

**Trabajo y calor en los procesos termodinámicos de un gas ideal.
Conceptos previos.**

Sistema termodinámico: Un conjunto bien definido de átomos, moléculas, partículas u objetos (HEWITT, 1993, p.306).

Un sistema puede ser abierto -la atmósfera- o cerrado, como es el caso de la mezcla carburada que puede ocupar el cilindro de un motor de explosión.

Sistema termodinámico a estudiar: gas ideal

Ec. de estado de los Gases ideales $PV = nRT$

Proceso termodinámico: un sistema experimenta un proceso o transformación termodinámica cuando se modifica alguna de sus variables de estado (P, V, T) (CATALÁ, 235)

Ejemplos de transformaciones termodinámicas cerradas :
isoterma (T=cte), isocora (V=cte), isobara (P=cte),
adiabática (Q=0, pv=c).

Representación en la carta de isotermas.

Definición de trabajo de un gas ideal en un recipiente:

(Figura con cilindro y pistón en expansión, identificar el sistema: gas a presión "p" confinado en un cilindro)

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_1^2 p\vec{A} \cdot d\vec{r} = \int_1^2 pAdx = \int_{V_1}^{V_2} pdV$$

En ejes pV:

* W es el área encerrada por p=p(V) entre V₁ y V₂

* W₁₋₂ > 0 (expansión del gas), el sistema realiza trabajo sobre el medio.

* W₁₋₂ < 0 (compresión del gas), se realiza trabajo sobre el sistema.

Definición de calor en una transformación termodinámica.

Recordatorio de conceptos previos: Energía cinética media traslacional de una molécula de un gas ideal $E_c = (3/2)kT$, (Demostrado en la teoría cinética de un gas ideal, SEARS, p. 455), Energía cinética media de traslación de un gas ideal con "N" moléculas o "n" moles será $E_c = (3/2)NkT = (3/2)nRT$.

Se denomina calor a la energía que se transfiere de una sustancia a otra o de una parte de un cuerpo a otro, en virtud de la existencia de un gradiente de temperatura, y que cesa en cuanto desaparece ese gradiente de temperatura. El calor es energía que está siendo transferida.

Para el cálculo del calor absorbido (o cedido) por un cuerpo de masa "m" y calor específico (c_e) cuando su temperatura pasa de "T₁" a "T₂" se aplica la fórmula:

$$Q_{1 \rightarrow 2} = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1), \text{ F\u00f3rmula de Black}$$

en un gas se acostumbra a utilizar el calor específico molar "C", existiendo dos: C_p y C_v.

$$Q_{1 \rightarrow 2} = n \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1), \text{ en procesos a p cte}$$

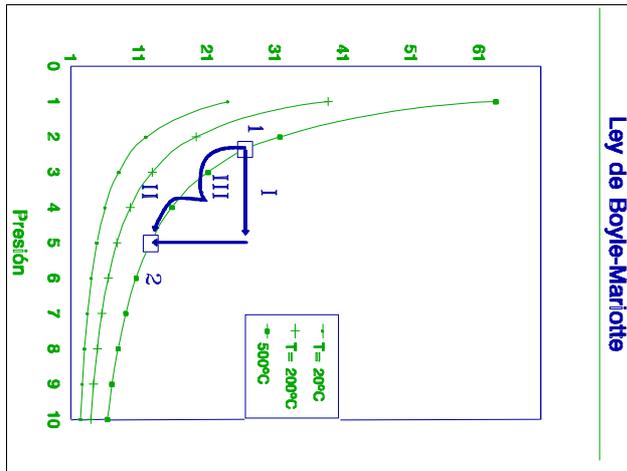
$$Q_{1 \rightarrow 2} = n \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1), \text{ en procesos a v cte}$$

Convenio de signos: si $Q > 0$, calor suministrado al sistema. Si $Q < 0$ se dice que se ha cedido calor o que el sistema ha cedido calor.

Energía interna: Primer principio de la Termodinámica

La transferencia de calor y la realización de trabajo son dos procedimientos de suministrar o sustraer energía a un sistema (SEARS, p. 411).

Una vez que se ha producido la transferencia de energía, se dice que el sistema ha experimentado una variación de energía interna.



Al pasar de "1" a "2", siguiendo distintas trayectorias: I, II, III, etc, experimentalmente se observa que la diferencia entre el calor suministrado "Q" -energía aportada- y el trabajo realizado "W" -energía cedida- permanece constante, es decir:

$$(Q-W)_I = (Q-W)_{II} = \text{cte}$$

La diferencia "Q-W" es la variación de energía del sistema, por lo que a esta diferencia se le denomina variación de energía interna del sistema " ΔU ", variación que, como ya se ha dicho, permanece constante.

La observación anterior constituye el Primer Principio de la Termodinámica, el cual se formula como sigue:

$$Q = W + \Delta U$$

El 1er Principio es el principio de conservación de la Energía.

El primer Principio establece que la energía no se puede crear ni destruir (HEWITT, 1997, p. 297)

El calor suministrado (>0) a un sistema se invierte en incrementar la energía interna del sistema y en realizar trabajo (>0).

U es la energía interna del sistema. U es la suma de las energías cinética y potencial de las moléculas de la sustancia que constituye el contenido del sistema (CATALÁ, 235). La suma total de la energía de todas las moléculas de un cuerpo se denomina energía interna (GIANCOLI, 417). *Internal energy is the grand total of all energies inside a substance. This includes potential energy due to the forces between molecules or atoms and kinetic energy due to the movements of atoms within molecules (HEWITT, 1993, p. 254).*

En la teoría cinética de los gases se demostró que la energía cinética de la molécula de un gas ideal monoatómico era: $E_c = \frac{3}{2} kT$. Resulta así que la energía cinética por grado de libertad es $\frac{1}{2} kT$. La energía interna es fundamentalmente energía cinética, ya que las fuerzas intermoleculares son despreciables, por

Cap. VII: Termodinámica. Lección 5: Trabajo y calor

consiguiente, para un gas ideal $U=U(T)$ y la variación de energía interna de un punto a otro de una transformación sólo depende de la variación de temperatura que haya entre dichos puntos.

Cálculo de la ΔU de un gas ideal

Si se considera una transformación isocora entre la isoterma que pasa por el estado inicial del sistema y la que pasa por el estado final y se aplica el 1er. Principio de la Termodinámica, se tiene:

$Q - W = \Delta U$, pero $Q = n C_v dT$ y $W = 0$, por lo que se deduce que la variación de energía interna " dU " de un gas ideal vale:

$$dU = n C_v dT.$$

$dU = n C_v dT$, es la variación de energía interna en cualquier proceso termodinámico de un gas ideal.

U es una variable de estado que en un gas ideal sólo depende de la temperatura.

P-V Diagrams Have More to Offer, The Physics Teacher, Vol. 35, 1997.

NOTAS: Se denomina móvil perpetuo de 1ª especie a una máquina que produjera trabajo CÍCLICAMENTE sin consumir una cantidad equivalente de energía. En 1755 la Academia Francesa de las Ciencias declaró de una vez por todas que no admitiría más proyectos de motores perpetuos.

Es decir, para producir trabajo es necesario consumir energía calor

EXPLICACIÓN:

Ciclo: $\Delta U = 0$ Primer Principio aplicado a un ciclo:

$$Q_{neto} = W_{neto\ o\ útil} \rightarrow Q_{smt} - Q_{ced} = W_{neto\ o\ útil}$$

Es posible producir trabajo sin suministrar calor si no es CÍCLICAMENTE, pero en ese caso sería a costa de la energía interna del sistema (LLEÓ, 375).

Cada día, nuestro cuerpo (un sistema termodinámico) realiza un ciclo, en el cual se realiza un trabajo neto. De acuerdo con el primer principio, ha tenido que entrar la misma cantidad de calor al sistema. SEARS, ZEMANSKY y YOUNG, 9ª edición, 1998.

Actividad	Calor (MJ)	Trabajo (MJ)
Sueño (8h)	-	2,0
Desayuno (1h)	5,0	0,7
Trabajo matutino (4h)	-	4,3
Almuerzo (1h)	5,0	0,7
Trabajo vespertino (4h)	-	4,3
Cena	6,5	0,7
Ejercicio (1h)	-	2,1
Estudio, otras act.	-	1,7
	16,5	16,5

BIBLIOGRAFÍA

1. Hewitt, Paul, G., "Conceptual Physics, 7th edition, HarperCollins College Publishers, New York, 1993.

2. Catalá de Alemany, Joaquín, "Física", Fundación García Muñoz, Madrid, 1988.

3. Sears Francis W., Zemansky, Mark W., Young, Hugh D. y Freedman, Roger A., "Física Universitaria", 9^a ed., Addison Wesley Longman, México, 1996.

4. Giancoli, Douglas, C., "Physics for Scientists and Engineers", Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, cop. 1988.

5. Peckham, G.D., "P-V diagrams have more to offer", The Physics Teacher, 35, 56, 1997.

6. Lleó Morilla, Atanasio, "Física para Ingenieros", ed. Mundi-Prensa, Madrid, 2001.