

## TERMODINÁMICA 20. Máquinas térmicas. Segundo principio termodinámico.

381. En todas las civilizaciones, y desde el siglo XII, se han creído inventar ingenios, que se movieran sin esfuerzo externo alguno, eran los móviles perpetuos que surgieron en las ferias, y en las novelas, casi siempre denostadas por los científicos. En 1803, el padre de uno de los científicos más importantes en el campo de las máquinas térmicas, Sadi Carnot, en su libro "Principios fundamentales del equilibrio y movimiento" manifestaba que el móvil perpetuo era imposible, ello se demostró posteriormente porque:

- a) No se cumplía el principio de conservación de la energía
- b) No se ajustaba al primer principio de Termodinámica
- c) No se cumplía un ciclo termodinámico
- d) No se mantenía constante la temperatura

### SOLUCIÓN

Los móviles perpetuos que no cumplían el primer principio de termodinámica, fueron llamados posteriormente móviles perpetuos de primera especie. Por eso es correcta la propuesta b.

382. Los móviles perpetuos que no cumplían el primer principio de termodinámica, se denominaron de primera especie. Era evidente que el trabajo se podría convertir en calor, por eso nos frotamos para calentar las manos, sin embargo lo contrario no era posible del todo. El dispositivo que lo producía se denominó máquina térmica, en ella:

- a) Todo el trabajo se convertía en calor
- b) Sólo se convertía en trabajo la energía interna
- c) La variación de la energía interna era cero
- d) Sólo una parte de la energía calorífica se convertía en trabajo

### SOLUCIÓN

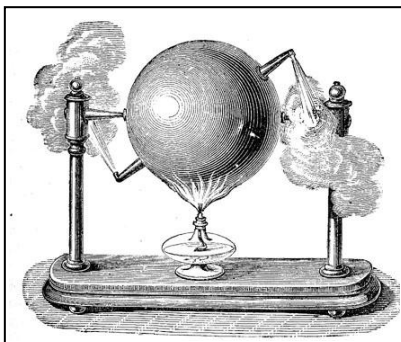
En una máquina térmica sólo una parte de la energía calorífica se convertía en trabajo. Es correcta la propuesta d.

383. Al afirmar la necesidad de dos focos térmicos con diferente temperatura para que un sistema pudiera transformar el calor en trabajo, estaba enunciando Carnot, el segundo principio de termodinámica (uno de los múltiples enunciados), que podría circunscribirse a la imposibilidad de efectuar trabajo a partir de una sola fuente calorífica. Las máquinas que no la cumplían se denominaron móviles perpetuos de segunda especie, mientras que las que incumplían también el primer principio, serían los de tercera especie. Así si un barco se impulsara únicamente a partir de la energía calorífica extraída del mar, podría considerarse un móvil perpetuo de:

- a) Tercera especie
- b) Segunda especie
- c) Primer especie

### SOLUCIÓN:

Por lo dicho anteriormente sería de segunda especie, ya que no incumple el primer principio de termodinámica pues el trabajo efectuado se desarrollaría no sólo a partir del calor absorbido por el agua, sino también modificando la energía interna de sus moléculas

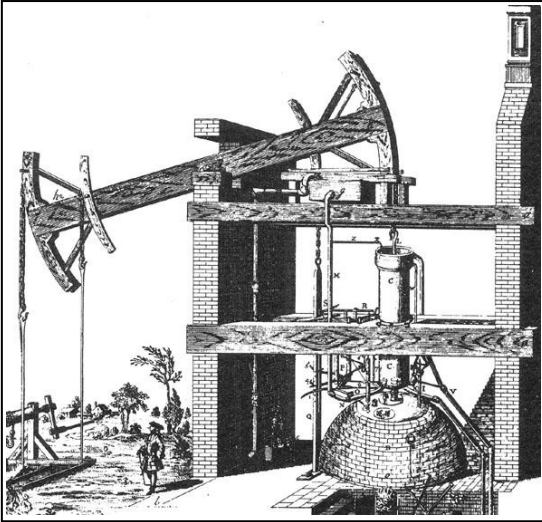


384. El objetivo inicial de una máquina térmica fue producir movimiento a partir del calor, esta idea se plasmó en la antigua Grecia, en la eolipila de Herón de Alejandría (IIa.C.) En ésta, el movimiento se producía al salir vapor de agua por orificios estratégicos de un calderín capaz de girar unido a la caldera donde se calentaba el agua, por aplicación del principio de acción y reacción. En ella, la energía calorífica se transformaba en:

- a) Trabajo de rozamiento
- b) Energía cinética de rotación
- c) Energía interna de las moléculas de vapor de agua
- d) Fuerza para hacer girar la esfera

### SOLUCIÓN

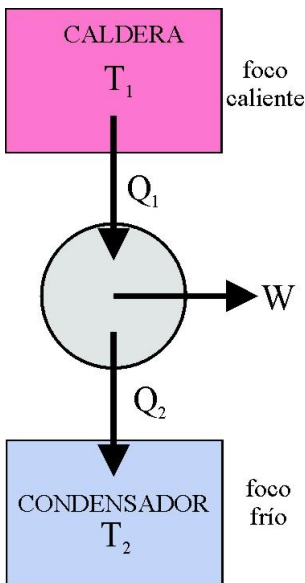
Se transformaría en energía cinética de rotación de la esfera



385. Aprovechando el llamado “poder del vapor de agua”, y a finales del siglo XVII, los ingenieros ingleses y franceses crean las primeras máquinas de vapor, que levantan cargas, mueven molinos, desplazan pesadas piezas, tales como los ingenios de Papin(1647-1712), inventor de la olla a presión, Savery (1650-1715), de Newcamen (1663-1729, en la figura y la máquina de Watt (1736-1819), con la que se inició la revolución industrial. En todas ellas:

- a) Toda la energía calorífica se transforma en trabajo
- b) Toda la energía calorífica se transforma en energía interna
- c) Solo una parte de la energía calorífica se transforma en trabajo

SOLUCIÓN: La solución correcta, siguiendo test anteriores es la c.



386. Sadi Carnot (1796-1832), ingeniero francés, apasionado por la máquina de vapor, las estudia y elabora toda una explicación creando la máquina ideal cíclica que lleva su nombre. En 1824 expone sus argumentos en “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas”. Supuso que la potencia motriz de la máquina térmica procedía del paso del calórico (todavía existía dicha teoría) desde un depósito de calor, caldera u hogar hasta otro frío que actuaba como un sumidero de calor, condensador o refrigerante.

Naturalmente la máquina de Carnot, se ideó cuando todavía no se había estudiado la conversión de calor en trabajo (1840), ni enunciado las primeras leyes termodinámicas (1840-1850). En contra de lo que se cree Carnot nunca definió un rendimiento para su máquina, sino que enunció su “máximo servicio”, esto es la máxima cantidad de agua que sería elevada para una cantidad de carbón empleada en calentar la caldera. Actualmente se definiría como la relación entre:

- a) La energía interna consumida y el trabajo desarrollado
- b) El trabajo desarrollado y la energía calorífica consumida
- c) La energía calorífica consumida y el trabajo desarrollado
- d) La temperatura del foco caliente y la del foco frío

SOLUCIÓN

El rendimiento o eficiencia de una máquina térmica  $\epsilon$  se define como la relación entre el trabajo efectuado y el calor recibido. Calculándose el primero por la diferencia,  $Q_1 - Q_2$ , dado que debe conservarse la energía. El rendimiento o eficiencia será por

$$\text{lo tanto } \epsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

387. El rendimiento de una máquina de Carnot depende:

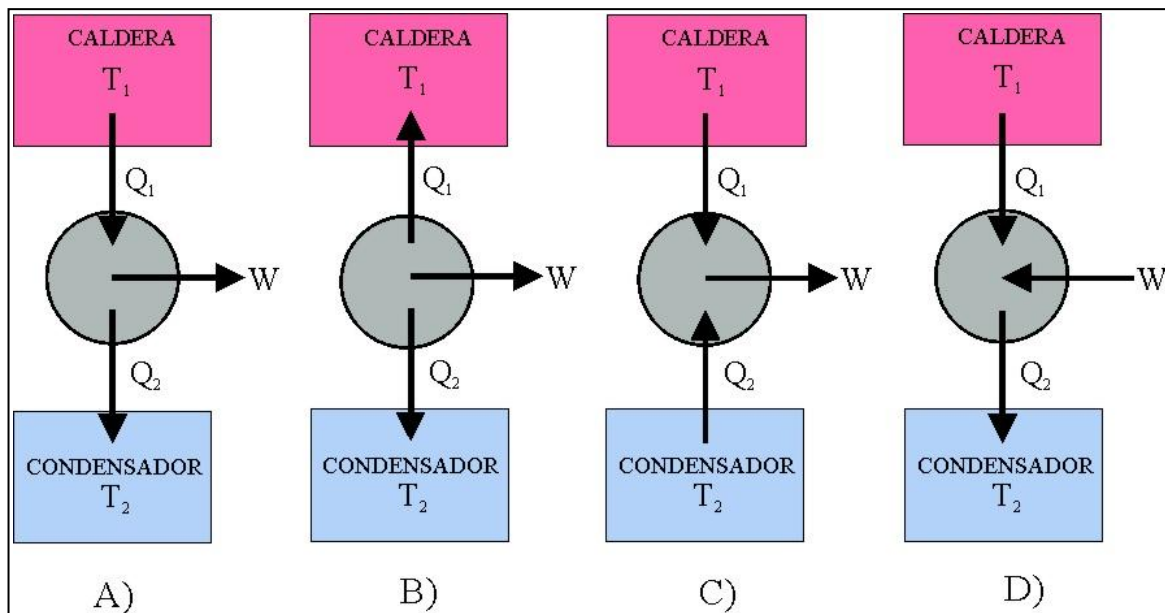
- a) De los moles de gas encerrados en ella
- b) Solo de la temperatura de los focos caliente y frío
- c) De la diferencia de temperatura entre los focos caliente y frío
- d) Sólo de la temperatura del foco caliente

SOLUCIÓN

Dada la expresión del rendimiento del test anterior, y la proporcionalidad entre  $Q$  y  $T$ , la expresión

$$\text{quedaría } \epsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \text{ Es correcta la propuesta b.}$$

388. El nombre de Sadi, se lo pusieron en honor a un poeta persa del siglo XIII, Sadi Musharif, muy de moda en París en la época revolucionaria. Su padre Lázaro, había demostrado que los móviles perpetuos eran imposibles. Él establece lo que sería llamado posteriormente segundo principio de termodinámica (todavía no se había enunciado el primero), indicando que “la potencia motriz de las máquinas solo depende de las temperaturas entre la que se transporta el calor”. Sin embargo en las notas que dejó no publicadas, debido a su temprana muerte, se declaraba escéptico en la conversión del calor en trabajo. El esquema que da para una máquina térmica de todos los datos



será el a) A

b) B

c) C

d) D

SOLUCIÓN

El único que se corresponde con el esquema presentado en el test 386 es el A)

389\*. El rendimiento de cualquier dispositivo se define como la relación entre energía útil producida y toda la energía recibida. Si lo aplicamos a una máquina térmica que funciona según un ciclo de Carnot, diremos que:

a) Nunca puede ser del 100%

b) El máximo rendimiento se dará cuanto la diferencia entre las temperaturas de los focos sea mayor

c) El rendimiento será mayor si  $T_2 > T_1$

d) El rendimiento será 0 si  $T_2 = T_1$

SOLUCIÓN

Dada la expresión  $\varepsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ , sería 0%, si  $T_2 = T_1$  y del 100% si  $T_2 = 0$ . Si  $T_2 > T_1$ ,  $\varepsilon < 0$ , son correcta la a

y la d. Para que fuera 0, no podría existir foco a menor temperatura, dada la imposibilidad del 0 absoluto.

390\*. Una máquina de Carnot opera entre dos focos que se encuentran a 100°C y 0°C. Si la máquina recibe 1000J por ciclo, dirás que:

a) El rendimiento de la máquina es aproximadamente del 27%

b) El trabajo realizado por dicha máquina es de 2000J

c) La cantidad de calor tomada de la fuente caliente es de 1000J

d) La cantidad de calor devuelta a la fuente fría es de 268J

SOLUCIÓN

Aplicando la expresión  $\varepsilon = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = 0,268$  El rendimiento sería del 27%. Como recibe 1000J =  $Q_1$

Teniendo en cuenta que  $\varepsilon = \frac{W}{Q_1} = \frac{W}{1000} = 0,268$ ,  $W = 268J$ .  $0,268 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{1000}$ ;  $Q_2 = 1000 - 268 = 732J$ . Son correctas

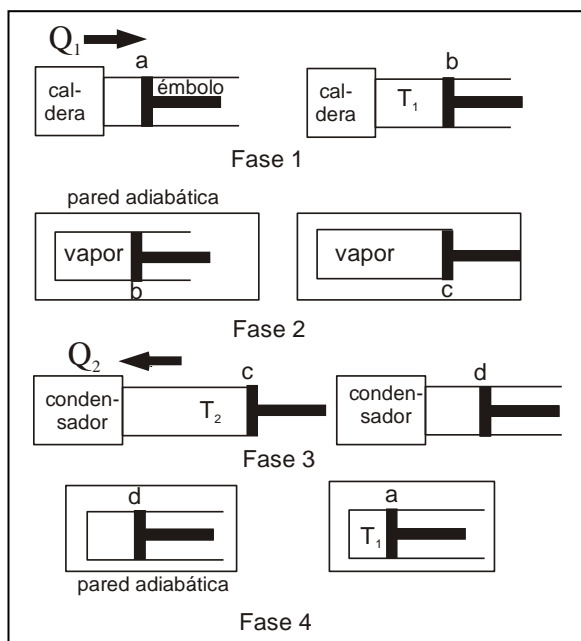
la a y la c.

391. Un motor térmico con un rendimiento real del 25%, transmite energía a una fuente fría a 27°C. Dirás que la temperatura del foco caliente será en grados Celsius de:

- a) 127 b) 27 c) 75 d) 100

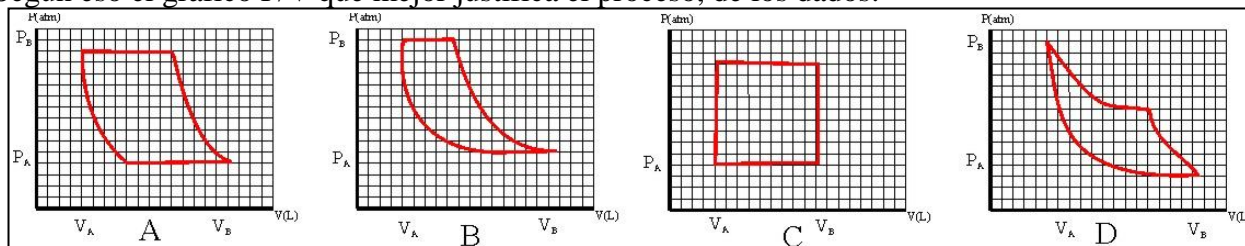
SOLUCIÓN

Aplicando la expresión  $\varepsilon = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{(273+27)}{T_1} = 0,25 ; 0,75 = \frac{300}{T_1}$ ;  $T_1 = 400K = 127^\circ C$ . Es correcta la a.



392. Sadi Carnot, murió muy joven a los 36 años, en una epidemia de cólera que asoló la región de París, pero sus años como científico fueron muy fructíferos pues describió una máquina térmica ideal en la cual una sustancia tal como el vapor de agua, encerrado en un cilindro unido a un pistón, en una primera fase se expansionaba en contacto con la caldera u hogar, tomando el calor suficiente para mantener constante su temperatura. En la segunda fase, se aislaba el depósito, con lo que la sustancia que continuaba expansionándose disminuía su temperatura. En la tercera, la sustancia en contacto con el foco frío (condensador o refrigerante) se comprimía liberando el calor suficiente para mantener constante su temperatura. Por fin en la cuarta fase, se aislaba la sustancia del sumidero, de forma que al continuar su compresión la temperatura aumentaba hasta alcanzar las condiciones iniciales, con lo que se cerraba el ciclo.

Según eso el gráfico P/V que mejor justifica el proceso, de los dados:



es el a) A b) B c) C d) D

SOLUCIÓN

Los procesos indicados son una expansión isotérmica ( $T^a = cte.$ ) Fase 1, seguida de otra adiabática (está aislado el depósito) Fase 2. Después una compresión isotérmica (Fase 3) y otra adiabática (Fase 4). Esto sólo se produce en el D.

393. Una máquina térmica que opere según el ciclo de Carnot, efectuará:

- a) Dos adiabáticas y dos isocoras b) Dos adiabáticas y dos isobaras  
c) Dos adiabáticas y dos isotermas d) Dos isobaras y dos isocoras

SOLUCIÓN

Por lo explicado en el test anterior, sólo es correcta la c.

394\*. Un motor de Carnot A recibe calor de una fuente caliente a 2500K y lo devuelve a 1500K, a otro motor B, que a su vez lo devuelve a una fuente a 900K. Si la fuente a mayor temperatura suministra 500J, dirás que :

- a) El rendimiento del motor A es del 30%  
b) El rendimiento del motor B es del 40%  
c) El trabajo efectuado por A es de 250J  
d) El trabajo efectuado por B es 120J

SOLUCIÓN

Como  $\varepsilon = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1500}{2500} = 0,4$ ; El rendimiento de A sería del 40%. Aplicándolo nuevamente

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{900}{1500} = 0,4 ; \text{ Teniendo en cuenta la proporcionalidad entre } Q \text{ y } T, \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_3}{T_3} ; \frac{500}{2500} = \frac{Q_2}{1500} = \frac{Q_3}{900}$$

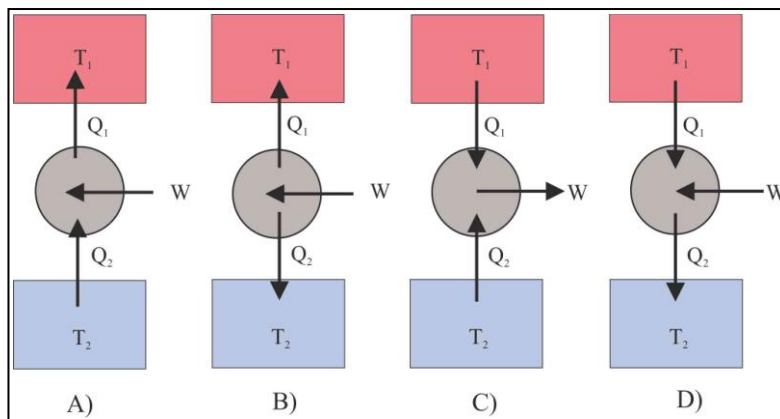
De lo que  $Q_2 = 300J$ ;  $Q_3 = 180J$ , De lo que  $W_1 = Q_1 - Q_2 = 200J$ ;  $W_2 = Q_2 - Q_3 = 120J$ . Son correctas las propuestas b y d.

395. Si recorremos el ciclo de Carnot en sentido contrario, tenemos una máquina refrigeradora de Carnot, por ello de todos los esquemas dados, el único que la representa es el:

- a) A b) B c) C d) D

SOLUCIÓN

El correcto sería el A, dado que extrae calor  $Q_2$ , de la fuente a menor temperatura a expensas del trabajo que se realiza sobre él, para enviarlo a la fuente a mayor temperatura ( exterior) a  $T_1$



396. El rendimiento de un refrigerador de todas las expresiones dadas:

- a)  $\varepsilon = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$  b)  $\varepsilon = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2}$  c)  $\varepsilon = 1 - \frac{T_1}{T_2}$  d)  $\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$

El único correcto será el: a) A

b) B

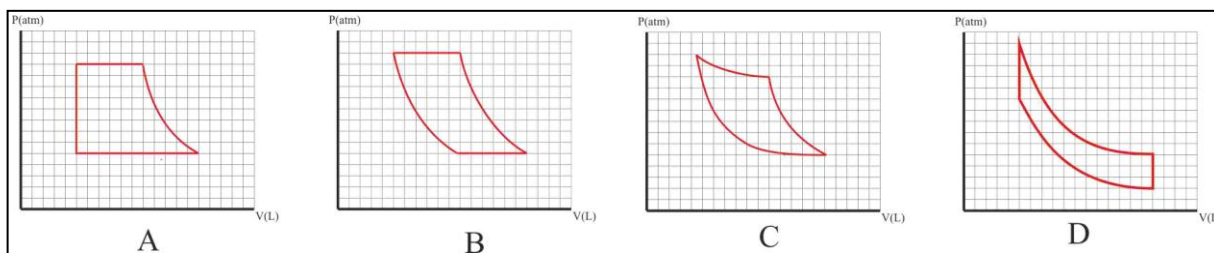
c) C

d) D

SOLUCIÓN

El correcto es el D, dado que recibe trabajo  $Q_1 - Q_2$ , para extraer calor de la fuente a menor temperatura  $Q_2$

397. Los motores de combustión interna, la mayoría de los coches de gasolina, funcionan según un ciclo termodinámico llamado de Otto, estaba formado por dos adiabáticas y dos isocóricas, por eso de todos los dados:



el correcto sería el : a) A b) B c) C d) D

SOLUCIÓN

El correcto es el D, que es el único que corresponde a dos adiabáticas y dos isocóricas.

398\*. El segundo principio de termodinámica, en sus diferentes enunciados asegura la imposibilidad de construir un dispositivo que convierta íntegramente:

a) El trabajo recibido en calor suministrado a una fuente única

b) El calor extraído de una fuente a temperatura constante, en trabajo

c) El calor recibido de una única fuente en trabajo útil

d) El trabajo suministrado en calor intercambiado entre la fuente a menor temperatura y la de mayor

SOLUCIÓN

Son correctos a, b y c, dado que se refieren a la imposibilidad.

399. A partir de las máquinas térmicas, Clausius definió la variación de entropía como la relación entre el calor intercambiado y la temperatura a la que se produce, por ese motivo, será nula solo en las transformaciones:

a) Isocóricas b) Adiabáticas c) Isobáricas

d) Isotermas

SOLUCIÓN

Dado que  $\Delta S = Q/T$ , solo será 0 si  $Q=0$ , lo que ocurre en las adiabáticas.

400. Las unidades de la entropía en el sistema internacional son: a)  $J/^\circ C$  b)  $J/K$  c)  $kJ$  d)  $J$

SOLUCIÓN

Dado que  $\Delta S = Q/T$ , será  $J/K$ , como se asegura en b.