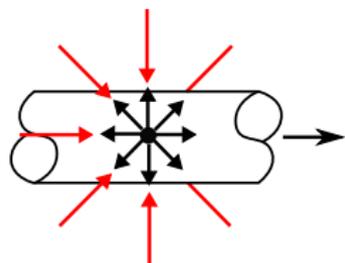
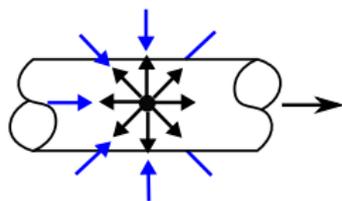


# Presión



Estándar

$$p_{loc} = p_{est}$$



Local

$$h_{est} = \frac{d_{loc} g_{loc} h_{loc}}{d_{est} g_{est}}$$

Figura: Corrección de lecturas

# Temperatura

<https://www.wikihow.com/Read-a-Galileo-Thermometer>



Figura: Termometría, inicios ca. 1600

# Temperatura



$$\alpha_V = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$



$$E \propto \sigma AT^4$$



$$R_T = R_0 e^{\frac{B}{T_0} + \frac{B}{T}}$$

Figura: Principios de medición de temperatura

# Temperatura

## Definición:

- 1 ca. 1780 Calor de un cuerpo entre su capacidad calorífica ( $\int dQ/C = dT?$ ), William Irvine.
- 2 ca. 1800 Intensidad del calor, Sir Benjamin Thompson, Conde de Rumford.
- 3 ca. 1800 Densidad del calórico libre del espacio, Pierre-Simon Laplace
- 4 1820 Medida de la energía cinética de las moléculas ( $T \propto mv$ ), John Herapath.
- 5 1850 Medida de la energía cinética de las moléculas ( $T \propto mv$ ), John Herapath.
- 6 1891 Medida de la energía cinética de las moléculas ( $T \propto mv^2$ ), John Herapath John James Waterston.

# Temperatura



# Temperatura

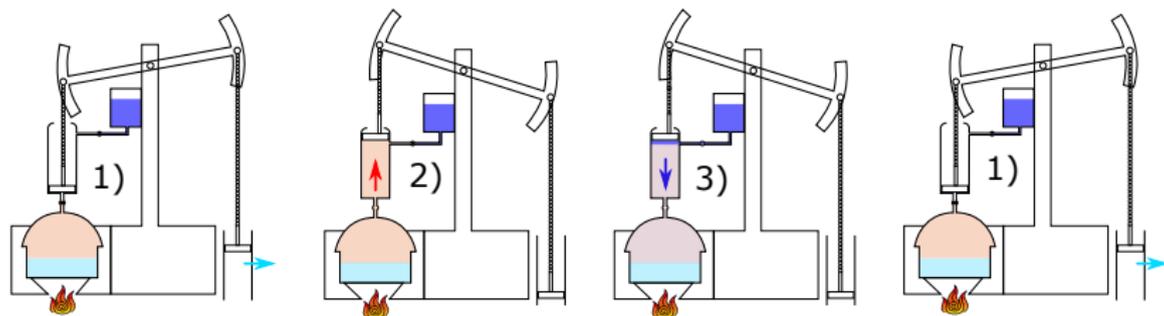


Figura: Maquina de vapor de Thomas Newcomen

# Temperatura

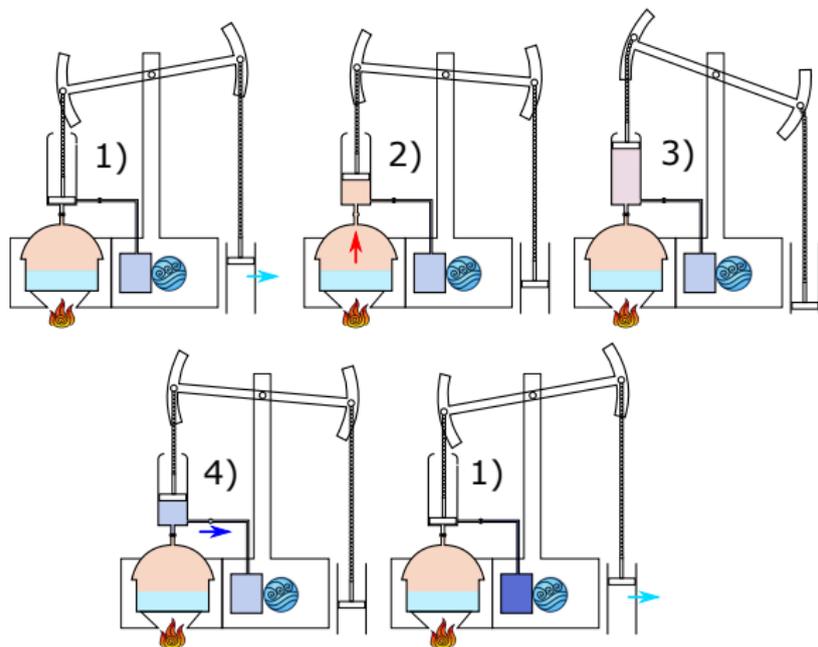


Figura: Maquina de vapor de James Watt

# Temperatura

Eficiencia  $\eta$

*“Cuanto trabajo realiza la maquina respecto al combustible que empleó”*

Si definimos al trabajo realizado como  $w$  y el combustible como la energía aportada por la caldera  $q_{cal}$

$$\eta = \frac{|w|}{q_{cal}} \quad (5)$$

Como el universo es el vertedero del calor, el calor cedido al condensador no importa

# Temperatura

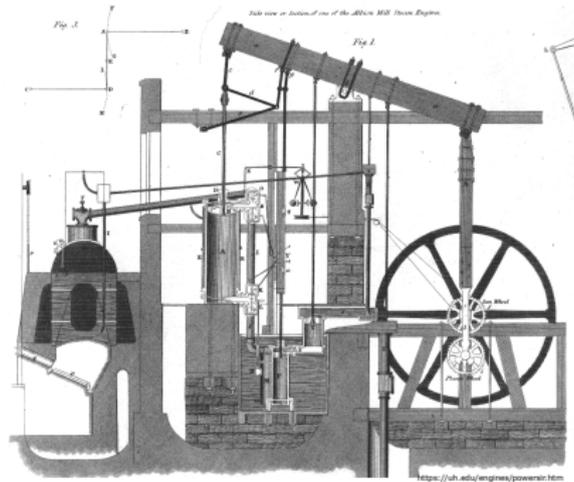
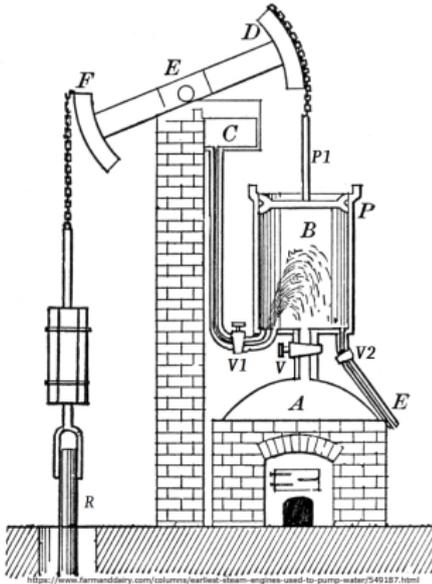


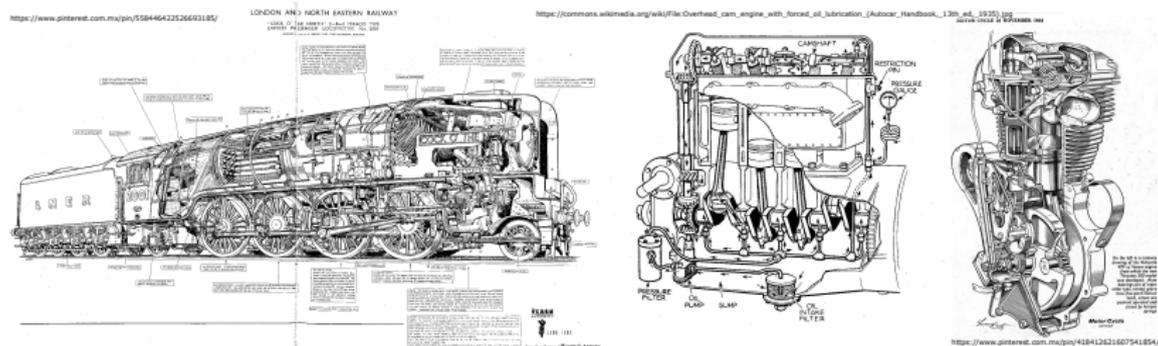
Figura: Maquina Newcomen  $\eta = 0,5\%$ , Maquina Watt  $\eta = 1,5\%$

# Temperatura



Figura: Sous-lieutenant Nicolas Léonard Sadi Carnot

# Temperatura



**Figura:** Locomotora de vapor  $\eta = 10\%$ , Motor de combustión interna  $\eta = 35\%$ , Motor diesel  $\eta \approx 54\%$

# Temperatura

## Abstracción de Carnot

- 1** er golpe. El pistón recibe vapor de la caldera y se mueve, el vapor y la caldera se mantienen a la misma temperatura durante la expansión.
- 2** do golpe. Se cierra la caldera y el vapor mueva más al pistón, el pisto esta totalmente aislado permitiendo que se enfríe el vapor.
- 3** er golpe. Se abre la válvula del condensador y el vapor hace contraer al pistón. El condensador y el vapor mantienen su temperatura durante la contracción.
- 4** to golpe. Se cierra el condensador y el vapor comprime totalmente al pistón. Se vuelve a aislar al pisto para que el vapor se caliente.

# Temperatura

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0 = q + w \quad \therefore w_T = -q_T \quad (6)$$

Calor suministrado  $q_{\text{cal}} > 0$ , calor cedido  $q_{\text{fr}} < 0$ .

$$q_T = q_{\text{cal}} - q_{\text{fr}} \quad (7)$$

Debido a que se efectúa trabajo

$$w_T = -q_{\text{cal}} + q_{\text{fr}} < 0 \quad (8)$$

Por tanto

$$q_{\text{cal}} > q_{\text{fr}} \quad (9)$$

Respecto a la eficiencia

$$\eta = \frac{|w|}{q_{cal}} = \frac{|-q_T|}{q_{cal}} = \frac{|q_{cal} - q_{fr}|}{q_{cal}} = 1 - \frac{|q_{fr}|}{q_{cal}} \quad (10)$$

Por tanto, mientras se realice trabajo

$$\eta < 1 \quad (11)$$

# Temperatura

1er Golpe. Expansión isotérmica

# Temperatura

1er Golpe. Expansión isotérmica

$$w = \int_{V_i}^{V_f} p dV \quad (12)$$

$p = \text{cte?}$

# Temperatura

1er Golpe. Expansión isotérmica

$$w = - \int_{V_i}^{V_f} p dV \quad (13)$$

Presión del vapor (presión interna del pistón), y que se comporte el vapor como gas ideal

$$w = - \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV \quad (14)$$

$$w_I = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (15)$$

# Temperatura

Trabajo reversible

# Temperatura

2do Golpe. Expansión adiabática para el gas ideal

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0 \therefore dU = CdT \quad (16)$$

$$q = 0 \therefore U = w = nC_V(T_f - T_i) \quad (17)$$

$$w_{II} = nC_V(T_{fr} - T_{cal}) \quad (18)$$

# Temperatura

3er Golpe

$$w_{III} = -nRT_{fr} \ln \frac{V_4}{V_3} \quad (19)$$

4to Golpe

$$w_{IV} = nC_V(T_{cal} - T_{fr}) \quad (20)$$

# Temperatura

Relaciones adiabáticas

$$T_{cal} V_2^{\gamma-1} = T_{fr} V_3^{\gamma-1} \quad (21)$$

$$T_{cal} V_1^{\gamma-1} = T_{fr} V_4^{\gamma-1} \quad (22)$$

# Temperatura

Colectando ecuaciones

$$w_I = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (23)$$

$$w_{II} = nC_V(T_{fr} - T_{cal}) \quad (24)$$

$$w_{III} = -nRT_{fr} \ln \frac{V_4}{V_3} \quad (25)$$

$$w_{IV} = nC_V(T_{cal} - T_{fr}) \quad (26)$$

$$T_{cal} V_2^{\gamma-1} = T_{fr} V_3^{\gamma-1} \quad (27)$$

$$T_{cal} V_1^{\gamma-1} = T_{fr} V_4^{\gamma-1} \quad (28)$$

# Temperatura

Trabajo total

$$w_T = w_I + w_{II} + w_{III} + w_{IV} \quad (29)$$

$$w_T = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} + nC_V(T_{fr} - T_{cal}) - nRT_{fr} \ln \frac{V_4}{V_3} + nC_V(T_{cal} - T_{fr}) \quad (30)$$

$$w_T = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} + nC_V(T_{fr} - T_{cal}) - nRT_{fr} \ln \frac{V_4}{V_3} - nC_V(T_{fr} - T_{cal}) \quad (31)$$

$$w_T = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_{fr} \ln \frac{V_4}{V_3} \quad (32)$$

# Temperatura

De las relaciones adiabáticas

$$\frac{T_{cal}}{T_{fr}} = \left( \frac{V_3}{V_2} \right)^{(\gamma-1)} \quad (33)$$

$$\frac{T_{cal}}{T_{fr}} = \left( \frac{V_4}{V_1} \right)^{(\gamma-1)} \quad (34)$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1} \quad (35)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{V_3} \quad (36)$$

# Temperatura

Por tanto el trabajo total es

$$w_T = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_{fr} \ln \frac{V_1}{V_2} \quad (37)$$

$$w_T = -nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} + nRT_{fr} \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (38)$$

$$w_T = nR(T_{fr} - T_{cal}) \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (39)$$

$$w_T = -nR(T_{cal} - T_{fr}) \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (40)$$

# Temperatura

Dado a que el calor suministrado es igual pero con signo contrario al trabajo del primer golpe

$$q_{cal} = -w_I = nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (41)$$

# Temperatura

Por tanto, la eficiencia es

$$\eta = \frac{|w|}{q_{cal}} = \frac{nR(T_{cal} - T_{fr}) \ln \frac{V_2}{V_1}}{nRT_{cal} \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (42)$$

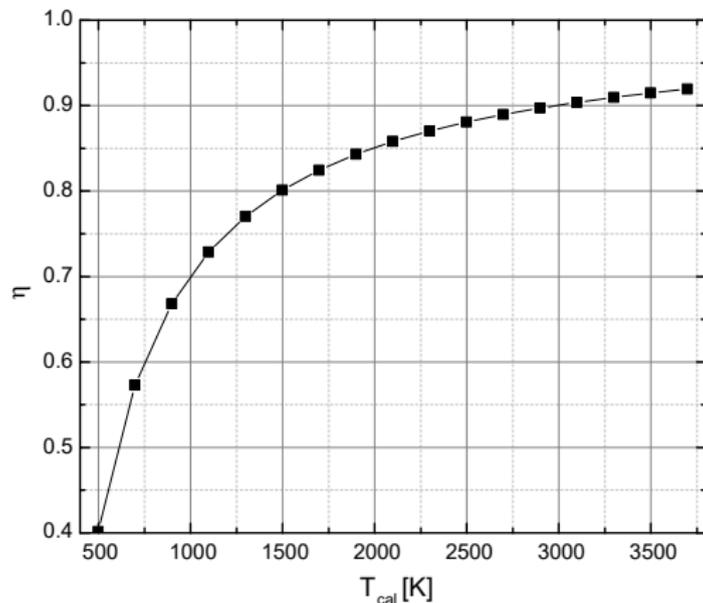
Es decir

$$\eta = 1 - \frac{T_{fr}}{T_{cal}} \quad (43)$$

Solo para un proceso reversible e ideal.

# Temperatura

Para aumentar  $\eta$   $T_{fr} \rightarrow 0$ , que involucra otra máquina, o  $T_{cal} \rightarrow \infty$



# Temperatura

Además

$$\eta = 1 - \frac{q_{fr}}{q_{cal}} = 1 - \frac{T_{fr}}{T_{cal}} \quad (44)$$

Lo que permite para un sistema reversible ideal

$$\frac{q_{fr}}{q_{cal}} = \frac{T_{fr}}{T_{cal}} \quad (45)$$

Para incorporar la equivalencia trabajo-calor, William Thomson, 1er Barón de Kelvin propuso

$$\eta = \mu(T_{cal} - T_{fr}) = \frac{J}{T_{cal}^{ABS}}(T_{cal} - T_{fr}) \quad (46)$$

donde  $\mu$  es conocida como la función de Carnot

# Temperatura

Por tanto, y finalmente. Definición:

- Parámetro que mide la eficiencia de una máquina térmica