



FÍSICA I: BFIOIC

2022-1

Prof. Dr. Marco Cuyubamba



Física térmica

Sean el siguiente fenómeno



Generalmente usamos el tacto para tener una idea de la temperatura de un cuerpo, pero no es la manera más confiable.

Vemos el siguiente caso,



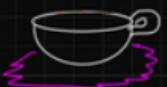
Aparentemente, la sensación térmica da entender que la taza del inodoro es "más fría", aunque esté a la misma temperatura del ambiente.

Ejm: I



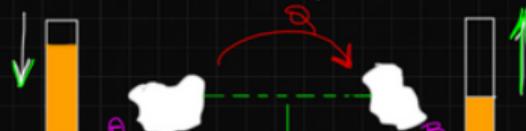
obs

El tacto no es la manera más adecuada de tener información de la temperatura de un cuerpo.



Contacto térmico

Sean los cuerpos A y B



Todo cuerpo tiene una propiedad térmica que puede cambiar.

obs

El contacto térmico permite la posibilidad de transferencia de energía de un cuerpo a otro.

Calor

Es la energía en tránsito entre dos cuerpos en contacto térmico que tiene esta propiedad distinta

obs

No necesariamente se establece contacto térmico con contacto físico



Equilibrio térmico

obs

Hasta ahora, solo se observa que la transferencia de calor se establece de mayor a menor temperatura de forma espontánea

OBS

La transferencia de energía en forma de calor cesará en el denominado equilibrio térmico y a esta propiedad se denomina temperatura.

Vamos lo siguiente:



material
aislante
térmico

Entonces T_A y T_B son las temperaturas de A y B respectivamente.

$$T_A > T_B$$

Si retiramos el material aislante, la energía en forma de calor de transfiere de A hacia B, de manera espontánea.

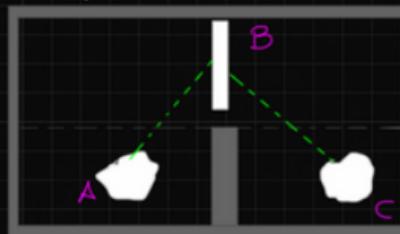
OBS

Los cuerpos NO tienen calor.

L

La ley cero de la termodinámica

Sean los cuerpos A y B en equilibrio térmico y además se sabe que B y C están también en equilibrio térmico, entonces A y C estarán también en equilibrio térmico.



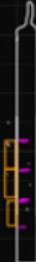
OBS

La ley cero es la base para la definición de un termómetro, en este caso, el cuerpo B

OBS

Los termómetros miden su propia temperatura.

Escala térmicas



* Para establecer una escala de temperatura, se debe tener lo siguiente

- 1 Referencia (2 referencias)
- 1 división mínima

* Escala Celsius $\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{cong}}(H_2O) = 0^\circ C \\ T_{\text{ebull}}(H_2O) = 100^\circ C \end{array} \right.$

* Escala Kelvin $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cero absoluto} = 0 K \\ \downarrow \\ \text{A esta temperatura, el sistema macro y micro no se mueve} \end{array} \right.$

Tenemos las siguientes escalas conocidas

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{K - 273}{100} = \frac{^{\circ}F - 32}{180}$$

OBS En el cero absoluto

$$T = -273.15^{\circ}C$$

OBS
Tener en cuenta que

$$\Delta^{\circ}C \equiv \Delta K$$

OBS

La escala Kelvin es denominada temperatura termodinámica

Efectos causados por el cambio en la temperatura

Un efecto conocido es el cambio en la forma geométrica de los cuerpos.

a)



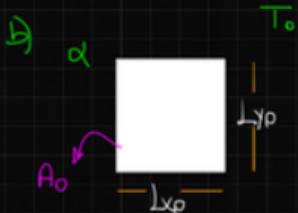
donde
 $\Delta L = L - L_0$
 $\Delta T = T - T_0$
 cambio en la temperatura

Se comprueba experimentalmente que

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

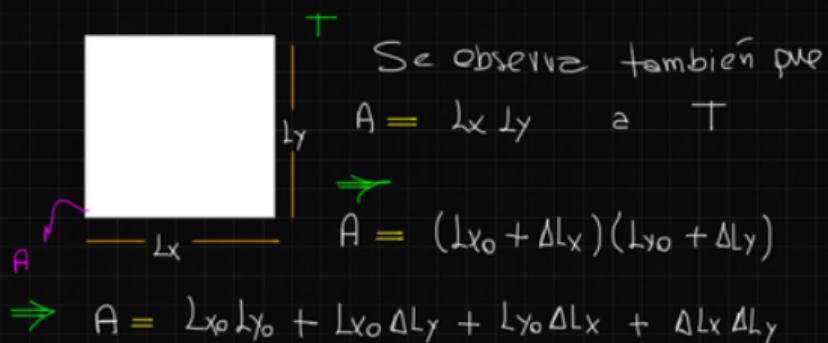
$$\alpha (\text{°L}^{-1}) \\ (\text{K}^{-1})$$

donde α es el coeficiente de dilatación lineal y depende del material



Se observa que:

$$A_0 = L_{x0} L_{y0} \Rightarrow T_0$$



$$\Rightarrow A = L_{x0} L_{y0} + L_{x0} \Delta L_y + L_{y0} \Delta L_x + \Delta L_x \Delta L_y$$

$$A = A_0 + \alpha L_{x0} L_{y0} \Delta T + \alpha L_{y0} L_{x0} \Delta T + \Delta L_x \Delta L_y$$

$$\Delta A = 2\alpha L_{x0} L_{y0} \Delta T + \alpha^2 L_{x0} L_{y0} \Delta T^2$$

$$\Delta A = 2\alpha A_0 \Delta T ; |\alpha \Delta T| \ll 1$$

Se desprecia

c) Para un volumen

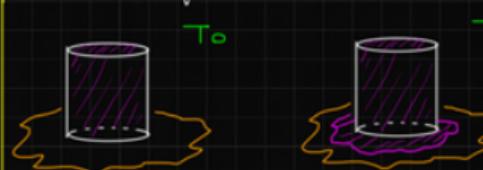


Se cumple;

$$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T ; |\Delta T| \ll 1$$

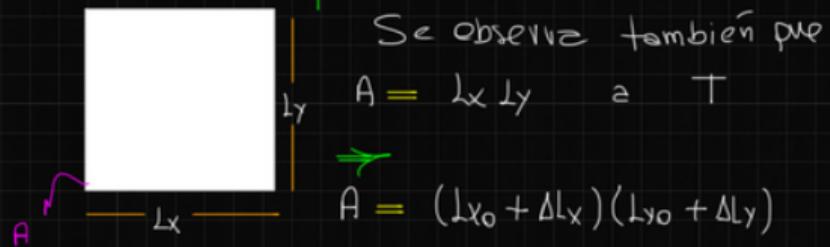
obs

Para el cambio en el volumen de un líquido



Se cumple:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$



$$\Rightarrow A = L_{x_0} L_{y_0} + L_{x_0} \Delta L_y + L_{y_0} \Delta L_x + \Delta L_x \Delta L_y$$

donde, β es el coeficiente de dilatación
volumétrica

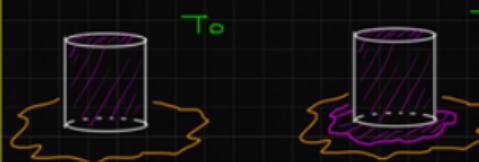
$$\beta \left(^\circ C^{-1} \right)$$

$$(K^{-1})$$

Se cumple:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T ; |\Delta T| \ll 1$$

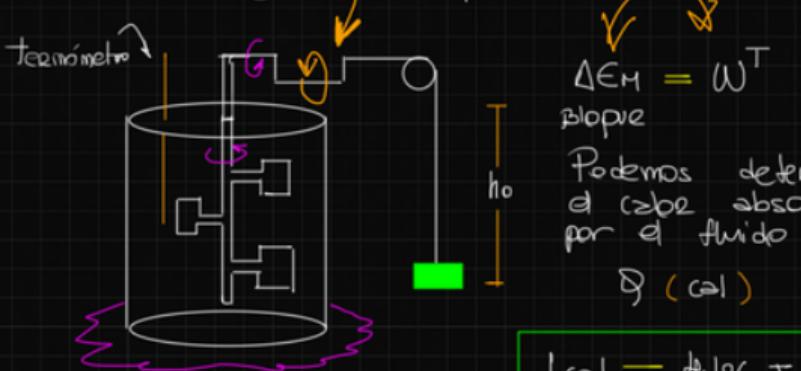
OBS
Para el cambio en el volumen
de un líquido



Se cumple:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

Veamos el siguiente experimento



Local = 41186 J

OBS. El calor y el trabajo son maneras de transferencia de energía.

Efectos de la transferencia de energía en forma de calor

1. Cambio de la temperatura
 2. Cambio de estado

$$\Delta \epsilon_M = \omega^T$$

Blopie

Podemos determinar el color absorbido por el fluido

8 (c)

 \rightarrow Equivalente mecánico
del calor

Capacidad calorífica (L)

Es la cantidad de calor que se le debe transferir a una sustancia para cambiar su temperatura en 1°C

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

93

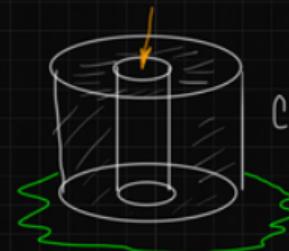
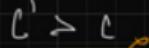
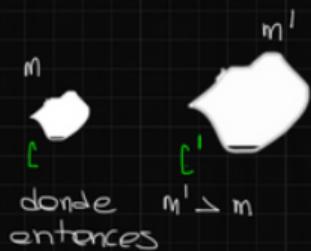
La capacidad catabólica depende de la masa de la sustancia

QBS

Un calorímetro es un recipiente diseñado para aislar térmicamente su interior.

$$q_r = \ell \Delta T$$

→ calor absorbido por el calorímetro



Calor específico (c_e)

Es una propiedad de la sustancia que determina cuánto calor se le debe suministrar a 1g de sustancia para cambiar su temperatura en 1°C



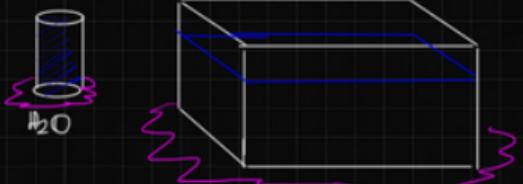
Se tiene que:

$$c_e = \frac{Q}{m \Delta T} \quad \text{cal/g}^{\circ}\text{C}$$

OBS

El calor específico **NO** depende de la masa de la sustancia

Entonces



$$c_e = \frac{1 \text{ cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$$

$$c_e = 0,5 \text{ cal} \quad \text{Hielo} \quad \text{g}^{\circ}\text{C}$$

$$Q = c_e m \Delta T$$

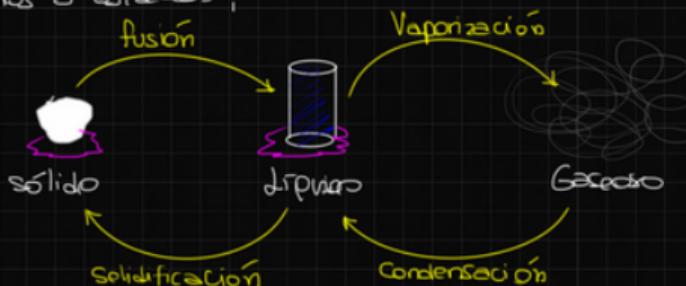
$$Q = m c_e (T - T_0)$$

$$\rightarrow T = T_0 + \frac{1}{m c_e} Q$$



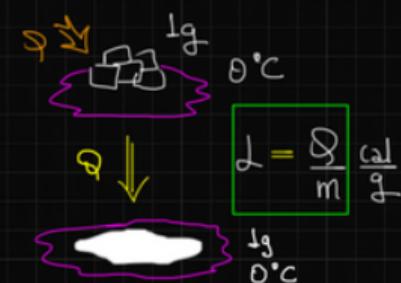
Estados de la materia

Tenemos 3 estados:



Calor latente (L)

Es la cantidad de calor que se debe suministrar/extraer a 1g de sustancia para que cambie en su totalidad de estado



OBS

Para que una sustancia cambie de estado por transferencia de calor, ésta se debe encontrar a una temperatura de cambio de estado.

- $T_{\text{fusion}} = 0^\circ\text{C}$ $\rightarrow L_{\text{fusion}} = 80 \text{ cal/g}_{\text{H}_2\text{O}}$

$$L_{\text{solid}} = -80 \text{ cal/g}_{\text{H}_2\text{O}}$$

- $T_{\text{vap.}} = 100^\circ\text{C}$ $\rightarrow L_{\text{vap}} = 540 \text{ cal/g}_{\text{H}_2\text{O}}$

$$L_{\text{cond}} = -540 \text{ cal/g}_{\text{H}_2\text{O}}$$

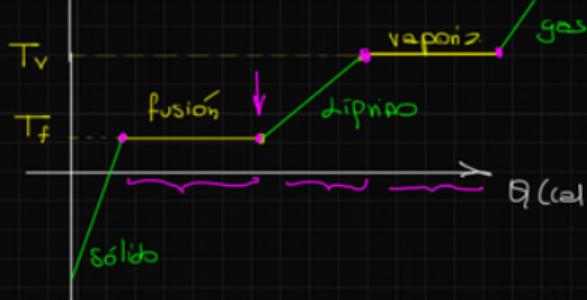
OBS

La temperatura de una sustancia NO cambia en un proceso de cambio de estado.



Se tiene lo siguiente:

$$\Delta T(\text{°C})$$



OBS



aislante

Se cumple:

$$\sum Q = 0$$

Por conservación de la energía transferida

Tenemos un sistema aislado

$\Delta(+)$: Ganancia de calor

$\Delta(-)$: Pérdida de calor

Formas de transferencia de energía

en forma de calor

Tenemos 3 maneras:

- Convección
- Radiación
- Conducción

① Convección

Es el proceso de transferencia de energía en forma de calor debido al transporte de la masa circundante



② Radiación

Es la transferencia de energía en forma de calor por medio de ondas electromagnéticas

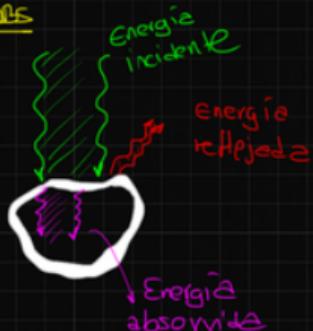


OBS

Todo cuerpo absorbe
y emite radiación



OBS



OBS

Buenos emisores de
radiación son también
buenos absorbentes de
radiación

$$H = \epsilon \sigma T^4$$

Emisividad

Temperatura

Constante de Boltzmann

3

Conducción

Es la transferencia de energía
en forma de calor por
contacto entre cuerpos o
a lo largo del mismo cuerpo

Foco térmico
 T_A

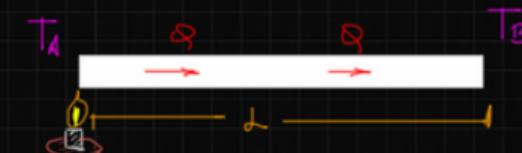


Foco térmico
 T_B

OBS
Debido a que
 $T_A > T_B$
se establece
una transferencia
de energía en forma
de calor
de izq a derec.

Sistema considerado
suficientemente masivo
para que cambie su
temperatura

Sea el siguiente sistema,



OBS

Estudaremos la
transferencia de calor
en el régimen
estacionario

OBS

La temperatura en cada punto
de la varilla es constante en
un régimen estacionario.

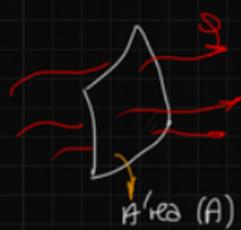
OBS

La rapidez de transferencia de energía es constante en el régimen estacionario

$$H = \frac{Q}{\Delta t} \left(\text{Rapidez de transferencia} \right) (\text{W})$$

Ley de Fourier

Se define el flujo de calor ϕ_c como la rapidez de transferencia de energía por unidad de área



$$\phi_c = \frac{Q}{\Delta t \cdot A} \quad (\text{W/m}^2)$$

Entonces, en \perp dimensión, se cumple

$$\phi_c = -K \frac{dT}{dx}$$

Gradoante de temperatura
conductividad del material
(W/m·K)

Gradoante $\frac{dT}{dx}$, indica la razón de cambio de la temperatura a lo largo de la varilla

En un régimen estacionario

$$\phi_c = \frac{H}{A} = -K \frac{\Delta T}{L}$$

entonces;

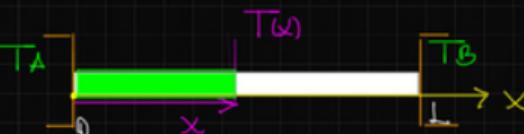
$$H = -KA \frac{\Delta T}{L}$$

Se considera sección transversal uniforme

$$\Delta T = T_B - T_A < 0$$

Esta expresión es válida en el régimen estacionario.

OBS



L : longitud de la varilla

Sabemos que

$$H = -\frac{KA(T_B - T_A)}{L} = -\frac{KA}{L}(T(x) - T_A)$$

$$\Rightarrow T(x) = T_A + \frac{x}{L}(T_B - T_A)$$



Termodinámica

Vamos a estudiar los mecanismos térmicos que ocurren en un gas (para medirlos, el gas ideal) y el funcionamiento de las máquinas térmicas



Entonces; las cantidades presión (P), volumen (V) y temperatura (T) son macroscópicas

Se demostró experimentalmente que estas cantidades macroscópicas se relacionan,

$$PV = N k_B T$$

$$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

N : número de partículas

$$PV = nRT$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$$

$$0,082 \frac{\text{atm.L}}{\text{mol.K}}$$

cantidades macroscópicas se relacionan,

$$PV = N k_B T$$

$$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

N : número de partículas

$$\rightarrow PV = nRT$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

Si, el número de partículas no cambia, entonces se cumple

$$\frac{PV}{T} = \text{cte}$$

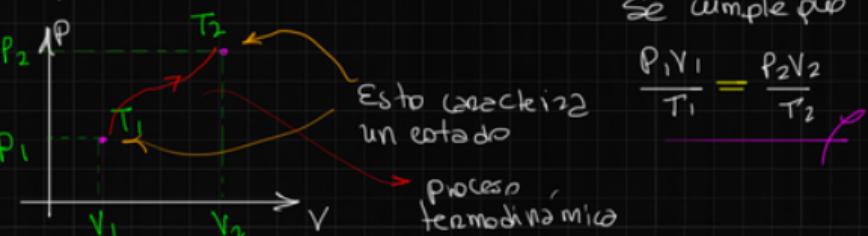
o sea

Para poder identificar al gas, se establece mediante su estado termodinámico

Estas 3 cantidades macroscópicas, caracterizan al estado termodinámico, aunque basta con 2 de estas para definir el estado

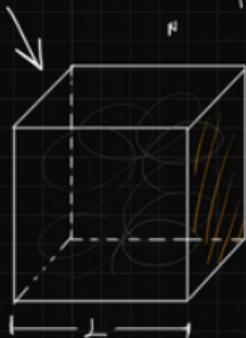
$$\{(P, V); (P, T); (V, T)\}$$

Vamos a usar esta para definir el Estado termodinámico



Teoría cinética de gases

Sea un gas confinado en un recipiente cúbico de lado L (para simplificar el desarrollo aunque sin pérdida de generalidad)



→ Vamos a considerar al gas ideal, donde



Sabemos que

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$$

OBS

No existe una dirección preferencial para el movimiento de los partículas del gas,

$$(V^2)_m = (V_x^2)_m + (V_y^2)_m + (V_z^2)_m \quad | \quad (V_x^2)_m = (V_y^2)_m = (V_z^2)_m$$

$$(V^2)_m = 3(V_x^2)_m$$

$$\Rightarrow (V_x^2)_m = \frac{1}{3}(V^2)_m$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta p &= 2mV_x \\ \Delta t &= \frac{2L}{V_x} \end{aligned} \right\} \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

$$F = \frac{2mV_x}{\frac{2L}{V_x}} = \frac{mV_x^2}{L}$$

Entonces

$$P = \frac{F}{L^2} = \frac{mV_x^2}{L^3}, \text{ weyo}$$

$$PV = \frac{mN}{3}(V^2)_m = \frac{2N}{3} \underbrace{\left[\frac{1}{2}m(V^2)_m \right]}_{\text{1 partícula}} = \frac{2N}{3} K_T$$

OBS

$$K_{\text{trsl. media}} = N K_{\text{trsl. media}} \rightarrow \text{partícula}$$

A partir del resultado experimental, se tiene que

$$PV = N k_B T = \frac{2}{3} N K_T \rightarrow \text{partícula}$$

$$\rightarrow K_{\text{transl medias} \downarrow \text{partícula}} = \frac{3}{2} k_B T$$

Energía cinética translacional media de ↓ partícula

$$K_{\text{transl medias} \downarrow \text{gas}} = \frac{3}{2} N k_B T$$

Energía cinética translacional media del gas.

Además,

$$\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle_m = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\langle v^2 \rangle_m = \frac{3 k_B T}{m}$$

Se define v_{rms} , la rapidez cuadrática media como

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle_m}$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3 k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3 R T}{M}} \quad , \overline{M} : \text{masa molar}$$

Energía interna (U)

La energía interna es la energía cinética del gas sin tener en cuenta las interacciones entre partículas de un gas ideal.

Entonces

$$U(T) = \frac{3}{2} N k_B T$$

Para un gas ideal monoatómico

OBS

Si la temperatura de un gas ideal no cambia, entonces la energía interna $\Delta U = 0$

Para un gas ideal diatómico, tenemos que tener en cuenta que existen 2 grados de libertad adicional, siendo un total de 5 grados de libertad

↑ Cada partícula tiene 3 grados de libertad

Teorema de equipartición de la energía

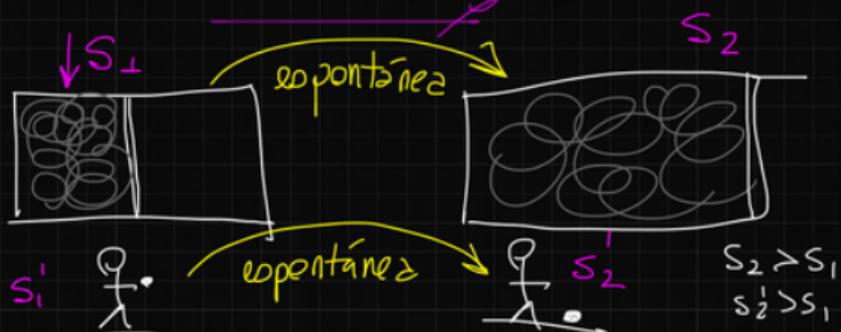
El teorema afirma que a cada grado de libertad le corresponde una energía igual a $\frac{1}{2} k_B T$

Para un molécula diatómica, tenemos

$$U(T) = \frac{5}{2} N k_B T$$

Para un gas poliatómico, se tiene

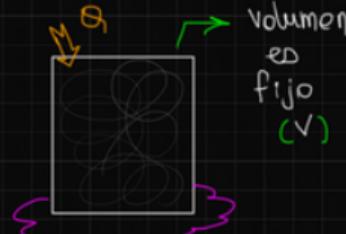
$$U(T) = 3N k_B T$$



Primera ley de la termodinámica

Esta ley establece que

- Si transferimos Q a volumen constante

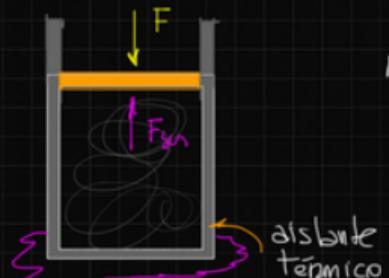


se cumple

$$\Delta U = Q \begin{cases} Q > 0 & (\text{gana calor}) \\ Q < 0 & (\text{ pierde calor}) \end{cases}$$

$\Delta U > 0$
(temperatura aumenta)

- Si realizamos trabajo sobre el gas en un medio adiabático ($Q=0$)



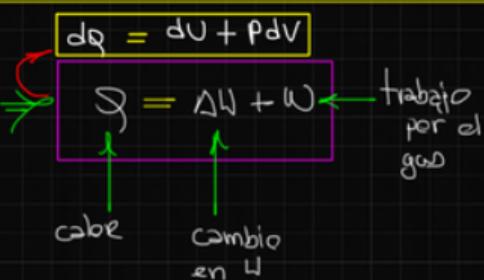
$$\Delta U = -W$$

$W > 0$ (Expansión)

$W < 0$ (Comprime)

Entonces;

$$\Delta U = Q - W$$



Procesos termodinámicos

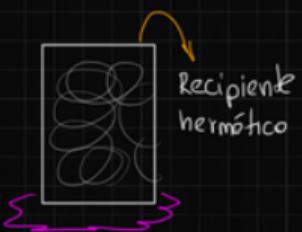
En general tenemos que



$$(W)_{A \rightarrow B} = \text{Área bajo la curva}$$

(a) Proceso isocórico

Es un proceso a volumen constante



Se cumple que: $W = 0$

$$\Delta U = Q \quad (\text{por 1era ley})$$

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} N k_B \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

Se define, la capacidad calorífica a volumen constante

$$C_V = \left. \frac{Q}{\Delta T} \right|_{V=cte} = \frac{\frac{3}{2} n R \Delta T}{\Delta T}$$

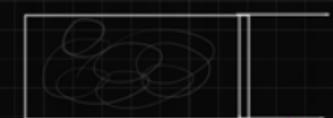
$$C_V = \frac{3}{2} n R$$

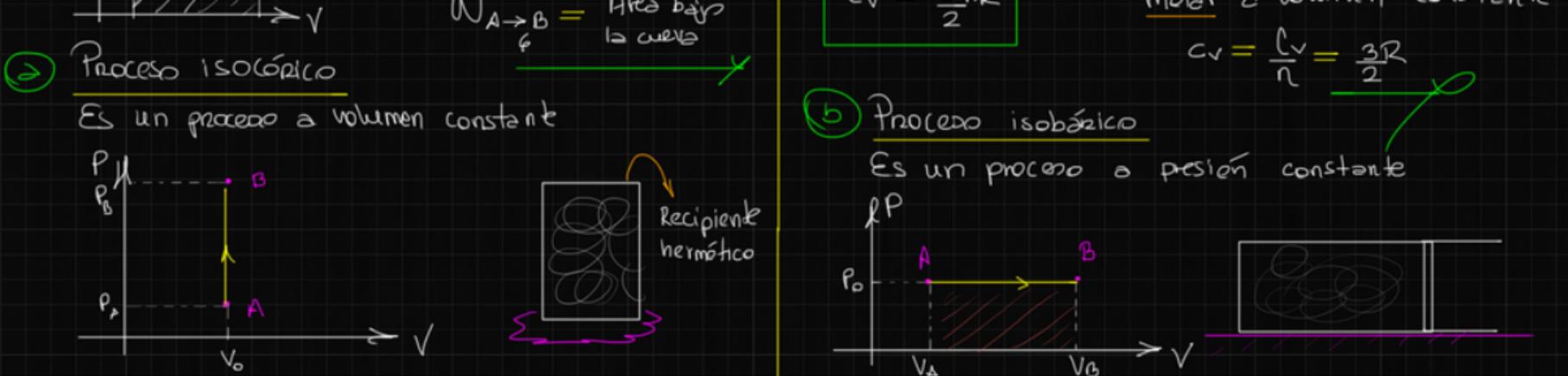
Entonces, la capacidad calorífica molar a volumen constante

$$c_V = \frac{C_V}{n} = \frac{3}{2} R$$

(b) Proceso isobárico

Es un proceso a presión constante





donde $W = P_0(V_B - V_A)$ \rightarrow área bajo la curva

$$W = P_0 V_B - P_0 V_A$$

$$W = nRT_B - nRT_A$$

$$W = nR\Delta T$$

Entonces:

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

Luego, de la primera ley

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = \frac{5}{2}nR\Delta T$$

Se define, la capacidad calorífica a presión constante

$$C_p = \left. \frac{Q}{\Delta T} \right|_{P=\text{ct}} = \frac{\frac{5}{2}nR\Delta T}{\Delta T} \Rightarrow C_p = \frac{5}{2}nR$$

\rightarrow Entonces, la capacidad calorífica es el calor específico molar a presión constante

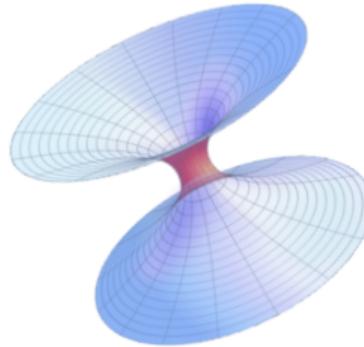
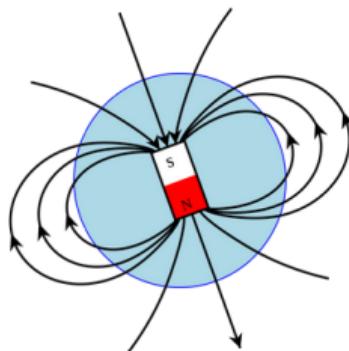
$$C_p = \frac{C_p}{n} = \frac{5}{2}R$$

Se cumple pues

$$C_p - C_v = R$$

GRACIAS

Y MUCHOS ÉXITOS



$$G_{\alpha\beta} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\alpha\beta}$$

