Física y Tecnología Energética

# 2 - Energía.
## Concepto en la Física Clásica

# Energía

Diccionario R.A.E. Lengua

- 1. Eficacia, poder, virtud para obrar
- 2. Fuerza de voluntad, vigor y tesón en la actividad
- 3. Causa capaz de transformarse en trabajo mecánico

Etimología.

- Del griego enérgeia 'fuerza en acción, actividad' derivado de érgon 'obra, acción'

Diccionario R.A. Ciencias

- Capacidad para realizar trabajo.

pero....

no toda la energía puede transformarse en trabajo

( 2º principio de la Termodinámica )

# Energía. Unidades

**Trabajo** $W = \int \vec{F} d\vec{r}$

Donde la fuerza es la causa de los cambios en el movimiento $\vec{F} = m\vec{a}$

Unidad del Sistema Internacional

Julio 1 J = 1 N.m

- 1 erg = $10^{-7}$ J
- 1 cal = 4,18 J
- 1 kWh = 3600 kJ
- 1 kpm = 9,81 J
- 1 eV = 1,6 x $10^{-19}$ J
- 1 tec = 1 tce = 0,7 tep = 2,9 x $10^{10}$ J
- 1 tep = 1 toe = $10^{7}$ kcal = 4,18 x $10^{10}$ J
- 1 $m^3$GN = 3,8 x $10^{7}$ J
- 1 ton TNT = 4,18 x $10^{9}$ J
- 1 ft.lbf = 1,3558 J
- 1 Btu = 1055 J
- 1 therm = $10^{5}$ Btu = 1,055 x $10^{8}$ J
- 1 quad = $10^{15}$ Btu ≈ $10^{18}$ J
- 1 atm.L = 101,3 J

**Potencia**

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dE}{dt}$$

Watio 1 W = 1 J/s

- 1 cal/s = 4.18 W
- 1 ft.lbf/h = 3,76 x $10^{-4}$ W
- 1 Btu/h = 0,293 W
- 1 HP = 550 ft.lbf/s = 745,7 W
- 1 CV = 75 m.kp/s = 735,5 W

# Mecánica Clásica

•<u>El efecto de las fuerzas</u> (Newton, Galileo)

-a lo largo del tiempo: Impulso $\vec{I} = \int \vec{F} dt = \Delta(m\vec{v})$

variación de la cantidad de movimiento $\vec{p} = m\vec{v}$

-a lo largo de la trayectoria: Trabajo $W = \int \vec{F} d\vec{r} = \Delta\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$

variación de la energía cinética $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

o de la 'fuerza viva' de Leibnitz $mv^2$

Energía que se tiene en función del movimiento.

•<u>En las colisiones se conserva</u> $\vec{p}$ ( principio de acción y reacción )

Descartes " La cantidad de movimiento total del universo es una cantidad fija "

•<u>En las colisiones elásticas también se conserva</u> $E_c$

en las inelásticas no. ( Trabajo de deformación $= \Delta E_c$ )

# Conservación de la Energía Mecánica

- Campo de fuerzas conservativo . $\vec{F}(\vec{r})$

  Según la posición Energía potencial $\Delta E_p = \int -\vec{F}(\vec{r}).d\vec{r}$

  trabajo que hay que hacer contra el campo de fuerzas para mover un cuerpo.

  Energía que se tiene en función de la posición dentro de un campo de fuerzas.

  Gravitatoria: $E_p = -G\frac{Mm}{r} = mgh$ Elástica: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

- Si únicamente hay fuerzas conservativas se conserva la energía total $E = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$

  Ejemplo: péndulo o muelle oscilando.

  La energía se transforma de cinética a potencial y viceversa.

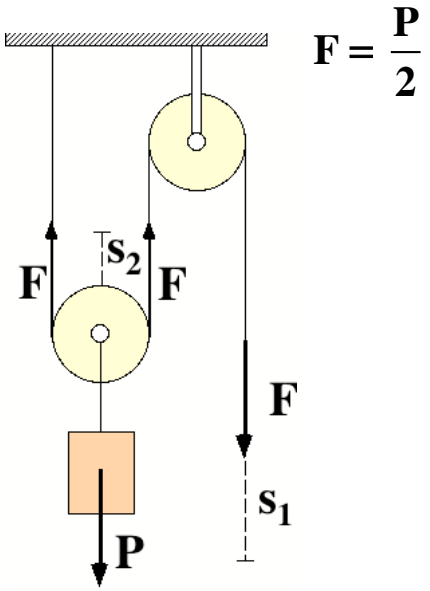
- La energía está indeterminada en su valor absoluto.
- Si hay fuerzas no conservativas, ( deformación, fricción, rozamiento )

  no se conserva $E_c + E_p$

  Pero podríamos decir que se conserva $E_c + E_p + W_{def} + W_{roz}$

# Maquinas Mecánicas

- Transforman trabajo mecánico en trabajo mecánico




$$F = \frac{P}{2}$$

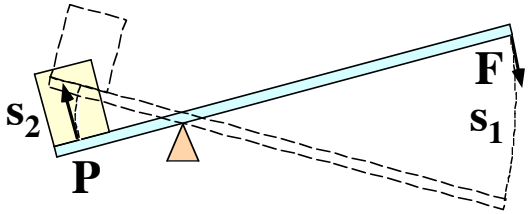
En las poleas $W_{ent} = Fs_1$ $W_{sal} = 2Fs_2$

como $s_1 = 2s_2$ tenemos $\boxed{W_{sal} = W_{ent}}$

En la palanca $W_{ent} = Fs_1$ $W_{sal} = Ps_2$

como consecuencia de la igualdad fuerza x brazo

$$\boxed{W_{sal} = W_{ent}}$$



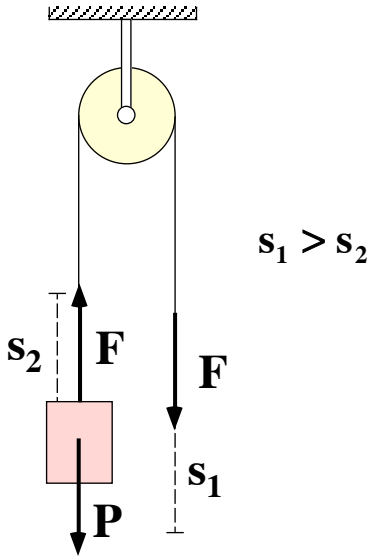

$$F = P\,\frac{s_2}{s_1}$$

- Eficiencia

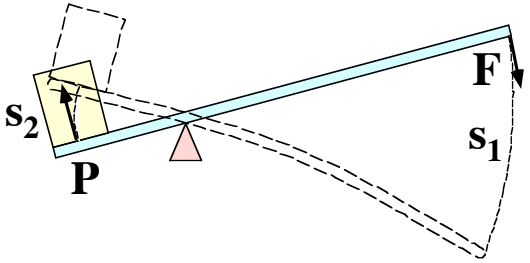
$$\eta = \frac{\text{lo que se obtiene}}{\text{lo que se dá}} = \frac{W_{sal}}{W_{ent}} = 100\%$$

# Máquinas mecánicas reales

En las máquinas reales la cuerda se estira, la palanca se deforma ....




$s_1 > s_2$




$Fs_1 > Ps_2$

por tanto $W_{ent} > W_{sal}$

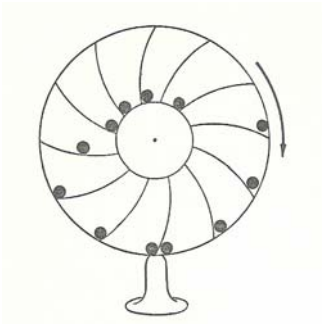
$\eta < 100\%$

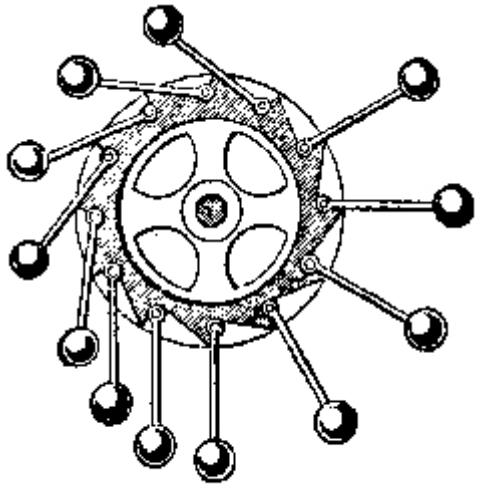
La eficiencia es siempre inferior al 100%.

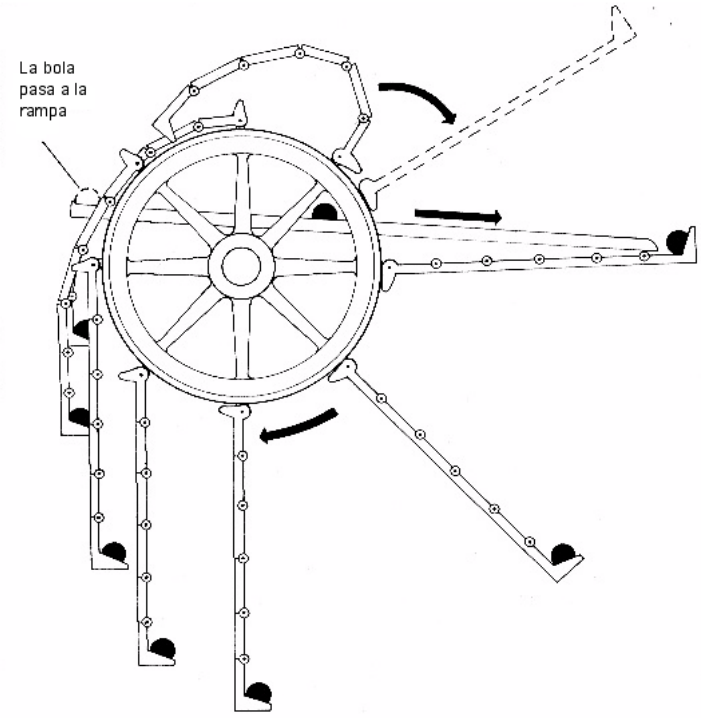
Parte del trabajo se emplea en deformar la cuerda o la barra.

# Móvil Perpetuo

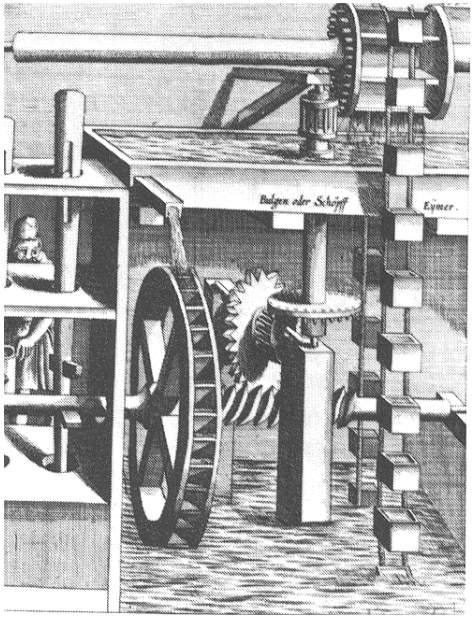
Maquina que realiza trabajo indefinidamente sacando energía de la nada

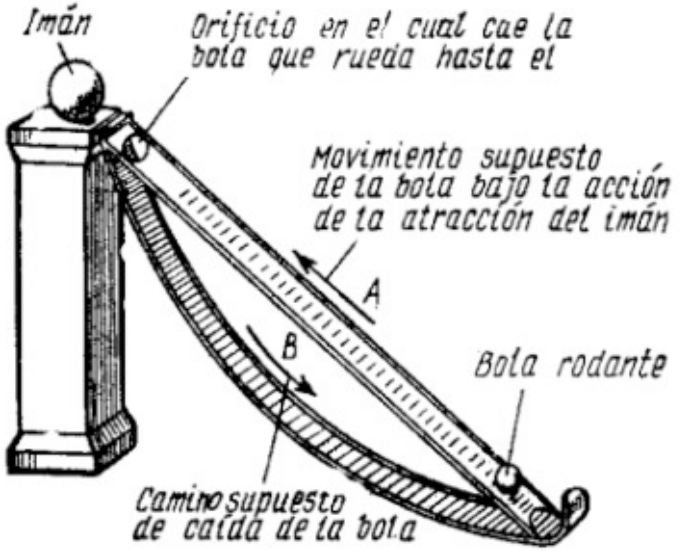


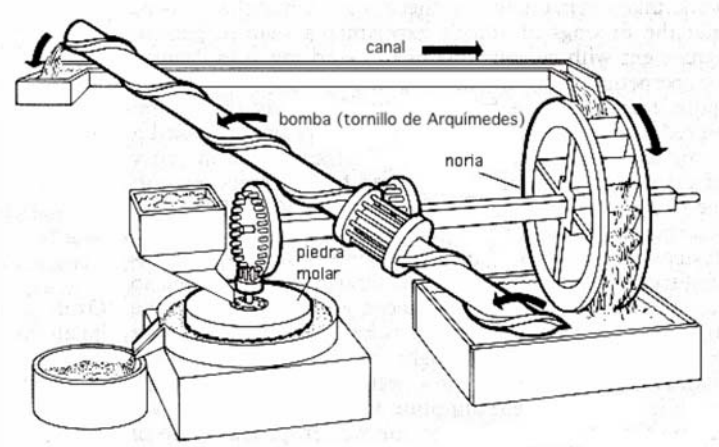




# Móvil Perpetuo




Durante siglos se hicieron cientos de prototipos sin que ninguno llegara a funcionar.

# El calor

- Distinción entre calor y temperatura.
- Fenómenos térmicos. Teoría del calórico
  "Fluido sutil que pasa de los cuerpos calientes a los fríos cambiando su temperatura".

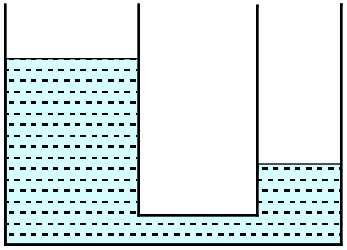
Simil del agua:

Temperatura - altura,

Capacidad térmica - Sección del depósito,

Calor - cantidad o volumen de fluido que pasa de uno a otro

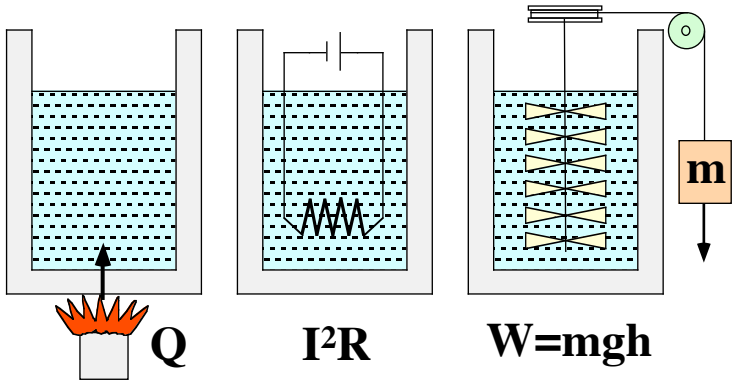
$$Q = C\Delta T$$



pero....

- El calor también provoca cambios de estado de agregación ( sólido-líquido-gas ) sin cambio de temperatura.
- El trabajo de rozamiento crea calor, tanto como se quiera (Rumford)

# Equivalencia Calor-Trabajo

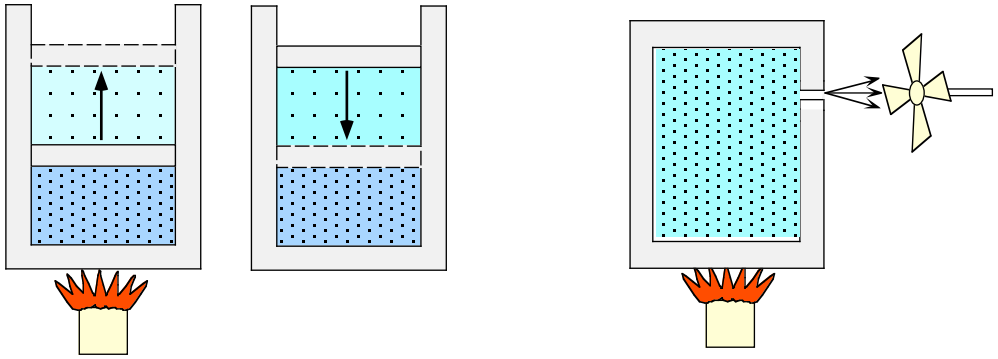



- Joule-Mayer. Demuestran la equivalencia
  trabajo mecánico - calor - trabajo eléctrico $I^2R$
  los efectos producidos son los mismos - una elevación de la temperatura.

- El calor es equivalente al trabajo.
- El calor es una forma de energía.

Relación entre unidades 1 cal = 4,18 J

# Máquinas térmicas.



- El calor puede convertirse en trabajo mecánico .
  P.e.: Trabajo de expansión en la dilatación de los gases $\int PdV$

- Conservación de la energía. ( Primer principio de la termodinámica)

$$\mathbf{W = Q - \Delta U}$$

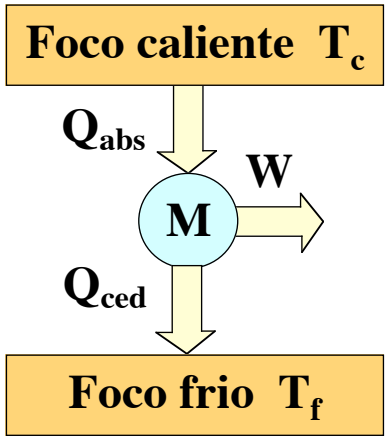
  - Energía interna U — Energía total contenida en un sistema termodinámico.
  - Calor Q y trabajo W — Transferencias de energía entre el sistema y el exterior.

- El móvil perpetuo es imposible. No se puede generar trabajo sin proporcionarle energía (calor) o sin gastar su energía interna

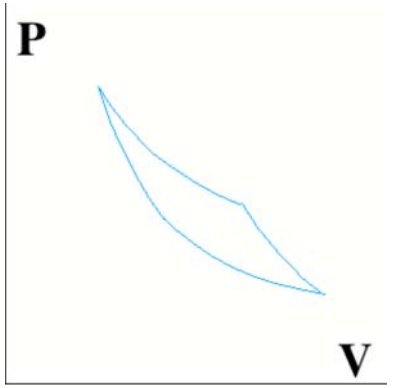
# Máquinas térmicas cíclicas.

- Máquinas que proporcionan trabajo de forma continua según les proporcionamos calor.
- Carnot. Las máquinas realizan un ciclo tomando calor de un foco caliente (expansión ) y cediendo calor a un foco frío (compresión)
- Eficiencia o rendimiento

$$\eta = \frac{W}{Q_{abs}} = \frac{Q_{abs} - Q_{ced}}{Q_{abs}} = 1 - \frac{Q_{ced}}{Q_{abs}} < 100\%$$




- Si una máquina reversible funciona empleando los mismos focos su eficiencia siempre es superior
  - Proceso reversible - Proceso que se puede invertir sin alterar ni el sistema termodinámico ni su entorno. proceso realizado muy lentamente sin viscosidades ni fricciones internas, pasando siempre por estados de equilibrio termodinámico.

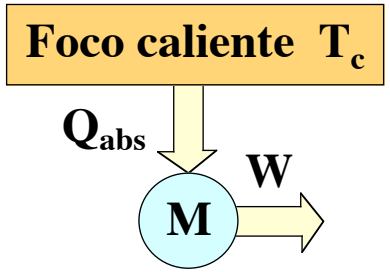



$$\eta_{irrev} < \eta_{rev} = 1 - \frac{T_{frio}}{T_{cal}}$$

# Segundo Principio de la Termodinámica

- Clausius y Kelvin. Las máquinas cíclicas necesariamente deben ceder calor a un foco frío.

  Es imposible el móvil perpetuo de segunda especie.




- Nuestro entorno con T=273-300 K
  - Tiene una enorme energía interna U = CT.
  - Pero no se puede emplear para obtener trabajo.
  - Es necesario disponer de un foco frío
  - Enfriar algo por debajo de la temperatura ambiente consume más trabajo que el que podríamos obtener usándolo como foco frío

- Es necesario ceder calor -> $\eta < 100\%$
- No todo el calor puede convertirse en trabajo

  Hay un rendimiento máximo que depende de la diferencia de temperaturas

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_{frio}}{T_{cal}}$$

# Entropía

- Etimología. "propio de la evolución, del cambio"
- Se puede definir a partir del calor intercambiado en un proceso reversible

$$dS = \frac{dQ_{rev}}{T} \qquad \Delta S = \int_{rev} \frac{dQ}{T}$$

- El segundo principio es equivalente a decir que en un proceso espontáneo la entropía total siempre crece, o permanece constante si el proceso es reversible

$$\boxed{\Delta S \geq 0}$$

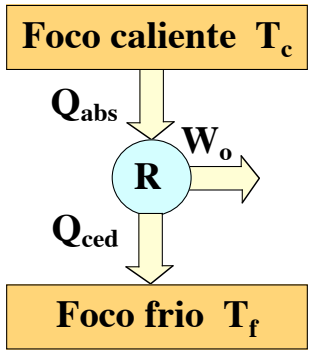
- Si necesariamente $\Delta S \geq 0$, el calor no puede pasar espontáneamente de un cuerpo frío a un cuerpo caliente, ya que este proceso disminuye la entropía.
- Si espontáneamente el calor pudiera pasar de un cuerpo frío a uno caliente podríamos construir un móvil perpetuo de segunda especie, empleando un solo foco de calor.

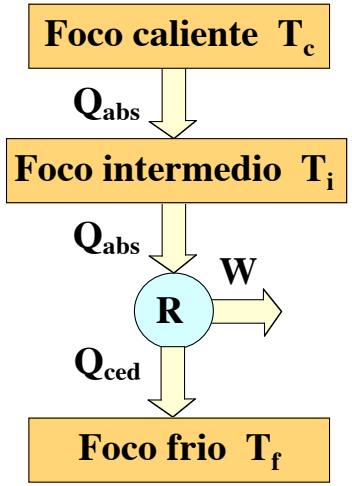
  (devolviendo al foco caliente el calor cedido al foco frío)

- El tiempo avanza en la dirección de la entropía creciente.

# Entropía y trabajo

- Si en un ciclo reversible introducimos procesos irreversibles obtenemos menos trabajo. La diferencia es proporcional a la generación de entropía.




- El trabajo generado cuando solo tenemos la máquina reversible es

$$W_o = \eta_{rev} Q_{abs} = \left(1 - \frac{T_{frio}}{T_{cal}}\right) Q_{abs}$$

- Si introducimos un foco intermedio el trabajo es ahora

$$W = \eta_{rev} Q_{abs} = \left(1 - \frac{T_{frio}}{T_{int}}\right) Q_{abs}$$

- Se genera una entropía

$$\Delta S = -\frac{Q_{abs}}{T_{cal}} + \frac{Q_{ced}}{T_{frio}} = -\frac{Q_{abs}}{T_{cal}} + \frac{Q_{abs}}{T_{int}} > 0$$

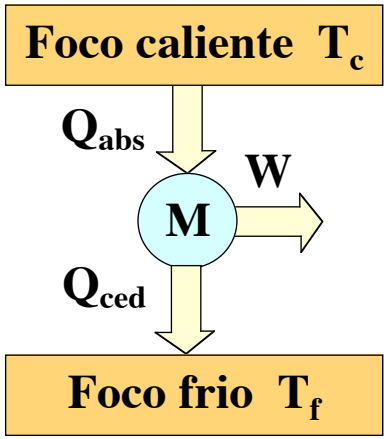
- Hemos perdido un trabajo

$$W_{perd} = W_o - W = T_{frio}\left(\frac{1}{T_{int}} - \frac{1}{T_{cal}}\right) Q_{abs} = T_{frio}\,\Delta S$$

# Máquinas térmicas

- No todo el calor puede convertirse en trabajo.
  La transformación calor-trabajo tiene
  una eficiencia posible máxima

$$\eta \leq \left(1 - \frac{T_{frio}}{T_{cal}}\right)$$




- Desde el punto de vista práctico

$$T_{frio} \approx 300\,K \qquad T_{cal} \approx 1500\,K \qquad \eta \leq \frac{4}{5} = 80\,\%$$

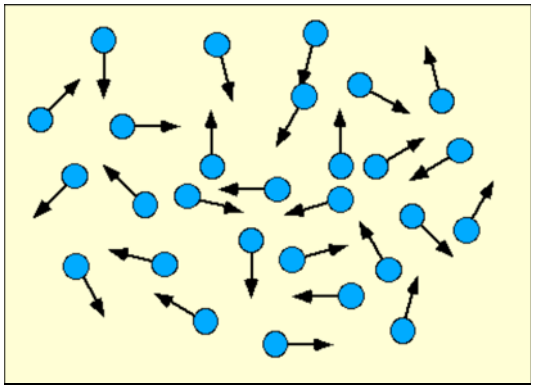
- Los ciclos reales son irreversibles.
- Los procesos irreversibles aumentan la entropía del entorno y disminuyen el trabajo obtenido

$$W_{perd} = T_{frio}\,\Delta S$$

- La energía se degrada al generar entropía. Podemos hablar de 'calidad' de la energía

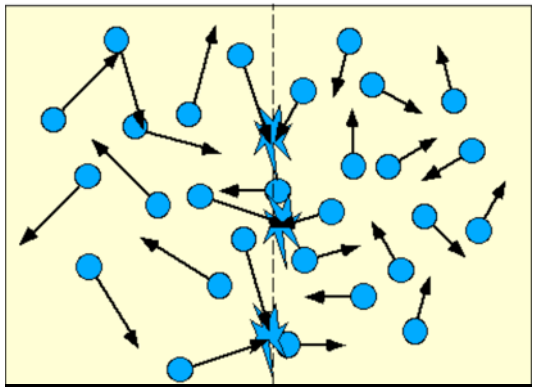
# Mecánica Estadística

- Un gas es un conjunto de moléculas que se mueven al azar en todas direcciones chocando entre sí y con las paredes.



- Presión - impacto de las moléculas contra la pared
- Energía interna - suma de las energías cinéticas y potenciales de todas las moléculas
- Temperatura - energía cinética media por molécula

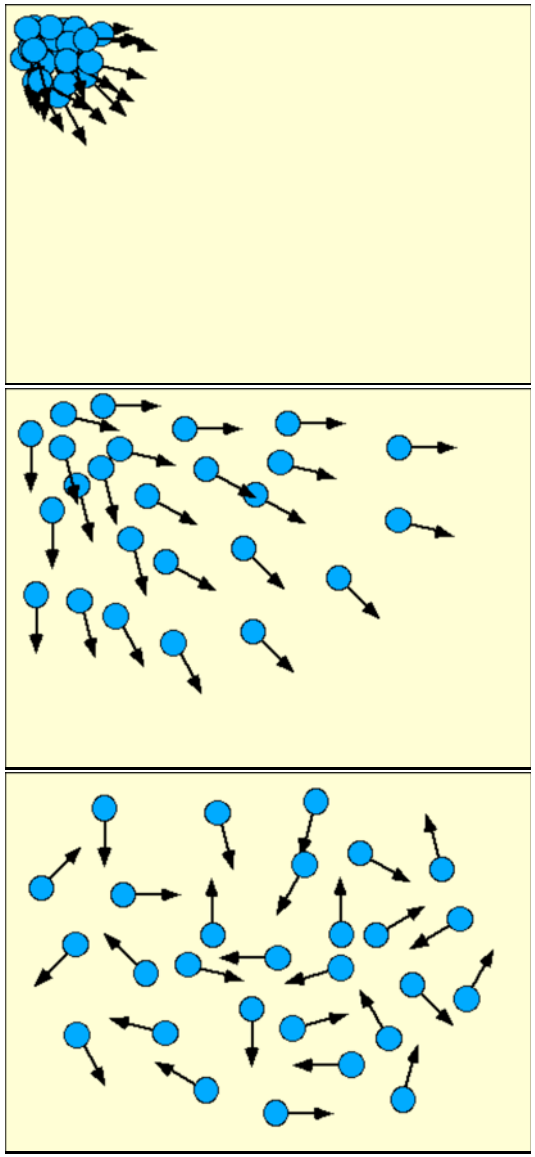
$$\left\langle \frac{1}{2} mv^2 \right\rangle = \frac{3}{2} kT$$



- Conducción de calor entre partes calientes y frías - intercambio de energía cinética por colisiones.

- Primer principio - conservación de la energía en las colisiones elásticas entre moléculas y con las paredes.

# Entropía y Mecánica Estadística



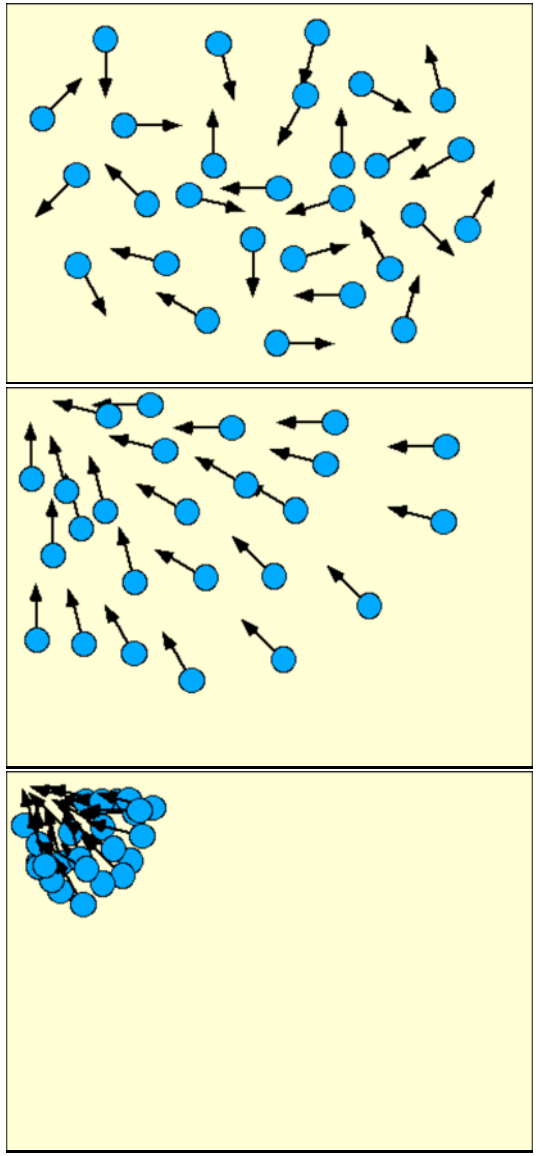
Entropía

desorden en la distribución molecular

Paso de estado ordenado a estado desordenado es altamente probable

Paso de estado desordenado a estado ordenado es altamente improbable.

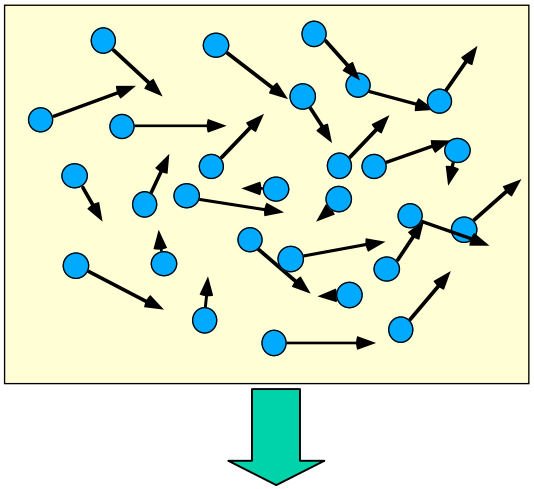
El segundo principio - es casi infinitamente improbable que la entropía disminuya espontáneamente en el Universo



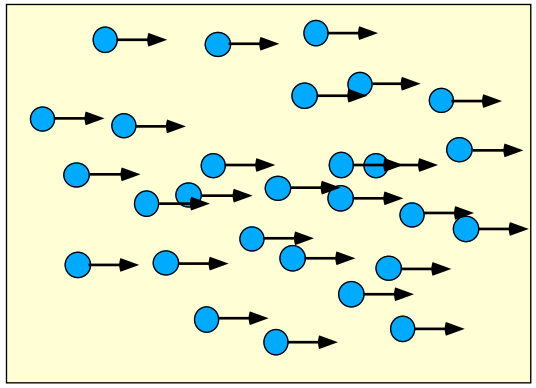
# Energía Cinética y Térmica

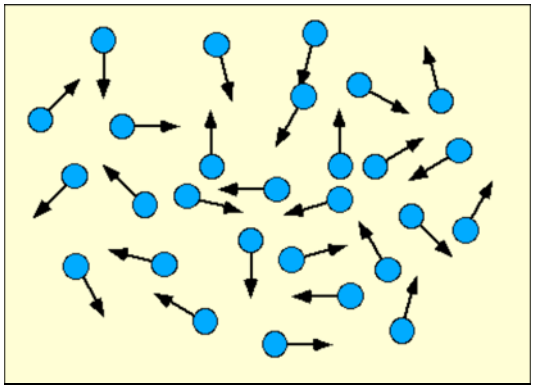
- La velocidad de las moléculas la podemos expresar relativa al centro de masas

$$\vec{v}_i = \vec{v}_{cm} + \vec{v}_{irel} \qquad \vec{v}_{cm} = \frac{\sum m_i \vec{v}_i}{\sum m_i}$$



- En un sólido es similar similar pero con la energía térmica debida a las vibraciones moleculares.





Energía cinética

Movimiento ordenado

$$\frac{1}{2}Mv_{cm}^2$$

Energía Térmica

Desorden microscópico

$$\left\langle \frac{1}{2}mv^2 \right\rangle = \frac{3}{2}kT$$

# Energía química.

- Teoría atómica.

  Sustancias químicas compuestas por átomos.
- Reacción química

  Los átomos cambian de molécula. Se conserva el número de átomos.
- Ley de Conservación de la Masa

  Lavoisier " La masa se conserva en cualquier reacción o cambio químico"

$$A + B \rightarrow C + D \qquad\qquad m_A + m_B = m_C + m_D$$

- Hay reacciones químicas que desprender calor - Exotérmicas (combustión)
- Hay reacciones que necesitan recibir calor para producirse - Endotérmicas

- Energía química

  Energía de enlace - energía potencial del campo de fuerzas que mantiene los átomos unidos en moléculas.

# Energía Eléctrica

•<u>Interacción electrostática</u>

campo conservativo de fuerzas $\mathbf{E_p = \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_o r} = qV}$

energía potencial

•Puede acumularse energía en un condensador $\mathbf{E = \frac{1}{2} Cq^2}$

•Corrientes eléctricas. La energía potencial no se convierte íntegramente en energía cinética ordenada de las cargas. Resistencia eléctrica similar al rozamiento.

$$\mathbf{P = IV = I^2R}$$

Trabajo por unidad de tiempo, necesario para mover las cargas a lo largo de un conductor venciendo la resistencia

•Las corrientes generan campos magnéticos Su energía puede acumularse en una autoinducción

$$E = \frac{1}{2} LI^2$$

al conectar un circuito tarda en iniciarse la corriente,

al desconectar el circuito sigue circulando corriente un cierto tiempo

# Conservación de la energía

- Se conservan:
  la energía mecánica, el calor, la energía química.

- La energía animal y el calor animal se deben a la energía química que procede básicamente de la oxidación o combustión de los hidratos de carbono.

- Young emplea por primera vez el término energía para referirse tanto a la energía mecánica como a la energía animal
- Helmholtz. Principio de conservación de la energía totalmente general, incluyendo todos los fenómenos naturales animados e inanimados.

  – La energía del universo es una constante fija.
  – Todo lo que ocurre, todo lo observable siempre es una transformación de la energía de una de sus formas a otra.