Universidad Industrial de Santander

Introducción a la Física (2013)

- Unidad: 03
- Clase: 03
- Fecha: 20131001M
- Contenido: Energía Interna, Sistema, Gases
- Web: http://halley.uis.edu.co/fisica_para_todos/
- Archivo: 20131001M-HA-energia-interna.pdf

Avisos parroquiales

- Guía 07, primera parte en el blog
- Guía 06: Último plazo de entrega:

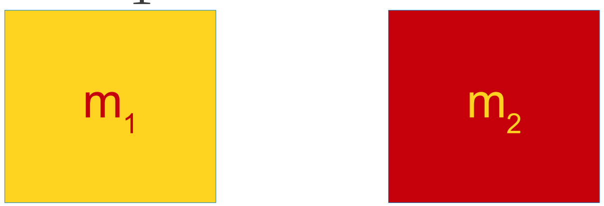
Viernes 04 OCT 2013

- Enviar por mail a **hasorey@uis.edu.co**
- Asunto: ENTREGA03
- Contenido: Nombre de los integrantes del grupo
- **Entregables:**
  - pdf con las respuestas (hecho en latex), códigos python utilizados, archivos de salida del código
  - Puede poner todo en un archivo comprimido(zip, tar, tgz, ...)

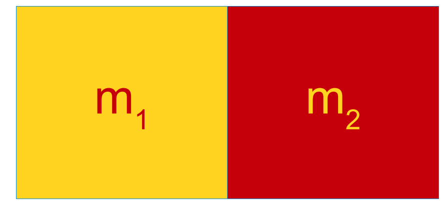
En el episodio anterior...

Choques inelásticos

$\vec{u}_1$ $\vec{u}_2$



$$\vec{p}_f = \vec{p}_i$$
$$E_{k,i} > E_{k,f}$$



$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 \equiv \vec{v}$$

$$\vec{v} = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{u}_1 + \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{u}_2$$

- Choque inelástico, $m_1 = m_2 = m$ $\qquad \vec{v} = \frac{\vec{u}_1 + \vec{u}_2}{2}$
- Choque inelástico, $m_1 = m_2 = m$ y $\mathbf{u_1 = -u_2}$ $\qquad \vec{v} = \frac{\vec{u}_1 + \vec{u}_2}{2} \rightarrow \vec{v} = 0$
- Choque inelástico, $m_1 >> m_2$: $\qquad \vec{v} \simeq \vec{u}_1$

Choque elástico

Magnitudes conservadas

- Energía total: $E_i = E_f$
- Cantidad de movimiento: $\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_f$

Magnitudes constantes

- Energía cinética: $E_{k,i} = E_{k,f}$

Entonces, sean dos cuerpos de masas m_1 y m_2 moviéndose con velocidades iniciales $\mathbf{u}_1$ y $\mathbf{u}_2$. Luego del choque, sus velocidades finales serán $\mathbf{v}_1$ y $\mathbf{v}_2$:

- Conservación de la cantidad de movimiento:

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_f \to m_1\mathbf{u}_1 + m_2\mathbf{u}_2 = m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 \tag{1}$$

- Constancia de la energía cinética:

$$E_{k,i} = E_{k,f} \to \frac{1}{2}m_1\mathbf{u}_1^2 + \frac{1}{2}m_2\mathbf{u}_2^2 = \frac{1}{2}m_1\mathbf{v}_1^2 + \frac{1}{2}m_2\mathbf{v}_2^2 \tag{2}$$

y entonces

$$m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 \tag{3}$$

Estado Final: 2 ecuaciones con 2 incognitas

A partir de las condiciones iniciales, y sabiendo que es un choque elástico, ¿podemos determinar las condiciones finales ($\mathbf{v}_1$ y $\mathbf{v}_2$)?

Casos límites

- autos chocadores, $m_1 = m_2$: ¡Las velocidades se intercambian!

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_1 = u_2$$
$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = u_1$$

- Billar, $m_1 = m_2, u_2 = 0$: ¡La primera bola se queda quieta!

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_1 = 0$$
$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = u_1$$

- Camión vs taxi, elástico, $m_1 \gg m_2$: Pobre taxista...

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_1 \approx u_1$$
$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_2 \quad \rightarrow \quad v_2 \approx 2u_1$$

Casos límites

- Choque contra una pared, $u_2 = 0$, $m_2 \to \infty$: ¡Rebote!

  (el viejo truco, saco m_2 como factor común, y hago tender al límite)

$$
\begin{aligned}
v_1 &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2 &\to\quad& v_1 \simeq -u_1 \\
v_2 &= \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_2 &\to\quad& v_2 \simeq 0
\end{aligned}
$$

- Vectorialmente, cambia sólo la coordenada donde está la pared.
- Imaginemos una pelota de masa m con velocidad $\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z)$, que choca una pared en $x = 1$. Al llegar a $x = 1$, entonces

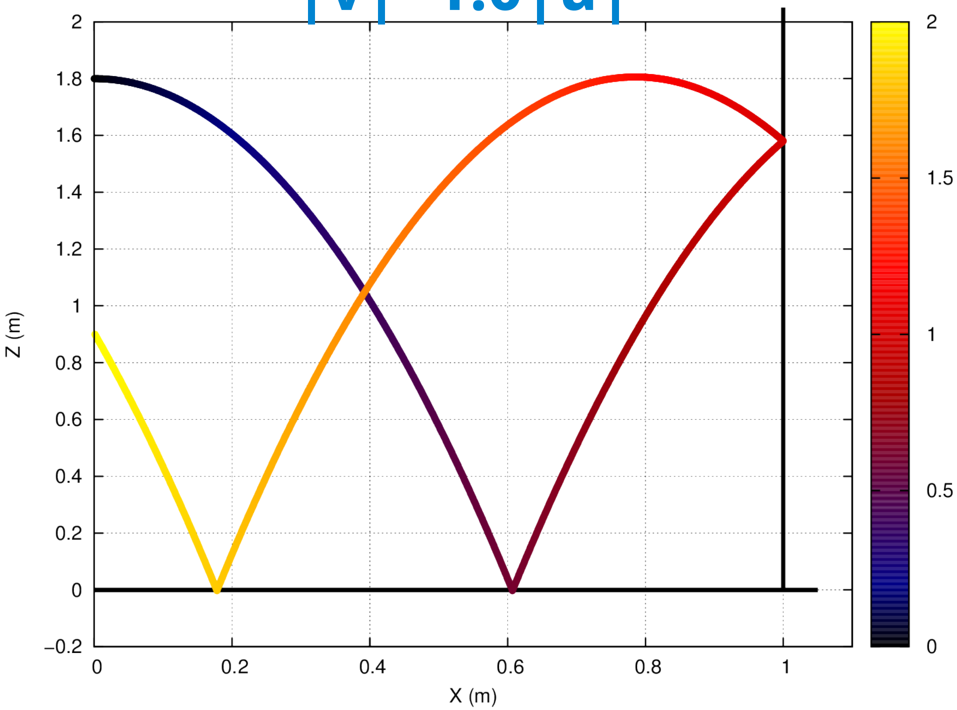
$$
\begin{aligned}
v_x &= -u_x \\
v_y &= u_y \\
v_z &= u_z
\end{aligned}
$$

Pensar una pelota chocando contra una pared

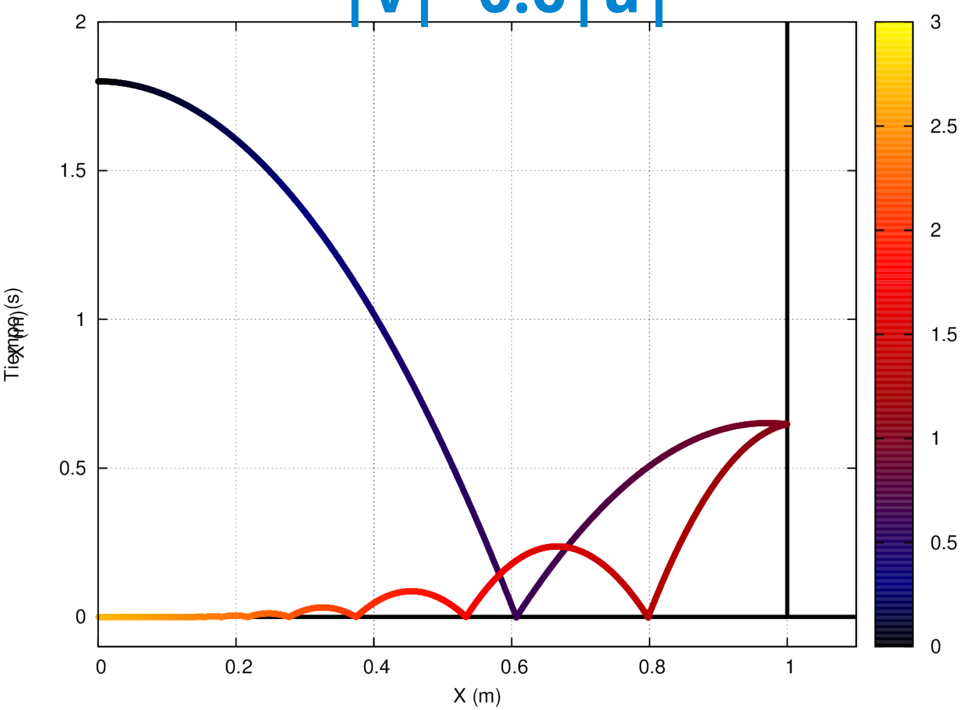
- La velocidad final es entonces $\mathbf{v} = (-u_x, u_y, u_z)$.

Choque parcialmente elástico

|v|=1.0|u|



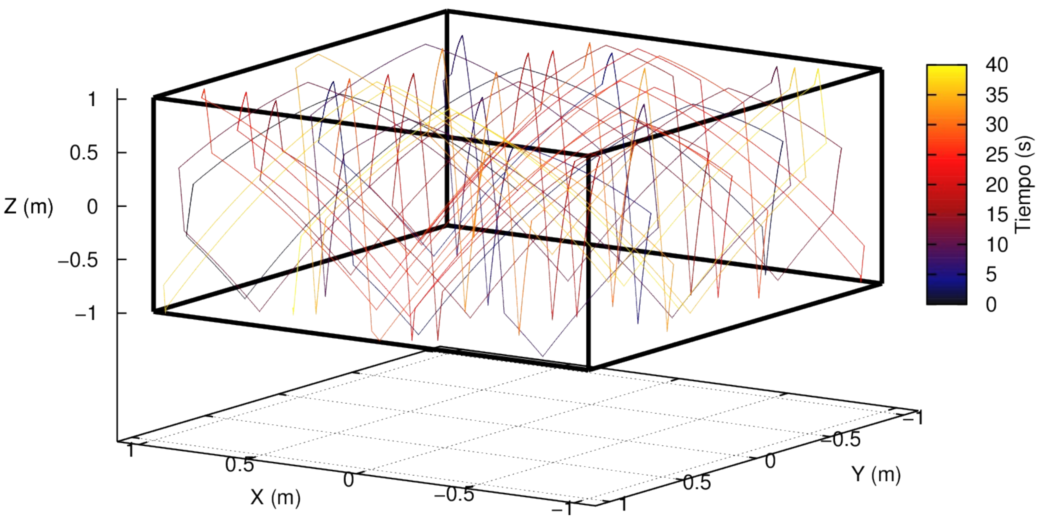
|v|=0.6|u|



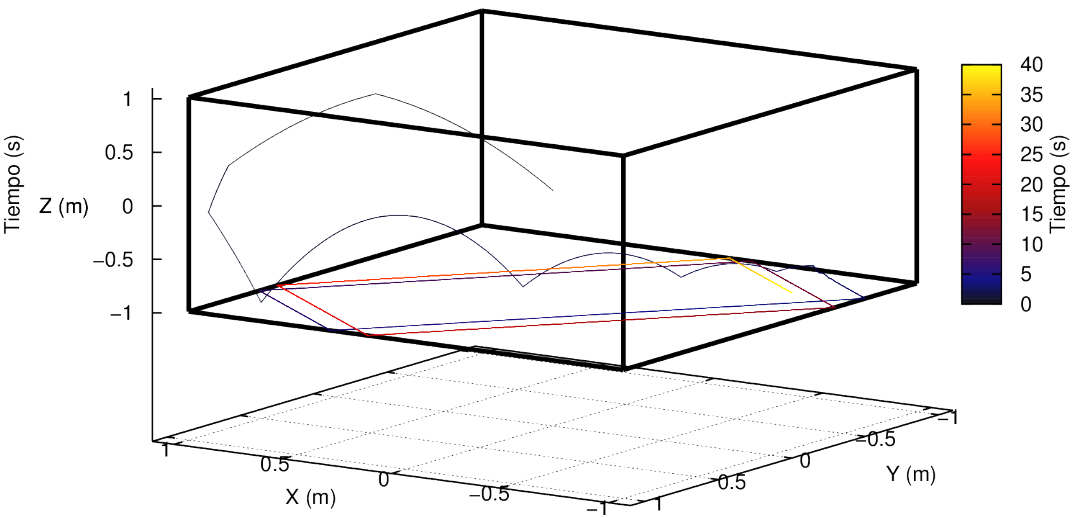
- En cada rebote pierde energía cinética (si no es elástico, E_k no es constante)

Choque parcialmente elástico

|v|=1.0|u|



|v|=0.6|u|



- En cada rebote pierde energía cinética (si no es elástico, E_k no es constante)

Energía interna

- **Es el contenido total de energía, excluyendo:**
  - La energía debida a interacciones con campos externos (p. ej, campo gravitatorio terrestre E_g, campo eléctrico debido a una carga externa, etc)
  - La energía necesaria para mover al cuerpo de estudio como un todo
- P. ej., choque inelástico horizontal (E_g=cte)

$$E_{\text{total},i}=E_{g,i}+E_{k,i}+U_i \qquad E_{\text{total},f}=E_{g,f}+E_{k,f}+U_f$$

$$E_{\text{total},i}=E_{\text{total},f}\rightarrow E_{g,i}+E_{k,i}+U_i=E_{g,f}+E_{k,f}+U_f$$

$$U_f=U_i+E_{k,i}-E_{k,f}$$

$$U_f-U_i=-\left(E_{k,f}-E_{k,i}\right)$$

$$\Delta U=-\Delta E_k \quad \text{si} \quad \Delta E_k<0\Rightarrow\Delta U>0$$

- En un choque inelástico, **la energía interna aumenta para compensar la disminución de energía cinética**

$$\Delta E_k<0\Rightarrow\Delta U>0$$

Seguimos con los choques

- En teoría, sabemos que:
  - En un choque inelástico

$$\Delta E_k < 0 \Rightarrow \Delta U > 0$$

  - La energía cinética se transforma en energía interna

- Pero en la práctica, parte de la energía se “va” en forma de, por ejemplo, energía sonora...
- ¿Qué sucede si ponemos una frontera?
- ¿Qué pasa con la energía en ese caso?
- En este contexto es cuando hablamos de energía interna
- Energía interna → frontera

Sistema termodinámico

Sistemas termodinámicos

- De acuerdo a las propiedades específicas de la frontera, hablamos de:

Sistema	Flujo de masa	Trabajo	Calor
Abierto	SÍ	SÍ	SI
Cerrado	NO	SÍ	SÍ
Aislado térmicamente	NO	SÍ	NO
Aislado mecanicamente	NO	NO	SÍ
Aislado	NO	NO	NO

Ejemplos

- **Abierto**: Océano
- **Cerrado**: Globo
- **Aislado térmicamente**: Calorímetro
- **Aislado mecánicamente**: Recipiente rígido
- **Aislado**: Universo como un todo

Pensemos en un gas en un recipiente

- El tipo de sistema dependerá de las propiedades del envase
- **Estado** del gas: variables que caracterizan al sistema
- Características macroscópicas:
  - Cantidad de gas (n [mol])
  - Presión (P [Pa])
  - Temperatura (T [K])
  - Volúmen (V [m^3])

Estado (n,P,V,T)

- Transformación de un gas ideal: A→B

$$(n_A,P_A,V_A,T_A) \rightarrow (n_B,P_B,V_B,T_B)$$

- → **CNPT** *(Condiciones Normales de Presión y Temperatura)* **P=101325 Pa, T=273 K**
- En CNPT, 1 mol de un gas ideal ocupa V=0.0224 m^3

Algunas demostraciones

- Botella descartable (recipiente 1)
- Globo (recipiente 2)
- Velas (fuente de calor)
- Bombillo (fuente de gas)
- Cuenco con agua (baño térmico)
- Aire (nuestro gas “ideal”)

Leyes de los gases ideales

(n, T) ctes	(n, V) ctes	(n,P) ctes	(T,V) ctes	(T,P) ctes
Boyle-Mariote $P_A V_A = P_B V_B$	Gay-Lussac $P_A/T_A = P_B/T_B$	Charles $V_A/T_A = V_B/T_B$	Avogadro $P_A/n_A = P_B/n_B$	Avogadro $V_A/n_A = V_B/n_B$

- Todas estas pueden resumirse en la

ecuación de estado de los gases ideales

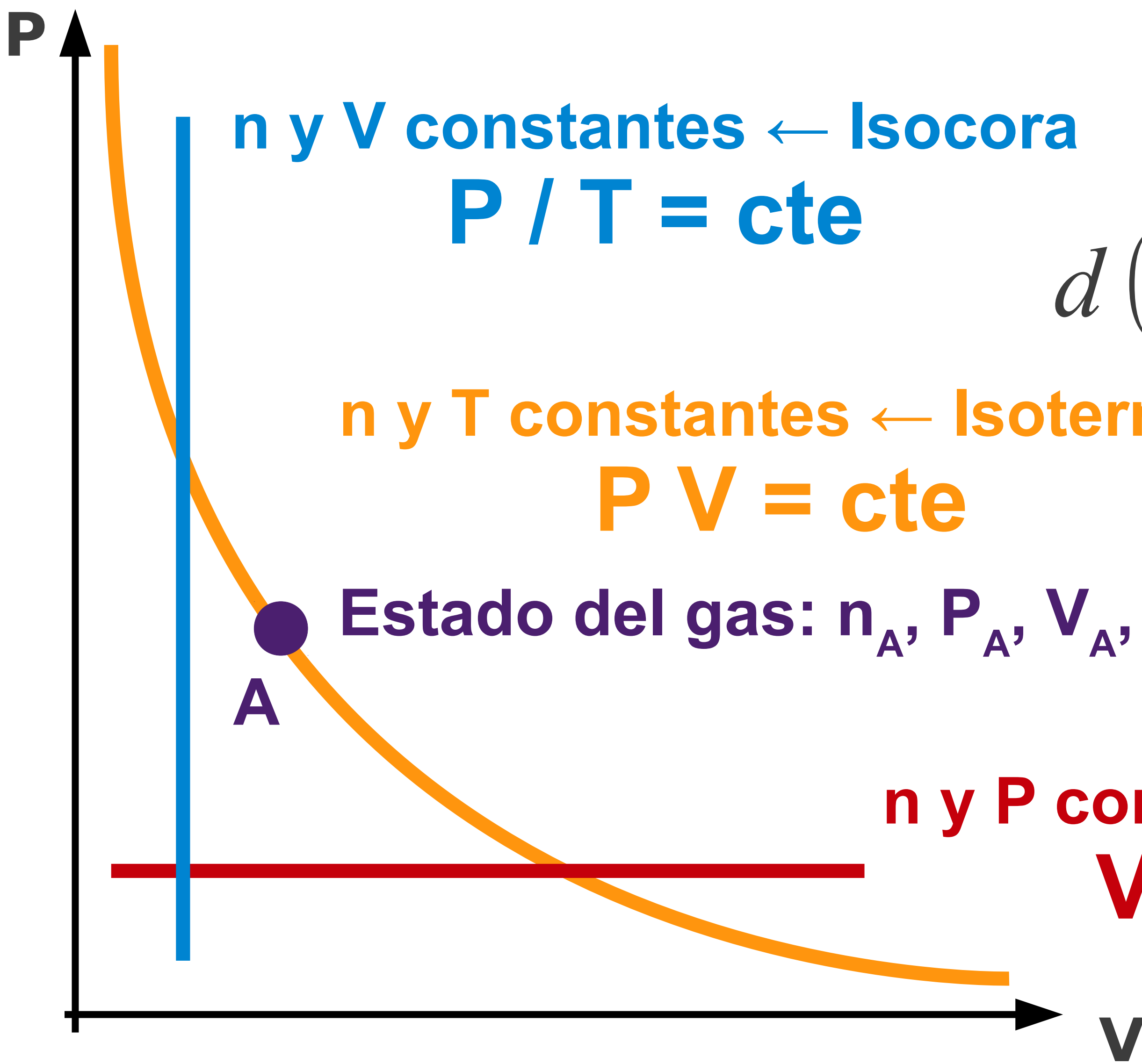
$$\boxed{PV = nRT}$$

- R es constante: la constante universal de los gases ideales: $R = 8.314 \dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{K\ mol}}$

Casos particulares

$$\boxed{P\,V = n\,R\,T}$$

$$d(P\,V) = R\,d(n\,T)$$



n y V constantes ← Isocora

P / T = cte

n y T constantes ← Isoterma

P V = cte

Estado del gas: n_A, P_A, V_A, T_A

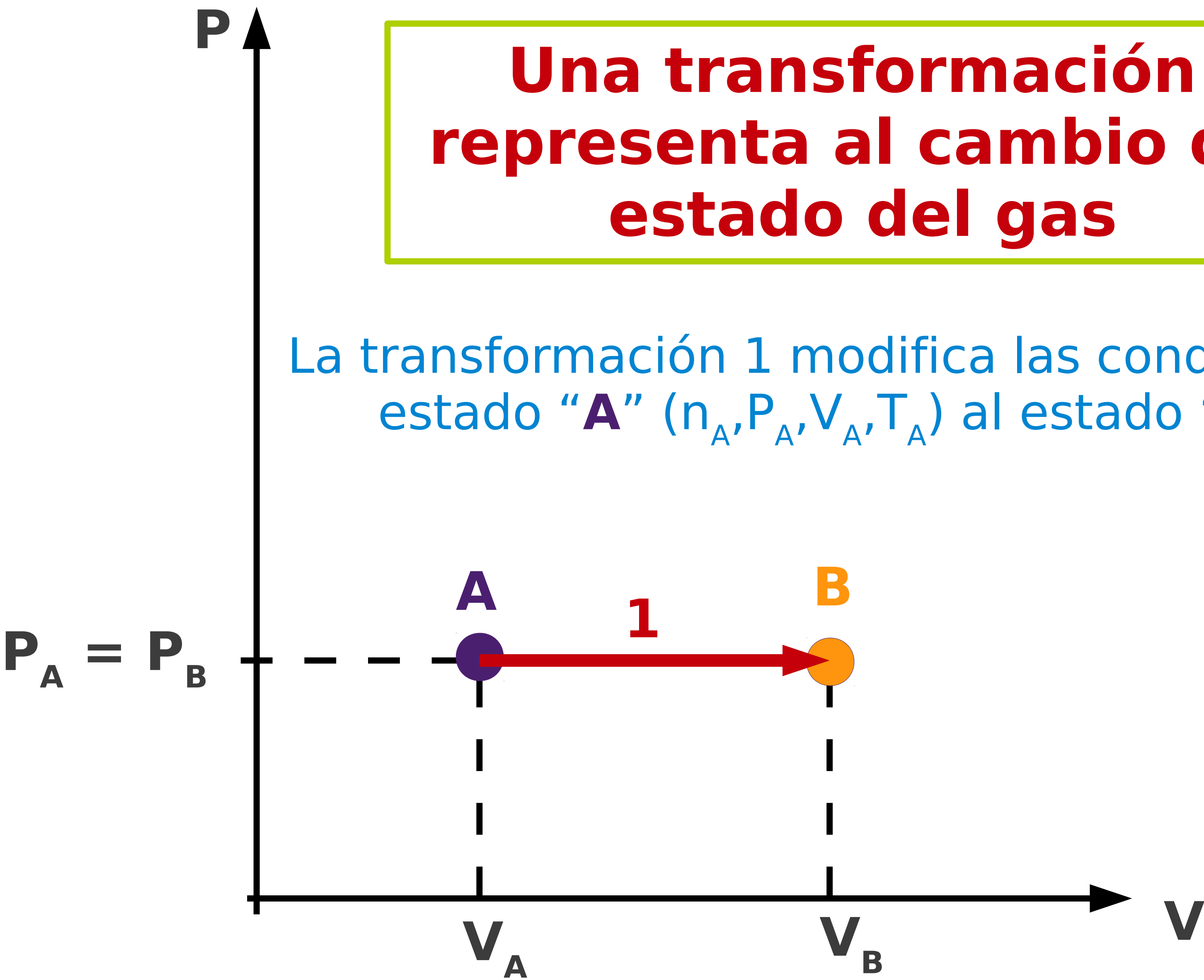
n y P constantes ← Isobara

V / T = cte

Transformaciones

Una transformación representa al cambio de estado del gas

La transformación 1 modifica las condiciones del gas del estado "**A**" (n_A,P_A,V_A,T_A) al estado "**B**" (n_B,P_B,V_B,T_B)

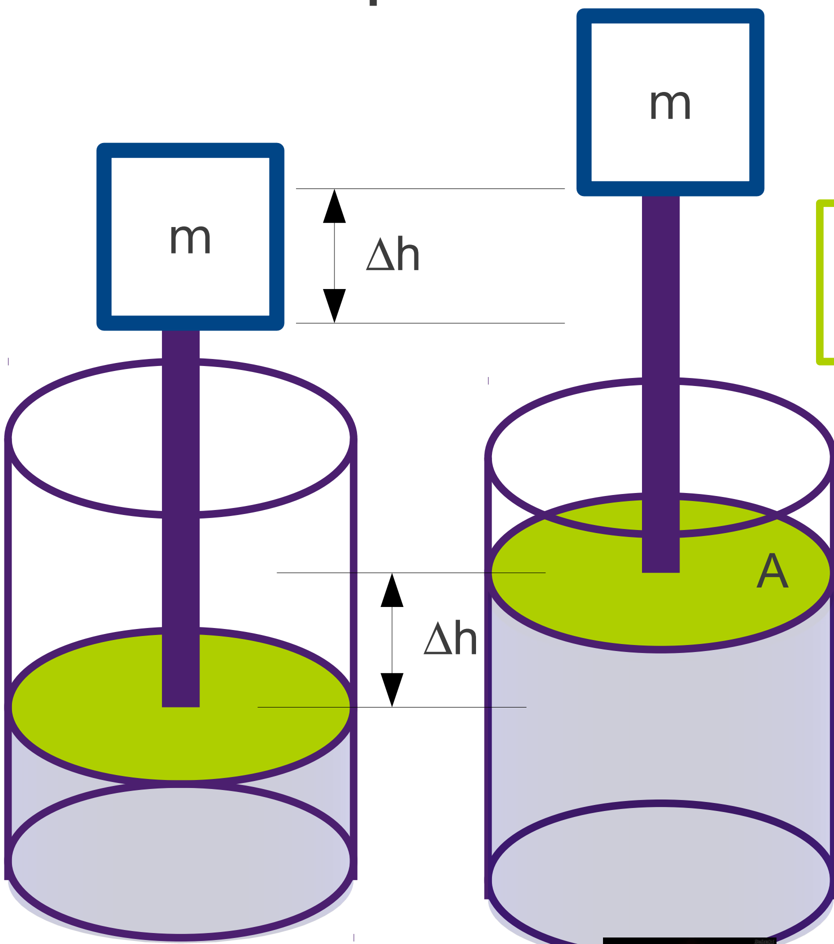


¿Qué sucede cuando un gas se expande?

- Si n y P son constantes, V aumenta → $V_f - V_i = \Delta V$
- Sea un pistón de área A y Volúmen V

$$W = F\,\Delta h$$

$$W = P\,A\,\Delta h$$



W es el trabajo realizado por el gas
Tiene el signo de ΔV

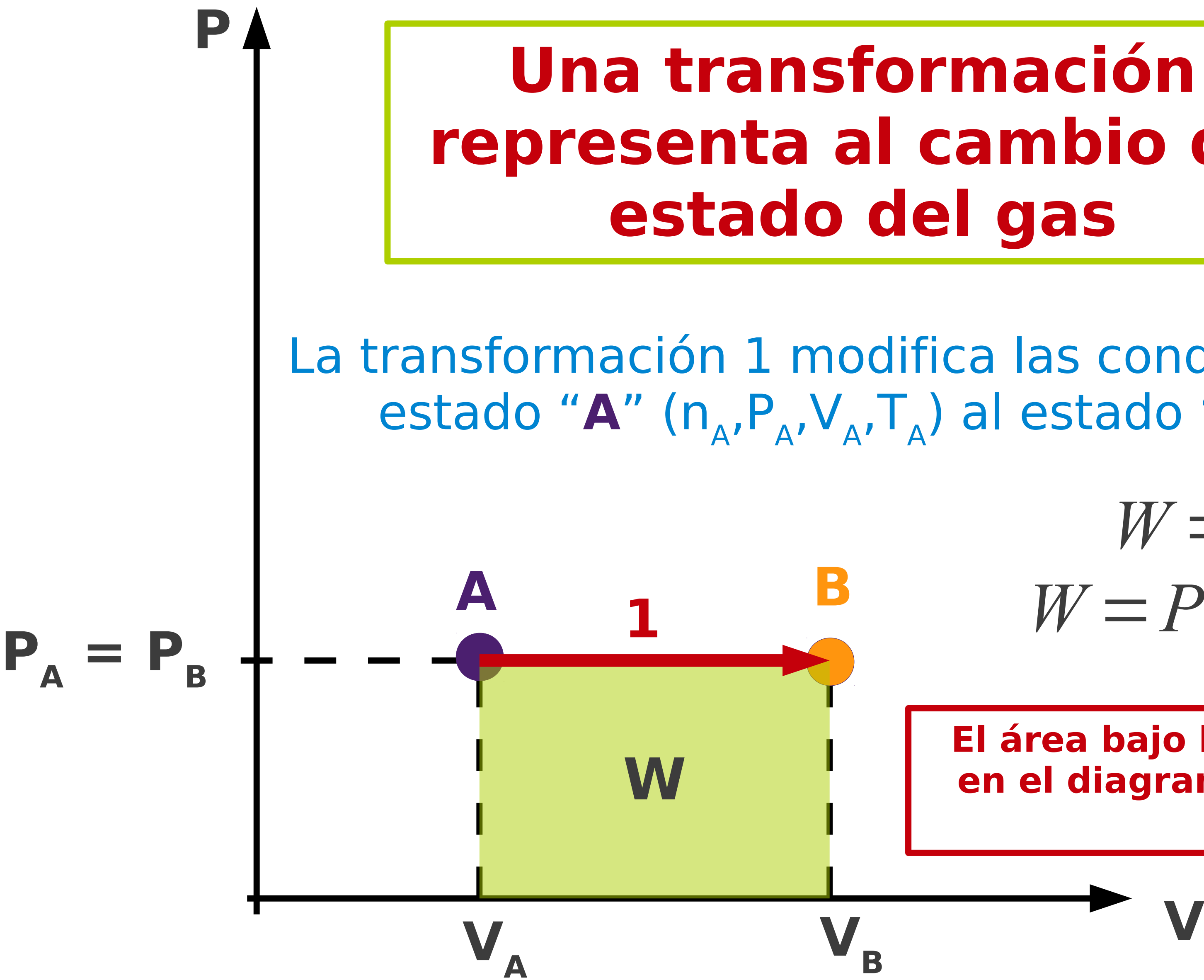
$$\boxed{W = P\,\Delta V}$$

Si $\Delta V = 0 \rightarrow W=0$

Al expandirse, el gas realiza un trabajo sobre el medio → $W=p\,\Delta V = mg\Delta h$

Una transformación representa al cambio de estado del gas

La transformación 1 modifica las condiciones del gas del estado “**A**” (n_A,P_A,V_A,T_A) al estado “**B**” (n_B,P_B,V_B,T_B)



$$W = P \Delta V$$

$$W = P \left(V_B - V_A \right)$$

El área bajo las transformaciones en el diagrama P-V representa al trabajo

Energía interna de un gas ideal

- En un gas ideal, la energía interna se relaciona con la temperatura de la siguiente forma:

$$\boxed{U=\frac{3}{2}RnT}$$

Si T cambia, necesariamente habrá un cambio en la energía interna del gas (y viceversa)

- Variación de U a n=cte,

$$dU=\frac{3}{2}R\,d(nT)\rightarrow dU=\frac{3}{2}R(dn\,T+n\,dT)$$

$$dU=\frac{3}{2}Rn\,dT\rightarrow \Delta U=\frac{3}{2}Rn\Delta T$$

$$\boxed{\Delta U=\frac{3}{2}Rn\Delta T}$$