



**GUIA DE EJERCICIOS**  
**(Segunda Ley, Máquinas térmicas y Ciclo de Carnot)**

1) Identificar en un diagrama P-V y P-T, la forma que adoptan los siguientes procesos aplicados a un gas ideal:

- a) Expansión isotérmica
- b) Proceso isocórico
- c) Expansión adiabática reversible
- d) Proceso isobárico

2) Considerar 1 mol de gas ideal, sobre el cual se realizan tres procesos consecutivos:

- 1 : proceso isotérmico a 160 °C, desde 30 atm. hasta 5,5 atm.
- 2 : proceso de expansión isobárica a 5,5 atm., hasta duplicar su volumen.
- 3 : proceso de compresión adiabática, desde 5,5 atm hasta 30 atm.

- a) Describir los procesos en un diagrama P-V
- b) Calcular el trabajo desarrollado en cada etapa y el trabajo total desarrollado
- c) Calcular las temperaturas inicial y final del proceso adiabático

Datos: Capacidad calorífica a presión constante 7 cal / mol K.

3) Considerar un gas ideal que se encuentra inicialmente a 10 atm y a 400K de temperatura y que se expande dos veces su volumen original, proceso que se realiza en condiciones isotérmicas. Si el trabajo equivalente al proceso de expansión adiabática. ¿Cual es la temperatura final del gas y el volumen final?

Considerar  $C_{v,m} = 3/2 R$

- 4) Considerar un ciclo que realiza aire (considerar ideal), que está formado por las siguientes etapas:
- i) Adiabática reversible, desde  $P_1 = 25$  atm,  $T_1 = 870,3$  °C,  $V_1 = 7,5$  L hasta  $P_2 = 2660$  mm Hg
  - ii) Isobárica a  $P_2 = 2660$  mm Hg
  - iii) Proceso a volumen constante, desde  $P_2$  a  $P_1$ .

Determinar:

- a) El diagrama PV del ciclo, identificando presiones, volúmenes y temperaturas.
- b) El trabajo neto del ciclo
- c) Eficiencia del ciclo, definida como : trabajo neto / calor suministrado

- 5) Considere 1 mol de gas ideal con un volumen inicial de 2,5 L a una presión de 12 atm hasta 10 atm. El gas se somete a una expansión isotérmica hasta 9 atm., seguido de una expansión adiabática hasta alcanzar una temperatura de 36°C. En el proceso de compresión isotérmica el gas llega a un volumen de 3,1 L.

Determine los trabajos involucrados en cada etapa, el trabajo neto y la eficiencia del ciclo, con  $C_{v,m} = 0,237$  (L atm / mol K).

**6)** Un ciclo es realizado por un pistón que contiene 0.116 Kg de aire inicialmente a 45°C y 50 atm. de presión (considerar gas ideal,  $C_p = 3,974 \text{ cal/mol K}$ ). Las etapas del ciclo son:

- Expansión adiabática, hasta una presión de 2.5 atm.
- Compresión isotérmica, hasta el volumen inicial del aire.
- Presurización isocórica, hasta las condiciones iniciales.

Calcular:

- a) El trabajo neto del ciclo (cal)
- b) El calor total entregado al ciclo (cal)
- c) El rendimiento del ciclo

NOTA: Graficar en un diagrama P-V el ciclo indicado.

Peso molecular del aire = 29 g/mol.

**7)** Considerar un ciclo de 1 mol de gas ideal formado por las siguientes etapas:

- Etapa A-B : Expansión isotérmica a  $T_1$  desde  $P_a$  hasta  $P_b$ .
- Etapa B-C : Enfriamiento isocórico desde  $T_1$  hasta  $T_2$ .
- Etapa C-D : Compresión isotérmica a  $T_2$  desde  $P_c$  hasta  $P_d$ .
- Etapa D-A : Calentamiento isocórico desde  $T_2$  hasta  $T_1$ .

a) Encontrar una ecuación que determine el rendimiento del ciclo, expresado como:

$$\eta = (\text{trabajo neto del ciclo}) / (\text{calor total ingresado}).$$

- b) Si el ciclo opera entre 700 y 1000 °C, con una presión máxima de 15 atm. y una mínima de 4 atm., calcular los calores intercambiados en cada etapa y el trabajo neto del ciclo.
- c) Es mayor o menor el rendimiento de este ciclo respecto al de Carnot? Justificar la respuesta.

Nota:  $C_{v,m} = 3,0 \text{ cal /mol K}$ .

**8)** Una máquina térmica funciona con dos etapas isobáricas y dos etapas isocóricas. Las presiones de trabajo son 20 y 10 atm. En la etapa isobárica a mayor presión, la máquina térmica absorbe 2000 cal (Q) y la mayor temperatura del ciclo es de 600 K. Considere  $C_{v,m} = 3 \text{ cal /mol K}$ , y un mol de gas ideal.

- a) Calcular el trabajo neto del ciclo
- b) Calcular el rendimiento del ciclo , expresado como:

$$\eta = W_{\text{neto}} / Q$$

c) Dibujar cualitativamente el diagrama T-S del ciclo.

**9)** Explique lo que es una máquina térmica

**10)** Defina proceso reversible, proceso irreversible y refiérase a las eficiencias involucradas en cada proceso. ¿Cómo se relacionan entre sí?

**11)** Represente y describa un ciclo de Carnot en diagramas P-V y T-S.

**12)** Describir paso a paso el ciclo de Carnot, refiérase a las ecuaciones involucradas. Represente el ciclo en un diagrama P-V y basándose en la relación de calor y entropía llevarlo a un diagrama T-S.

13) Demostrar que la eficiencia de un ciclo de Carnot viene dada por la expresión

$$\eta = (T_c - T_f) / T_c$$

donde  $T_c$  = temperatura del depósito caliente o fuente

$T_f$  = temperatura de la fuente fría o sumidero

14) Una máquina de Carnot recibe 500 kJ de calor por ciclo de una fuente de alta temperatura a 652 °C y desecha calor en un sumidero de baja temperatura a 30 °C.

Determine:

a) Eficiencia térmica del ciclo de Carnot

b) Cantidad de calor desechada en el sumidero por ciclo

R : a)  $\eta = 62,7 \%$

b)  $q = 163,8 \text{ kJ}$

15) Consideremos el siguiente ciclo de Carnot. Se tiene 1 mol de gas ideal con  $C_v = 0,2065 \text{ l at/mol K}$ , donde  $V_1 = 2 \text{ litros}$  y  $T_H = 370 \text{ K}$ . El gas se expande hasta 10 atm. y luego se expansiona hasta llegar a una temperatura de 25 °C. En el proceso isotérmico de baja temperatura el gas llega por compresión a un volumen de 2,8 litros. Determine el trabajo si  $\gamma = 1,4$ .

16) Un ciclo de Carnot, en el cual el sistema inicial consiste en 1 mol de un gas ideal de volumen  $V$ , se lleva a cabo de la siguiente manera:

I : Expansión isotérmica hasta volumen  $3V$

II : Expansión adiabática hasta volumen  $6V$

III : Compresión isotérmica hasta un tercio del volumen anterior

IV : Compresión adiabática hasta el estado inicial

Determine el trabajo efectuado en cada etapa isotérmica y el rendimiento del ciclo.

17) Una máquina térmica opera con 1 mol de gas ideal de acuerdo a un ciclo de Carnot entre 1000°C y 800°C. La mayor presión a la que funciona el ciclo es de 10 atm. Calcular  $Q$ ,  $\Delta E$  y  $W$  de cada etapa,  $W$  neto y eficiencia del ciclo.

Con el objeto de utilizar el calor residual del ciclo anterior, se ha instalado otro ciclo que toma el calor a 800°C, y lo descarga al ambiente a 400°C. Encontrar una relación que le permita calcular la eficiencia global (considerando ambos ciclos) a partir de la eficiencia de cada ciclo. Determinar el trabajo total que entrega el sistema formado por ambos ciclos.

18) Considere un primer ciclo de Carnot que opera con un mol de gas ideal, bajo las siguientes condiciones:

- El volumen inicial en la etapa isotérmica de alta temperatura es de 2,5 L.
- La temperatura en el proceso de expansión isotérmica es igual a 500 K.
- La expansión isotérmica se realiza hasta llegar a una presión de 8 atm.
- La temperatura en el proceso de compresión isotérmica es igual a 300 K.
- El volumen alcanzado en la etapa de compresión isotérmica es igual a 3,7 L.

El calor eliminado en este primer ciclo se utiliza para alimentar un segundo ciclo (la isoterma de baja temperatura en el primer ciclo pasa a ser la isoterma de alta temperatura en el segundo ciclo), por lo cual las condiciones determinadas en el primero son válidas para el segundo. Se debe considerar además para el segundo ciclo lo siguiente:

- La temperatura en el proceso de compresión isotérmica es igual a 275 K.
- El volumen alcanzado en la etapa de compresión isotérmica es igual a 11,4 L.

Datos:

$$\gamma = 1,602$$

$$C_v = 0,5 \text{ cal /mol K}$$

Determine el trabajo neto de cada ciclo y compare sus eficiencias.

**19)** Un estudiante, aburrido de estudiar el ciclo de Carnot, ha decidido inventar su propio ciclo para 1 mol de gas ideal, el cual tiene forma de una circunferencia en un diagrama P-V. Cuando la presión se expresa en atmósferas y el volumen en litros, la circunferencia tenía un radio de 5 unidades, con centro (V,P) en el punto (50,10). Calcular:

- Calcular las isothermas en los puntos A, B, C y D.
- Calcular el calor, trabajo y energía interna netos del ciclo.
- Calcular la eficiencia neta del ciclo.
- Comparar el rendimiento de este ciclo con uno de Carnot que funcione entre las temperaturas  $T_A$  y  $T_C$  del ciclo anterior.

Dibujar el diagrama T-S que representa el ciclo.

**20)** Se tiene un tanque rígido aislado que contiene 5 kg de aire a 15 °C y 100 kPa. Dentro del tanque se activa un calentador y se mantiene hasta que la temperatura del aire aumenta a 40 °C. Determine el cambio de entropía del aire durante el proceso. R :  $\Delta S = 0,30 \text{ kJ / K}$

**21)** Demostrar que cuando una sustancia de masa m, con calor específico c, se calienta de  $T_1$  a  $T_2$ , el cambio de entropía es:

$$S_2 - S_1 = m c \ln (T_2 / T_1)$$

**22)** Calcular el cambio de entropía que experimenta un gas ideal en una expansión isotérmica reversible desde un volumen  $V_i$  a  $V_f$ .

**23)** La capacidad calorífica a 1 atm. de presión del magnesio sólido, en el intervalo de temperatura de 0 a 560 °C viene dado por la expresión:

$$C_{p,m} = 6,20 + 1,33 \cdot 10^{-3} T + 6,78 \cdot 10^{-4} T^2$$

Determine el incremento de entropía, por átomo gramo, para un aumento de temperatura de 300 K a 800 K, a 1 atm. de presión. R :  $\Delta S = 7,07 \text{ cal atm / K gr}$

**24)** Vapor de mercurio a 357 °C y a 1 atm de presión se calienta hasta 550 °C y se incrementa su presión hasta 5 atm. Calcule el cambio de entropía en unidades convencionales, tratando el vapor como gas monoatómico ideal. Considere  $C_{p,m} = 5 \text{ cal / mol } ^\circ\text{C}$ .

**25)** Determinar el calor requerido para calentar 2,5 kg de  $\text{CdCl}_2$ , desde 298 hasta 800 K. Expresar el resultado en kilocalorías

Datos: P Molecular del cloruro de cadmio = 183,32 g / g mol

$$C_{p,m} = 14,64 + 9,60 \cdot 10^{-3} T \quad (\text{cal / mol K}) \quad (T = \text{K})$$

**26)** Determine la variación de entropía en la expansión isotérmica de 5 moles de un gas ideal a 350 K, desde un volumen de 8 a 25 litros. R :  $\Delta S = 11,32 \text{ cal / K}$