Introducción a la Física (2013)

Universidad Industrial de Santander

- Unidad: 03
- Clase: 05
- Fecha: 20131008M
- Contenido: Teoría Cinética
- Web: http://halley.uis.edu.co/fisica_para_todos/
- Archivo: 20131008M-HA-cinetica.pdf

Calendario Introducción a la Física
(Salvo eventos cercanos del tercer tipo)

- **Entrega Guía 07 (partes 1 y 2)**
- Se entrega por mail: ejercicios marcados * en PDF
- PLAZO MÁXIMO DE ENTREGA

JUEVES 23/OCT/2013

- PRESENTACIONES (SORTEO Y EXPOSICIÓN)

MARTES 29/OCT/2013, 10:00 a 12:00

- **Un ejercicio (*) de la guía 06 y uno (*) de la guía 07**
- SEIS GRUPOS PRESENTAN, **TODOS** ENTREGAN LA CHARLA
- NOTA FINAL DE LA MATERIA:

JUEVES 30/OCT/2013

En el episodio anterior

$T_{amb}=300K \quad T_{Nitrógeno}=77.3\ K$

Calor específico

- ¿Qué es el calor específico?

Calor específico: cantidad de calor necesaria para que un mol de una sustancia cambie su temperatura en 1 K

- Le entrego calor a n moles de una sustancia y su temperatura aumenta ΔT, entonces:

$$\boxed{C=\frac{Q}{n\,\Delta T}\rightarrow Q=C\,n\,\Delta T}$$

Calor específico a V=cte (C_v) y a P=cte (C_p)

$$Q = \Delta U$$
$$C_V n \Delta T = \frac{3}{2} R n \Delta T$$
$$\boxed{C_V = \frac{3}{2} R}$$

$$Q = \Delta U + W$$
$$C_P n \Delta T = \frac{3}{2} R n \Delta T + R n \Delta T$$
$$C_P = \frac{3}{2} R + R$$
$$\boxed{C_P = C_V + R}$$

Lo importante es que, ...

- ... en este contexto, la ley de la conservación de la energía nos dijo que:

$$\boxed{Q = \Delta U + W}$$

Primer principio de la termodinámica

Q= Calor cedido al sistema (signo de ΔT)
ΔU= Cambio de la energía interna del sistema (signo de ΔT)
W = Trabajo realizado por el sistema (signo de ΔV)

- **Isobara (V/T = cte):**
  - $W = P \Delta V$
  - $\Delta U = (a/2)\, n\, R\, \Delta T$
  - $Q = \Delta U + W$

- **Isocora (P/T = cte):**
  - $W = 0$
  - $Q = C_V\, n\, \Delta T$
  - $Q = \Delta U$

$$\boxed{Q = \Delta U + W}$$

$$\boxed{PV = n\,R\,T}$$

Cuadro de estados

Estado	P	V	T	n
A	P_A	V_A	T_A	n_A
B	$P_B=P_A$	$V_B=3V_A$	T_B	n_A
C	$P_C=2\ P_B$	$V_C=V_B$	T_C	n_A
D	$P_D=P_C$	$V_D=V_A$	T_D	n_A
→ A	P_A	V_A	T_A	n_A

1 2 3 4

- Identificar los datos en el problema
- Determinar datos faltantes con las transformaciones
- Calcular datos faltantes con ec. de estado → PV=nRT

Cuadro de transformaciones

Transf	Q	W	ΔU
1: isobara	$=\Delta U+W$	$=P\ \Delta V$	$=(3/2)\ n\ R\ \Delta T$
2: isocora	$=\Delta U$	**0**	$=(3/2)\ n\ R\ \Delta T$
3: isobara	$=\Delta U+W$	$=P\ \Delta V$	$=(3/2)\ n\ R\ \Delta T$
4: isocora	$=\Delta U$	**0**	$=(3/2)\ n\ R\ \Delta T$

- Identificar aquellos valores que no cambian en cada transformación
- Dejar el calor Q para el final (evita confusiones)
- En un ciclo $\Delta U_{total} = 0 \leftarrow$ El gas vuelve a su estado inicial $U_f = U_i$

Rendimiento

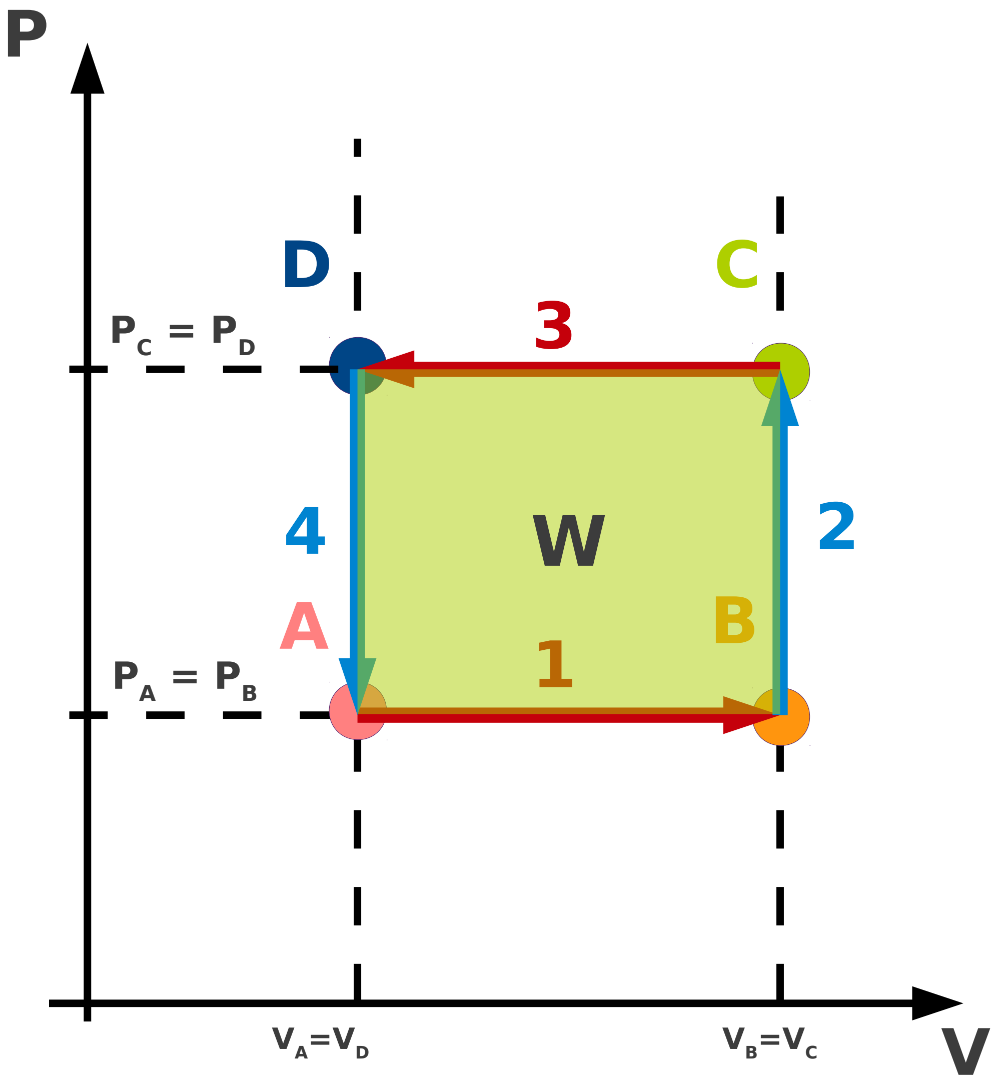
- Definimos al rendimiento como

$$\eta = \frac{\text{Lo que obtuve}}{\text{Lo que tuve que poner}}$$

- En términos del ciclo,

$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_{>0}}$$

El rendimiento SIEMPRE es < 1

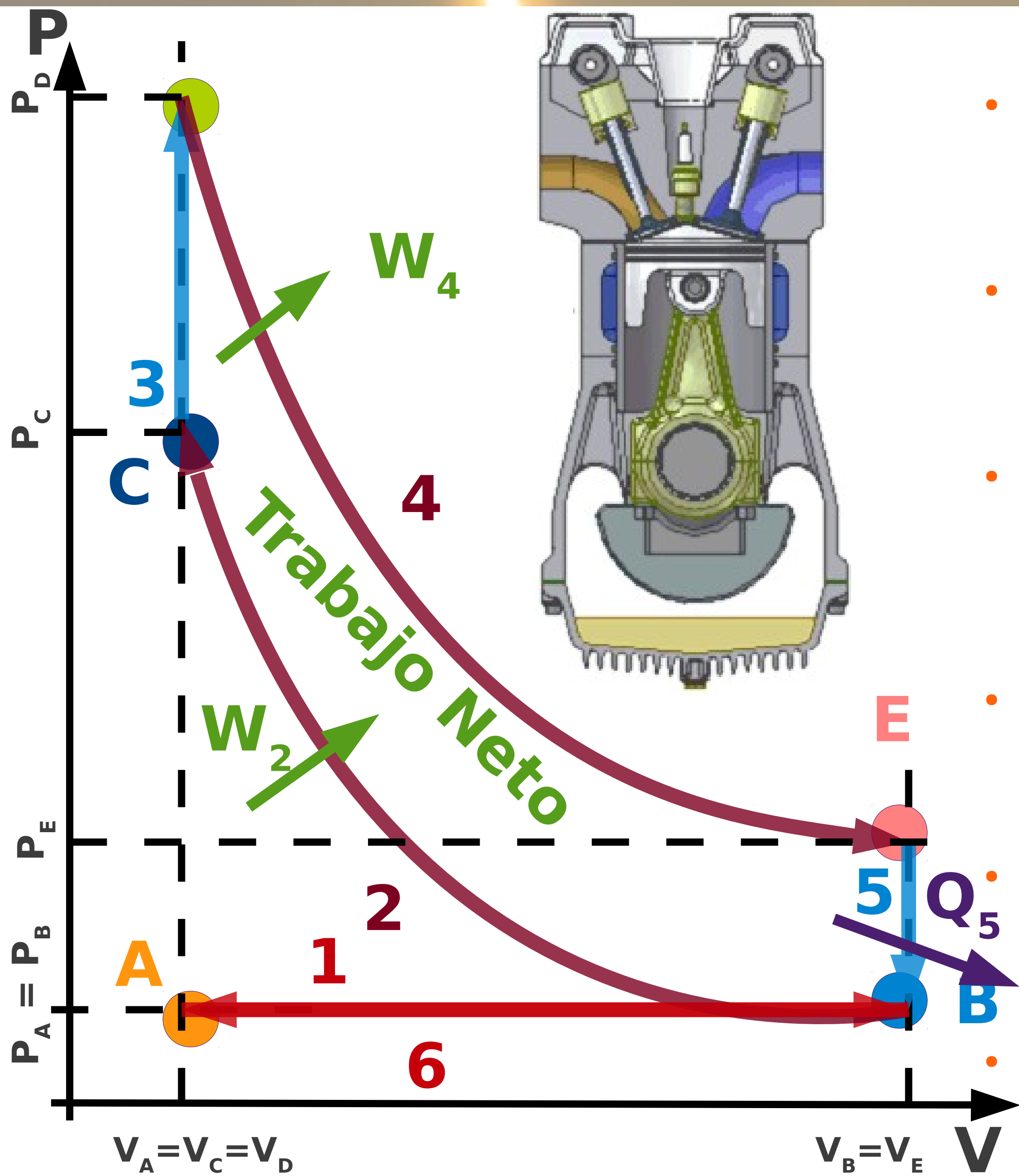


- El gas se encuentra en estado A
  - P_A, n_A, $V_A \rightarrow T_A$A, por ej. A=CNPT
- **1)** Transf. isobara hasta B, $V_B=3\ V_A$
  - $V_B=3V_A$, n_A, $P_B=P_A \rightarrow T_B$
- **2)** Transf. isocora hasta C, $P_C=2\ P_B$
  - $V_C=V_B$, n_A, $P_C=2P_B \rightarrow T_C$
- **3)** Transf. isobara hasta D, $V_D= V_A$
  - $V_D=V_A$, n_A, $P_D=P_C \rightarrow T_D$
- **4)** Transf. isocora hasta A
  - P_A, n_A, $V_A \rightarrow T_A$

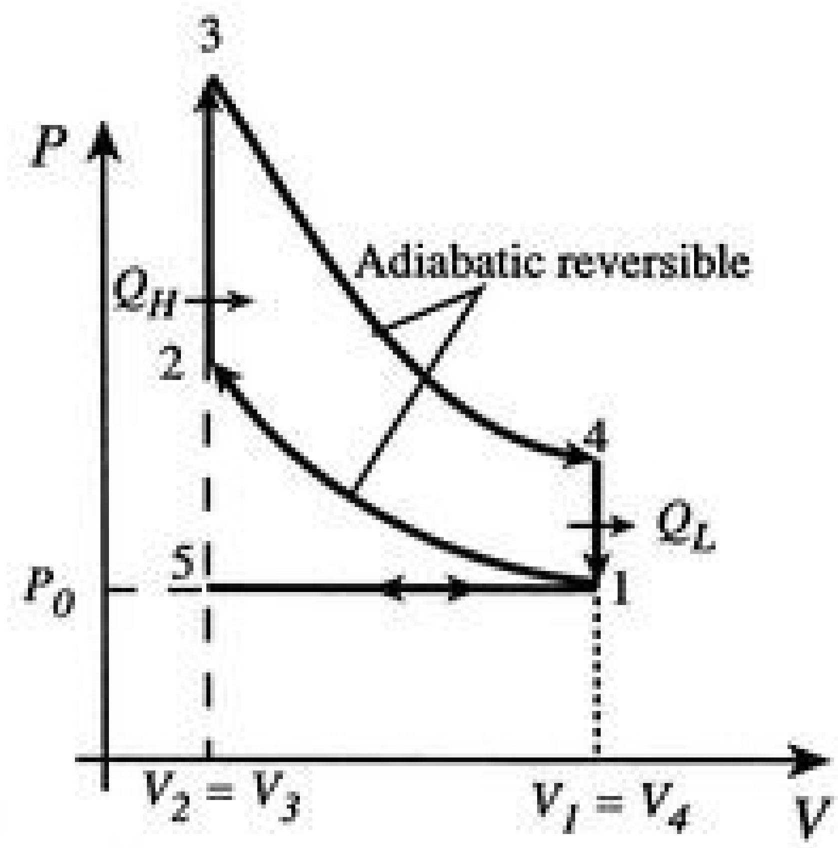
Ciclo Otto → Combustión de gasolina

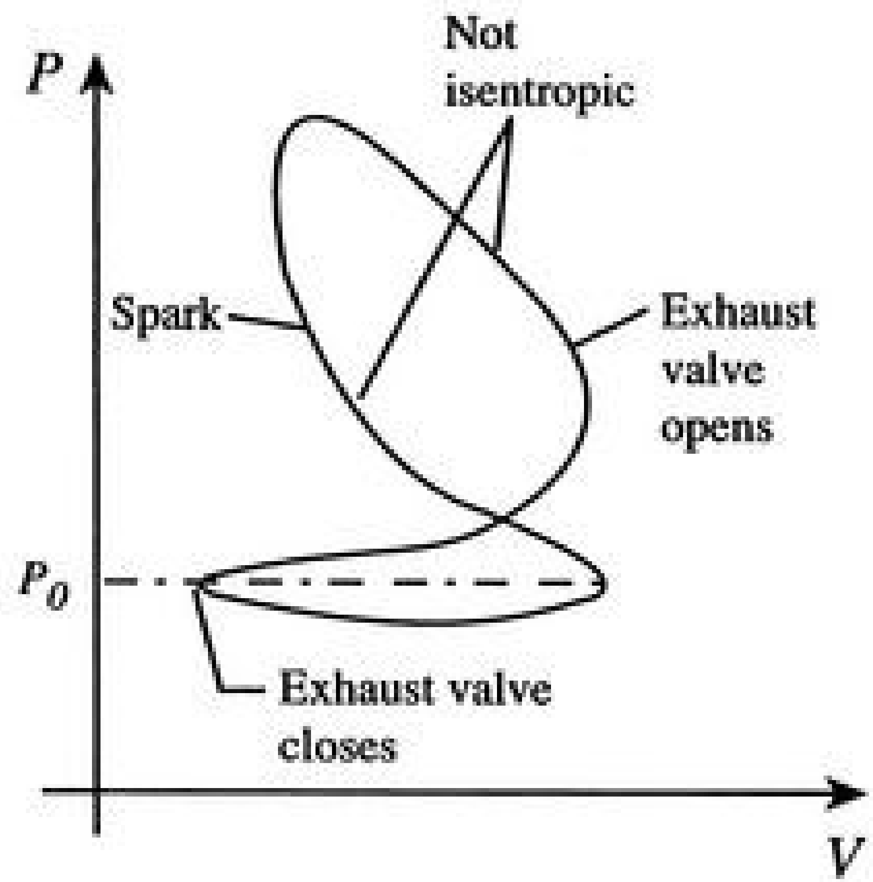
Motor de combustión interna, ciclo Otto

Ciclo Otto, 4 tiempos, 6 transformaciones



- **1) Admisión (Isobara)**: A→B
  Pistón descendiendo con la válvula de admisión abierta: aumenta n a $P=P_{atm}$
- **2) Compresión (Adiabática)**: B→C
  Válvulas cerradas (n=cte). El pistón sube y comprime el gas rápidamente (Q=0). $V_B/V_C \sim 15$
- **3) Combustión (Isocórica)**: C→D
  Pistón en posición superior y válvulas cerradas. La bujía enciende la mezcla. **Ingresa calor al sistema** por combustión de la gasolina
- **4) Expansión (Adiabática)**: D→E
  Válvulas cerradas, pistón desciende y libera el exceso de presión. **Entrega trabajo al medio**.
- **5) Escape (Isocórica)**: E→B
  Pistón en posición inferior. Válvula de escape abierta. Disminuye P liberando gas (disminuye n) hasta $P=P_{atm}$.
- **6) Escape (Isobara)**: B→A
  El pistón sube con válvula de escape abierta. Se elimina todo el gas restante a P=cte



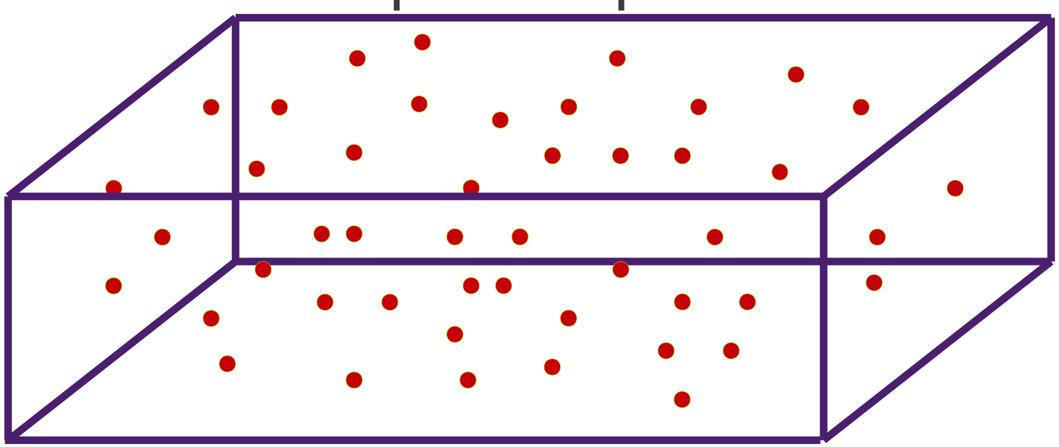


η_{Real} ~ 20% al 30%, y $\eta_{2T} < \eta_{4T}$

Lo prometido es deuda

Sea un gas ideal...

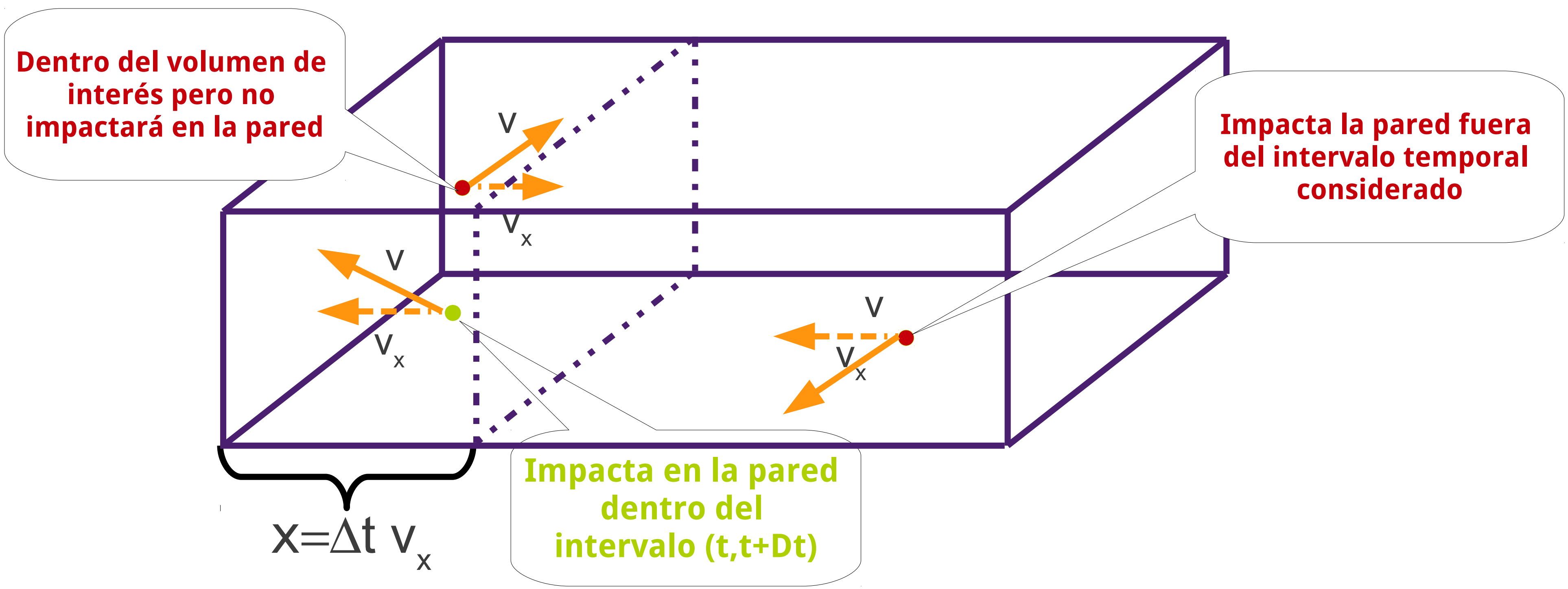
- Está formado por pequeñas partículas: **moléculas**
- Son **muchas** ($N \sim N_A$), son **idénticas** y tienen la **misma masa**, m
- Son **esferas rígidas** de radio r, $r \lll L$
- El **volumen** de todas las moléculas juntas es **despreciable** frente al volumen V del recipiente: $4/3\pi r^3 N \lll V$
- Se mueven **rápida, constante, y aleatoriamente**
- No interactúan entre ellas y sólo **chocan elásticamente** entre sí y con las paredes del recipiente que las contiene



... en un recipiente de volumen V

- En un volumen V, tengo N partículas de masa m
- Las partículas tienen distintas velocidades **v**, pero...
- ... las velocidades medias en cada componente son iguales:

$$\langle v_x \rangle = \langle v_y \rangle = \langle v_z \rangle \rightarrow |\mathbf{v}|^2 = 3 (\langle v_x^2 \rangle)$$



Comentario sobre las velocidades

- Las direcciones y magnitudes de las velocidades de cada partícula están distribuidas aleatoriamente
- Los valores positivos y negativos en cada componente son igualmente probables, entonces:

$$\langle v_x \rangle \equiv \sum_{i=1}^{N} v_{x,i} = 0, \quad \langle v_y \rangle \equiv \sum_{i=1}^{N} v_{y,i} = 0, \quad \langle v_z \rangle \equiv \sum_{i=1}^{N} v_{z,i} = 0$$

En un gas, la presión es isótropa (igual en todas direcciones), entonces:

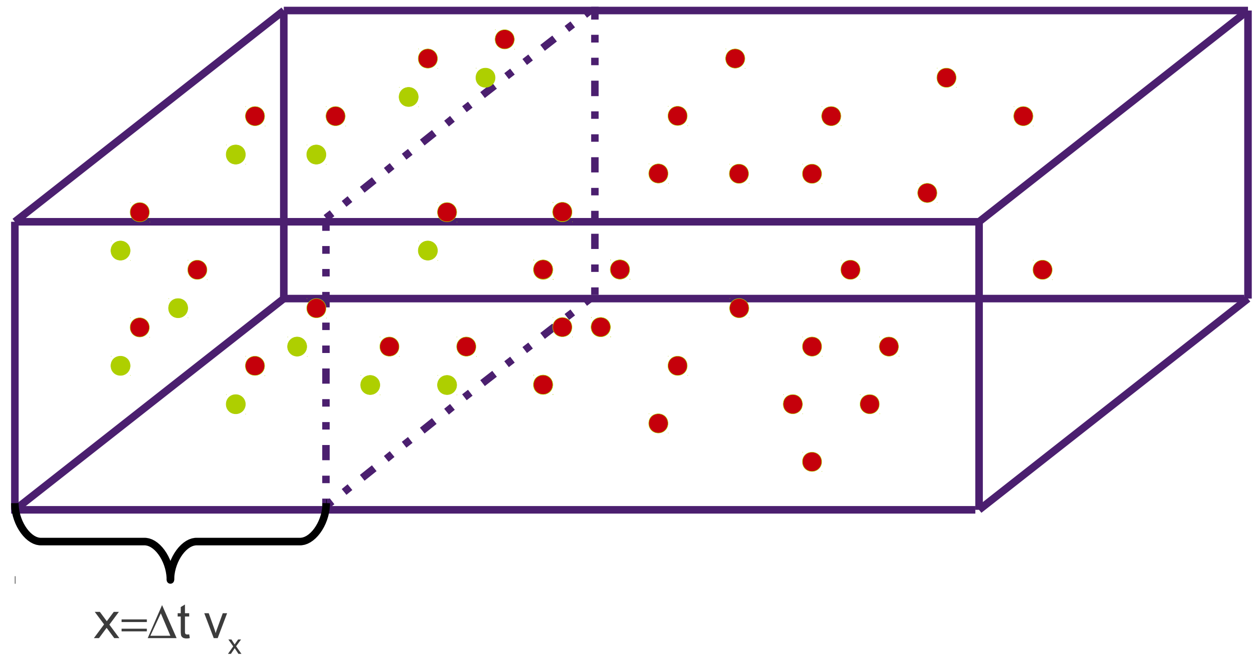
$$\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle$$

- Y por lo tanto:

$$\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = 3 \langle v_x^2 \rangle$$

Cambio total de cant. de movimiento



- Las verdes son las de interés.
- Colisión elástica con la pared: $\Delta p = 2 m v_x$
- En el volúmen de interés tengo: $\left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{A v_x \Delta t}{2}\right)$ partículas
- El cambio total de p será: $\Delta p_T = \sum \Delta p_i = \left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{A v_x \Delta t}{2}\right)\left(2 m v_x\right)$

Ecuación de estado de los gases ideales

- Reordenando y tomando valores medios < >:

$$\left\langle \frac{\Delta p_T}{\Delta t} \right\rangle = A\, m \left(\frac{N}{V} \right) \langle v_x^2 \rangle$$

- Pero: **F** = d**p**/dt y **P** = **F** / A, luego:

$$\frac{1}{A} \left\langle \frac{\Delta p_T}{\Delta t} \right\rangle \equiv P = \frac{N\, m \langle v_x^2 \rangle}{V}$$

- Y como, $\langle v \rangle^2 = 3 \langle v_x \rangle^2$,

$$P\, V = \frac{1}{3} N\, m \langle v^2 \rangle$$

$$P\, V = \frac{2}{3} N \overbrace{\boxed{\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle}}^{\langle E_k \rangle}$$

- Finalmente, ecuación de estado: $\boxed{P\, V = N \left(\frac{2}{3} \langle E_k \rangle \right)}$

¿Cómo? ¿¿¿no era PV = n R T???

- Ecuación de estado de los gases ideales

$$\boxed{P\,V = N\left(\frac{2}{3}\langle E_k\rangle\right)}$$

- La $<E_k>$ es "**macroscópicamente inaccesible**"
- Definimos la **temperatura media**

$$\boxed{T \equiv \left(\frac{1}{k}\right)\left(\frac{2}{3}\langle E_k\rangle\right)}$$

- La **temperatura media** es una medida de la **energía cinética media** de las partículas del sistema.
- Luego:

$$\boxed{P\,V = N\,k\,T}$$

Ecuación de Estado

- N es el número de partículas
- **k es la cte de Boltzmann** $k = 1{,}3806 \times 10^{-23}\, J/K$
- Multiplicando y dividiendo por el Número de Avogadro

$$PV = \frac{N}{N_A}\left(N_A k\right) T$$

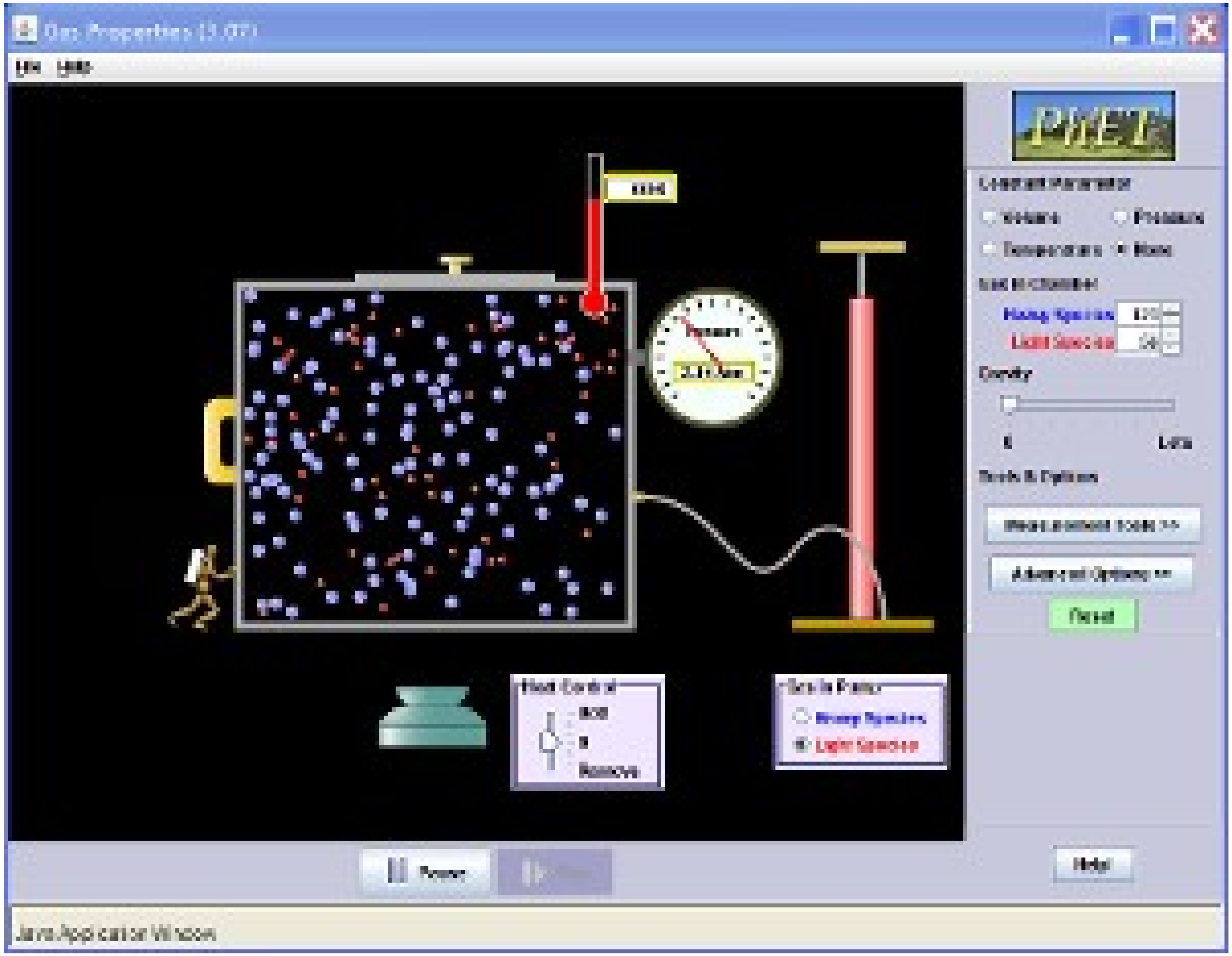
- Finalmente:

$$\boxed{PV = nRT}$$

- n es número de moles
- R es la constante universal de los gases ideales:

$$R \equiv N_A k = 8{,}314\, J\, mol^{-1}\, K^{-1}$$

Para jugar y responder



http://phet.colorado.edu/sims/ideal-gas/gas-properties_es.jar