabaja con una eficiencia de 32% durante el verano, cuando el agua de mar para enfriamiento está a 20°C . La planta utiliza vapor a 350°C para accionar las turbinas. Suponiendo que la eficiencia de la planta cambia en la misma proporción que lo hace la eficiencia ideal en ambas estaciones del año, ¿cuál es la eficiencia de la planta en el invierno cuando el agua de mar se encuentra a 10°C ?

22. Una máquina de Carnot tiene una eficiencia de 25% cuando la temperatura del depósito caliente es de 500°C . Si deseamos mejorar la eficiencia hasta el 30% , ¿cuál sería la temperatura del depósito caliente, suponiendo que todo lo demás permanece inalterado?. Resp. 555°C

D.2 Variación de la entropía

23. En el punto A de un ciclo de Carnot (reversible) 2.3 moles de un gas monoatómico tiene una presión de 1400 kPa , un volumen de 10 litros y una temperatura de 720 K . Se expande isotérmicamente hasta el punto B y después se expande adiabáticamente hasta el punto C, donde su volumen es 24 litros . Una compresión isotérmica lo lleva al punto D, donde su nuevo volumen es 15 litros . Un proceso adiabático regresa al gas al punto A.

(a) Determine todas las presiones, volúmenes y temperaturas desconocidas llenando la siguiente Tabla 1.

| | P | V | T |
|---|----------|-----------|-------|
| A | 1400 kPa | 10 litros | 720 K |
| B | | | |
| C | | 24 litros | |
| D | | 15 litros | |

Table 1: Problema 24

- (b) Encuentre el calor absorbido o entregado, el trabajo realizado y el cambio en la energía interna para cada una de las etapas, AB, BC, CD y DA.
- (c) Demuestre que $\frac{W_{neto}}{Q_{abs}} = 1 - \frac{T_C}{T_A}$, la eficiencia de Carnot.
- (d) ¿Cuál fue la variación de la entropía del gas? ¿Y del universo? ¿Cómo lo relaciona con el 2do Principio de la Termodinámica
24. Se comprime un mol de un gas ideal en forma reversible e isotérmica a 20°C de temperatura efectuando para ello un trabajo de 5000J.
- (a) ¿Cuál es el cambio en la entropía del sistema?
- (b) ¿Cuál es el cambio en la entropía del universo?
- Resp. a) 17 J/K; b) 0
25. * Diez moles de un gas ideal ($\gamma = 5/3$) que se encuentra inicialmente a 27°C y 1 atm, se comprimen en forma reversible a la mitad del volumen inicial.
- (a) Calcule Q, W, ΔU y ΔS del sistema cuando el proceso se realiza isotérmicamente.
- (b) Calcule Q, W, ΔU y ΔS del sistema cuando el proceso se realiza adiabáticamente.
26. * Considere el problema 5 y halle la variación total de entropía de cada componente y total en este proceso. Si el recipiente es adiabático, la variación de entropía es 0?