

## Problemas de Física 4 <sup>§</sup>

### Primer Principio de la Termodinámica

#### 1. Energía interna

- Un sistema absorbe  $1.2 \times 10^6$  cal de calor y realiza un trabajo de  $1.7 \times 10^{14}$  ergs sobre el entorno. Determinar el cambio en la energía interna del sistema.
- Repetir el problema anterior, pero ahora el entorno hace un trabajo de  $1.7 \times 10^{14}$  ergs sobre el sistema, y el sistema absorbe  $1.2 \times 10^6$  cal del entorno. ¿Qué tipo de máquina es esta?
- Idem, pero ahora el entorno hace un trabajo de  $1.7 \times 10^{14}$  ergs sobre el sistema, y el sistema entrega  $1.2 \times 10^6$  cal al entorno. ¿Qué tipo de máquina es esta?

#### 2. Trabajo y Calor – Procesos Simples

- Un kilogramo de aire inicialmente a 300 K y 100 kPa sufre una transición (cuasiestática) a presión constante, dentro de un cilindro con un pistón móvil. Si la temperatura final es 450 K, determinar el trabajo y el calor que produce este proceso. ( $C_v = \frac{5}{2}R$ ).
- Un kilogramo de aire está confinado en un recipiente de  $0.2 \text{ m}^3$ . La presión inicial es 350 kPa. Al entregarse 120 kJ de calor, la temperatura sube hasta 411.5 K. Encontrar:
  - el trabajo realizado por el sistema.
  - el cambio en la energía interna.
  - el calor específico del gas a volumen constante.
- Aire a una temperatura de 500 °C se comprime a una presión constante de 1.2 Mpa desde un volumen de  $2 \text{ m}^3$  a un volumen de  $0.4 \text{ m}^3$ . La energía interna disminuye en 4820 kJ.
  - el trabajo realizado por el sistema.
  - el calor transferido al sistema.
  - el calor específico del gas a presión constante.
- Un aparato termoelectrico necesita para funcionar un calor de 20 J/sec, y genera una tensión de 2.5 V y una corriente de 0.6 amp. Supongamos que se encuentra en estado estacionario. Calcular la eficiencia de éste aparato ( $\eta = \frac{\text{potencia de salida}}{\text{potencia de entrada}}$ ).
- Un kilogramo de un gas ideal cuyo calor específico  $c_v = 0.511 \text{ kJ/kg K}$  y su masa atómica es 45, se expande reversible y adiabáticamente. La presión inicial es 620 kPa y el volumen inicial  $0.15 \text{ m}^3$ . El volumen final es  $1 \text{ m}^3$ . Encontrar:
  - la temperatura final.
  - el trabajo realizado por el sistema.
  - el cambio en la energía interna.
  - el calor entregado por el sistema.
- Durante un proceso reversible y adiabático, un sistema cuya energía interna inicial era  $U_i$ , realizó un trabajo  $W$ . ¿Cuánto vale la energía interna del sistema?

<sup>§</sup><http://www.df.uba.ar/users/dmitnik/fisica4>

- (g) Si el proceso anterior hubiese sido adiabático pero irreversible, ¿qué puede decir de la energía interna? Si la energía interna es una función monótona creciente de la temperatura, ¿la temperatura final será mayor o menor que en el caso reversible?

### 3. Problemas utilitarios

- (a) Cuál es la diferencia entre **área** y **superficie**?
- (b) Un objeto se mueve en el plano  $x - y$  bajo la influencia de una fuerza que tiene sólo un componente  $x$ :

$$F_x = xy.$$

Calcular el trabajo que realiza esta fuerza para llevar el objeto desde el origen hasta el punto  $(x, y) = (1, 1)$ : (a) en un camino recto  $y = x$ ; (b) en un camino parabólico  $y = x^2$ .

- (c) Un resorte está estirado respecto a su longitud de reposo. Si el resorte llega a la elongación nula en forma reversible
- ¿el trabajo de la fuerza exterior es positivo o negativo?
  - ¿Y el trabajo de la fuerza de restitución?
  - ¿Y si el resorte estaba inicialmente comprimido?
  - repetir el análisis anterior, pero ahora partimos de una compresión inicial, y terminamos en un estado final más comprimido aún.
- (d) Dibujar las funciones  $PV^n = C$  para distintos  $n$  (procesos politrópico).
- (e) Graficar las siguientes formas de pasar de un estado inicial 1 a un estado final 2 en un plano  $p - v$ , en un plano  $T - v$ , en la superficie  $pvT$  en cada uno de estos casos (utilizar la Figura 2):
- i. volumen constante
  - ii. presión constante
  - iii. temperatura constante
  - iv. reversible politrópico

### 4. Cálculos simples de trabajos

- (a) Supongamos un cilindro lleno de He, que se expande reversiblemente de acuerdo a la relación  $pV^{1.5} = \text{const}$ . El volumen inicial es  $0.1 \text{ m}^3$ , la presión inicial  $450 \text{ kPa}$ , y la temperatura inicial  $250 \text{ K}$ . Después de la expansión, la presión es  $200 \text{ kPa}$ . El trabajo producido en el sistema durante el proceso de expansión es:
- (a) faltan datos    (b)  $-21.32 \text{ kJ}$     (c)  $21.32 \text{ kJ}$     (d) ninguna de las anteriores
- (b) El trabajo que se hace en una masa de  $2 \text{ kg}$  de aire cuando se expande reversiblemente e isotérmicamente a  $300 \text{ K}$ , desde un volumen inicial  $V_1 = 2 \text{ m}^3$  a un volumen final  $V_2 = 4 \text{ m}^3$  es:
- (a) faltan datos    (b)  $> 100 \text{ ergs}$     (c)  $> 150 \text{ ergs}$     (d) ninguna de las anteriores
- (c) Si en el problema anterior, en lugar de dar como datos los volúmenes se hubiesen dado las presiones, el trabajo que se hace sería:

(a)  $-nRT \ln \frac{P_2}{P_1}$    (b)  $nRT \ln \frac{P_2}{P_1}$    (c)  $-nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$    (d)  $nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$

- (d) En el estado inicial de un gas ideal  $p = 100$  kPa y  $v = 0.3 \frac{m^3}{Kg}$ . Calcular el trabajo (por Kg) en los siguientes procesos:
- presión constante hasta que el volumen final sea  $v = 1.5 \frac{m^3}{Kg}$
  - proceso isotérmico, hasta que el volumen final sea  $v = 0.5 \frac{m^3}{Kg}$ .
  - volumen constante, hasta que la presión final sea 400 kPa.

Hacer un boceto de los recorridos en diagramas  $p - v$  y especificar en cada caso quién hace los trabajos.

### 5. Trabajo y Calor – Procesos No–Tan–Simples

- (a) Un gas se halla dentro de un cilindro aislado termicamente, provisto de un pistón trabado, de  $100 \text{ cm}^2$  de área, y que se puede deslizar sin rozamiento. El gas está a 10 atm. y la presión exterior es de 1 atm. Sobre el pistón hay una pesa de 100 gr.
- Se suelta el pistón y se deja expandir el gas, hasta que el pistón es detenido por otra traba, a 10 cm. por encima de la posición inicial.
    - ¿Es reversible este proceso?
    - ¿Cuánto vale la fuerza que impulsa el pistón hacia arriba en el momento de sacar la primer traba?
    - ¿Cuánto vale el trabajo entregado por el gas durante la expansión?
    - ¿Cuánto vale la variación de energía interna?
  - Supongamos que el pistón no puede deslizar sin rozamiento, y que la fuerza rozamiento es 10000 dinas, repetir el problema anterior.
- (b) Un gas tiene la ecuación de estado

$$p = \frac{RT}{V} \left( 1 + \frac{aT}{V} \right),$$

siendo su energía interna de la forma:

$$U(V, T) = U_0(T) + \frac{RaT^2}{V};$$

- hallar el trabajo entregado por el gas durante una expansión isotérmica reversible, desde  $V_0$  hasta  $3V_0$ .
- ídem durante una expansión isotérmica contra una presión constante  $p_0$ , desde  $V_0$  hasta  $3V_0$ .
- hallar la variación de la energía interna y el calor absorbido por el gas en los dos casos anteriores.

## 6. Ciclos

- (a) Un gas ideal evoluciona en forma reversible a lo largo de un ciclo triangular (en un diagrama  $p - v$ ) cuyos vértices están en  $(V, p) = (3 \text{ m}^3, 2 \text{ kPa})$ ,  $(5 \text{ m}^3, 2 \text{ kPa})$  y  $(3 \text{ m}^3, 6 \text{ kPa})$ , para volver al punto  $(3 \text{ m}^3, 2 \text{ kPa})$ . Calcular el trabajo realizado por el gas.
- (b) Una máquina reversible produce un ciclo de trabajo representado por un círculo de 5 cm de diámetro en un diagrama  $pv$ . Las escalas de presión y volumen específico son:

$$\begin{aligned} \text{escala } p : 1 \text{ cm} &= 200 \text{ kPa} \\ \text{escala } v : 1 \text{ cm} &= 1.2 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \end{aligned}$$

El trabajo producido en 1 kg de fluido es:

- (a) faltan datos    (b)  $< 0.5 \text{ kJ}$     (c)  $> 0.5 \text{ kJ}$     (d) ninguna de las anteriores

## 7. Problemas conflictivos (para discutir)

- (a) Sea un cilindro lleno de gas a  $P_0 = 1 \text{ atm}$ . provisto de un pistón, de  $200 \text{ cm}^2$  de superficie, que se halla inicialmente a una distancia  $x_0$  de la base.
- i. En el exterior hay vacío
    - A. Calcular la fuerza que actúa sobre el pistón
    - B. Calcular el trabajo realizado por el gas cuando se pasa de  $x_0$  a  $x_0 + 3 \text{ cm}$ .
  - ii. En el exterior la presión es  $p_{ext} = 3 \text{ atm}$ .
    - A. Calcular la fuerza que actúa sobre el pistón
    - B. Calcular el trabajo realizado por el gas cuando se pasa de  $x_0$  a  $x_0 - 5 \text{ cm}$ .
- (b) Un gas se encuentra en equilibrio dentro de un pistón cilíndrico, de  $0.03 \text{ m}^2$  de área. La presión del gas es de  $150 \text{ kPa}$  y la presión externa al pistón es de  $100 \text{ kPa}$ . En esas condiciones se le entrega calor al gas de modo que éste se expande sin variar su presión.
- ¿Cuánto vale el trabajo realizado por el gas si el émbolo asciende  $0.3 \text{ m}$ ?
  - ¿Cuál es el trabajo realizado en la misma evolución por el sistema émbolo+gas?
  - ¿Cuánto vale el trabajo realizado por el entorno si se considera al gas como sistema?

8. Trabajo y Calor – Resumen  
 Completar las expresiones marcadas en negro

**Table 3.1** Process-Relations for Ideal Gas

Process	$Q$	$-\int_1^2 p dV$	$\int_1^2 V dp$	$\Delta U$	$p$ - $V$ - $T$ Relations	Exponent in $pV_n = C$
	$mc_v(T_2 - T_1)$		$V(p_2 - p_1)$		$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$	$n = \infty$
		$p(V_1 - V_2)$		$mc_v(T_2 - T_1)$	$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$	$n = 0$
				0	$p_1 V_1 = p_2 V_2$	
	0				$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$ , $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}$	
Reversible polytropic	$mc_v \left(\frac{\gamma-n}{1-n}\right) (T_2 - T_1)$	$\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{n-1}$		$mc_v(T_2 - T_1)$		$n = n$

Constant volume  
 Constant pressure  
 Constant temperature  
 Reversible adiabatic  
 Reversible polytropic

Figure 1: Procesos en Gases Ideales

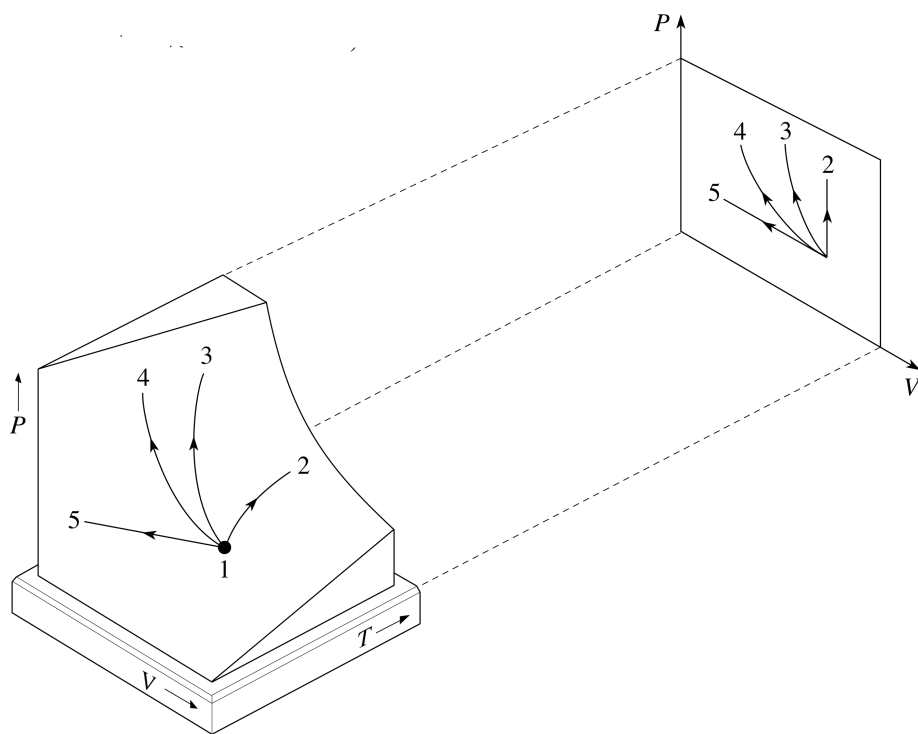


Figure 2: Caminos en Gases Ideales