

Termodynamika. Zerowa zasada termodynamiki.

Zamiast opisywać położenia i pędy wszystkich cząstek w zbiorniku, będziemy opisywać układ za pomocą zmiennych makroskopowych.

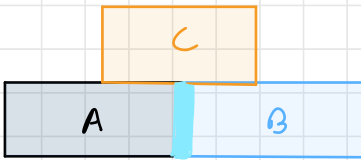
Zmienne makroskopowe (tzw. funkcje stanu)

- temperatura
- ciśnienie
- energia wewnętrzna
- liczba cząstek

Równowaga termodynamiczna

Funkcje stanu mają tę samą wartość w każdym miejscu układu i nie zmieniają się w czasie.

Zerowa zasada termodynamiki



Jeżeli ciała A i B są one w równowadze termodynamicznej z trzecim ciałem C, to są one także w równowadze termodynamicznej ze sobą.

Zamiana jednostek temperatury

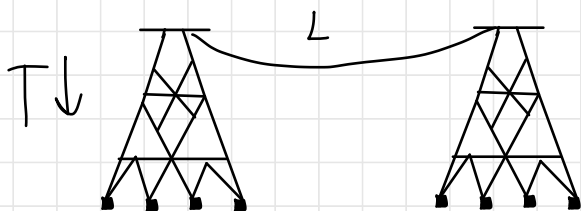
$^{\circ}\text{C}$	K
100	373,15
0	273,15
-273,15	0

ZERO BEZWZGLĘDNE

$$\rightarrow T_K = T_C - 273,15$$

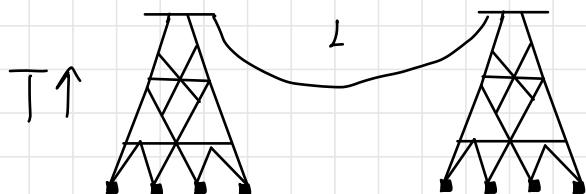
$$\rightarrow T_C = T_K + 273,15$$

Rozszerzalność cieplna



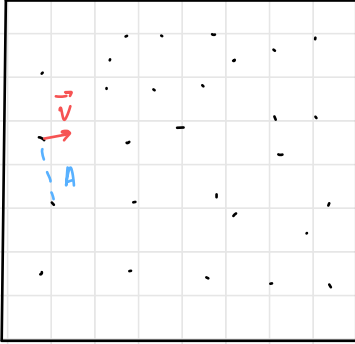
L - długość początkowa (m)
 α - współczynnik rozszerzalności

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$



Równanie stanu gazu doskonałego

Gazy nie mają własnego kształtu



$E_p + E_k$

n - ilość moli

M - masa molowa

m - masa cząsteczkowa

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

N - liczba cząsteczek

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Równanie Clapeyron'a

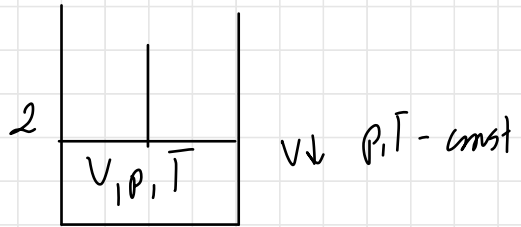
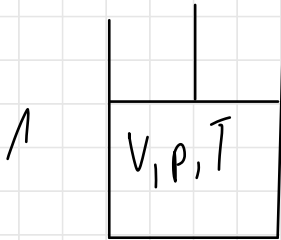
$$pV = nRT$$

$$n \rightarrow \text{const}$$

$R \rightarrow$ uniwersalna stała gazowa

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

Równanie stanu gazu



$$\frac{pV}{T} = nR$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T}$$

Przemiany gazowe

Przemiana izotermiczna to przemiana, w której temperatura jest stała.

$$T = \text{const} \quad m = \text{const} \text{ (miejscowo zamknięte)}$$

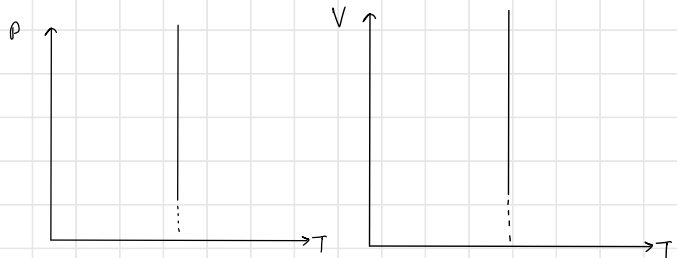
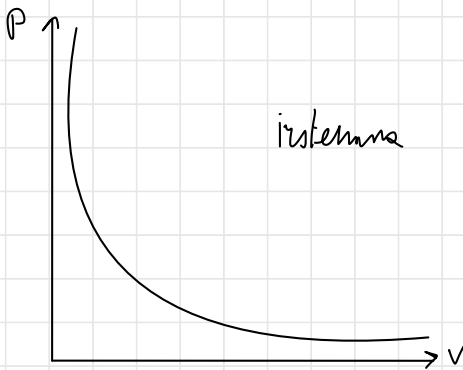
$$pV = \text{const} \quad \left(\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 \right)$$

Przed Boyle'a - Mariotte'a

Dla stałej masy gazu w miejscu zamkniętym ciśnienie jest odwrotnie proporcjonalne do objętości gazu.

$$pV = \text{const}$$

$p \uparrow \quad V \downarrow$ $p \downarrow \quad V \uparrow$



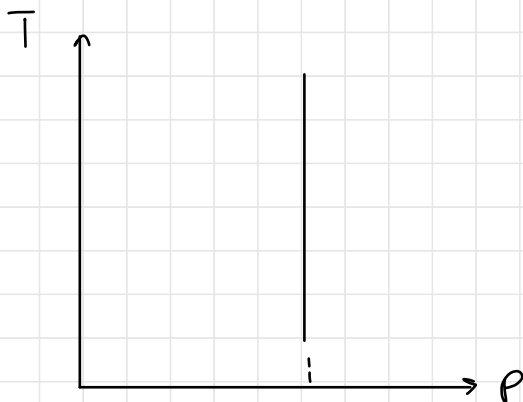
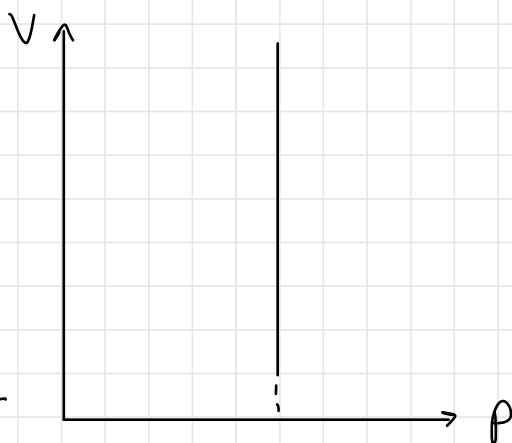
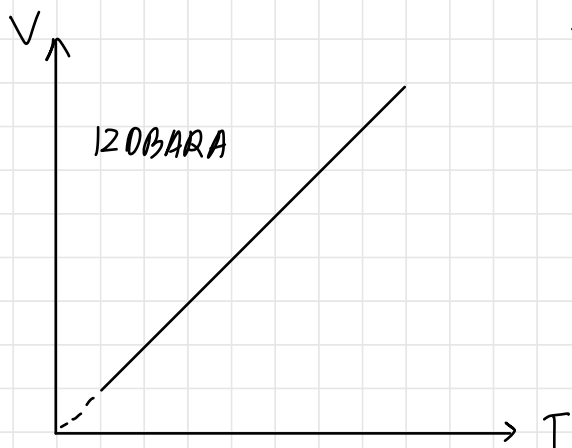
Przemiana izobaryczna

$$p = \text{const} \quad m = \text{const}$$

Pras Gay-Lussaca

Dla stałej masy gazu w przemianie izobarycznej objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury.

$$\frac{pV_1}{T_1} = \frac{pV_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Przemiana izochoryczna to przemiana, w której objętość jest stała.

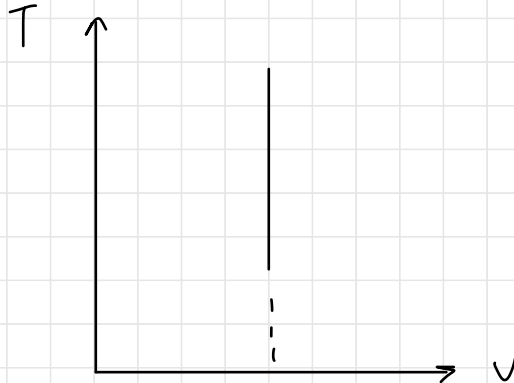
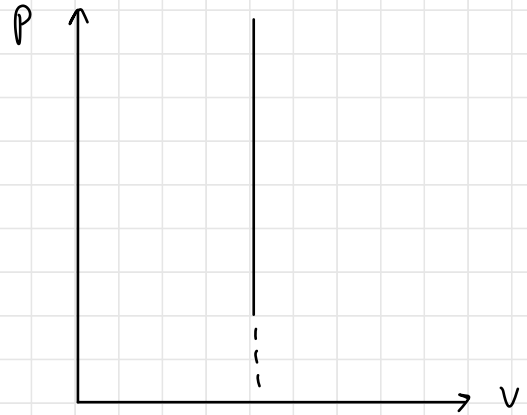
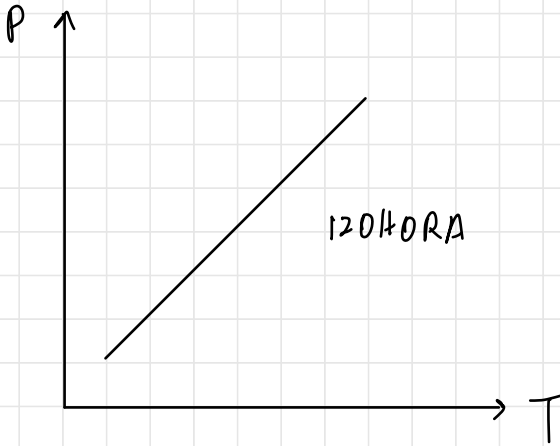
$$V = \text{const} \quad m = \text{const}$$

$\Downarrow$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

Prawo Charles'a

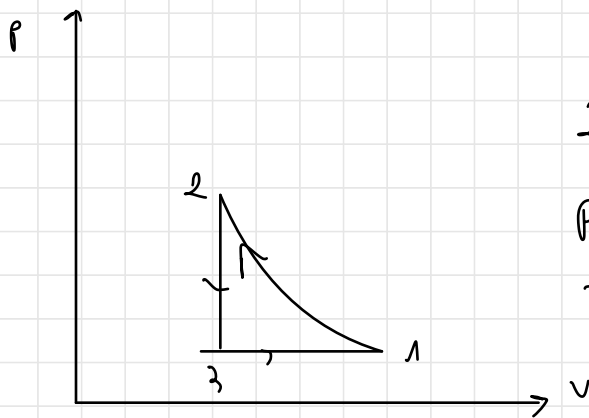
W izochorycznej przemianie gazu ciśnienie wywierane na ścianki naczyńa jest wprost proporcjonalne do temperatury.



Przykład 1

Na wykresie $p(V)$ pokazany cykl prężności o $m = \text{const}$

Narysuj ten cykl w $p(T)$



1 → 2 $T = \text{const}$

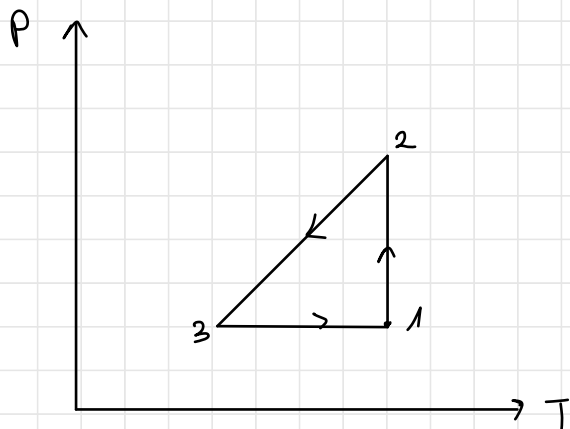
$p \uparrow$ $V \downarrow$

2 → 3 $V = \text{const}$

$p \downarrow$ $T \downarrow$ $\frac{p}{T} = \text{const}$

3 → 1 $p = \text{const}$

$V \uparrow$ $T \uparrow$



Energia wewnętrzna $E_w (J)$

$$E_w = E_k + E_p$$

E_k - energia kinetyczna (J)

E_p - energia potencjalna (J)

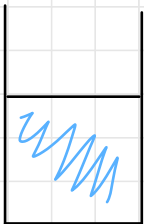
Ciepło jest energią przekazywaną między układem a otoczeniem na skutek istnienia między nimi różnicy temperatur.

Ciepło (Q)

Ciepło wyrażamy w J Ciepło wnosić informację m.in. o tym ile ciepła możemy dostarczyć, aby ogrzać 1 kg danej substancji o $1^{\circ}C (K)$

Ciepło właściwe

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$



T_0 - temperatura początkowa



T_k

Agata

$$Q = m c_w \Delta T$$

$$\Delta T = T_k - T_0$$

$$T_k > T_0$$

$$c_w = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

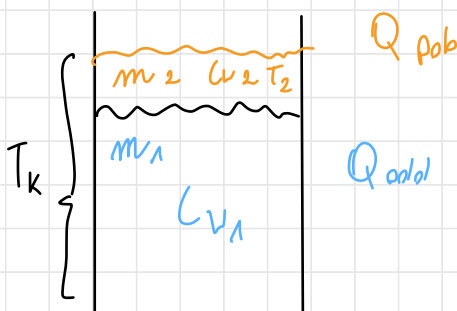
$$c_w \left(\frac{J}{kg \cdot K} \right)$$

$$Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T$$

Bilans cieplny

Jeśli uśrednimy ze sobą dwa ciała o różnych temperaturach, to temperatura między nimi wynosi ciepło. Ciepło o wyższej temperaturze oddaje ciepło, a ciała o niższej temperaturze pobiera ciepło. Wynika z tego, że kiedy temperatury obu ciał wyrównają się.

Jeśli ilość ciepła pobranego przez ciała o niższej temperaturze jest równa ilości ciepła oddanego przez ciała o wyższej temperaturze, możemy powiedzieć, że zachodzi bilans cieplny.

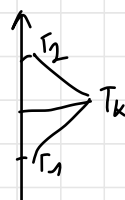


$$Q_{pob} = Q_{odd}$$

$$Q = m c \Delta T$$

$$\Delta T_{odd} = T_2 - T_1$$

$$\Delta T_{pob} = T_k - T_1$$



m_1 - masa substancji

c_1 - ciepło

T_k - temperatura końcowa

I zasada termodynamiki

$$\Delta U = Q + W$$

Przyrost energii wewnętrznej ciała ΔU jest równy sumie dostarczonego ciału ciepła Q i wykonanej nad nim pracy W .

$$\Delta E_w = Q + W$$

a) izotermiczna

$$T = \text{const} \Rightarrow E_{\text{kin}} = \text{const} \Rightarrow U = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0$$

b) izochoryczna

$$V = \text{const} \Rightarrow W = 0$$

$$\Delta U = Q$$

c) izobaryczna

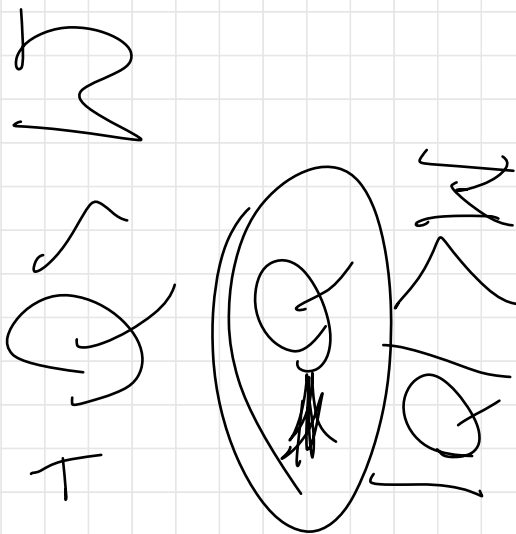
$$p = \text{const} \quad \frac{V}{T} = \text{const}$$

$$Q = \Delta U + |W|$$

$$W = p \cdot \Delta V$$

W - praca

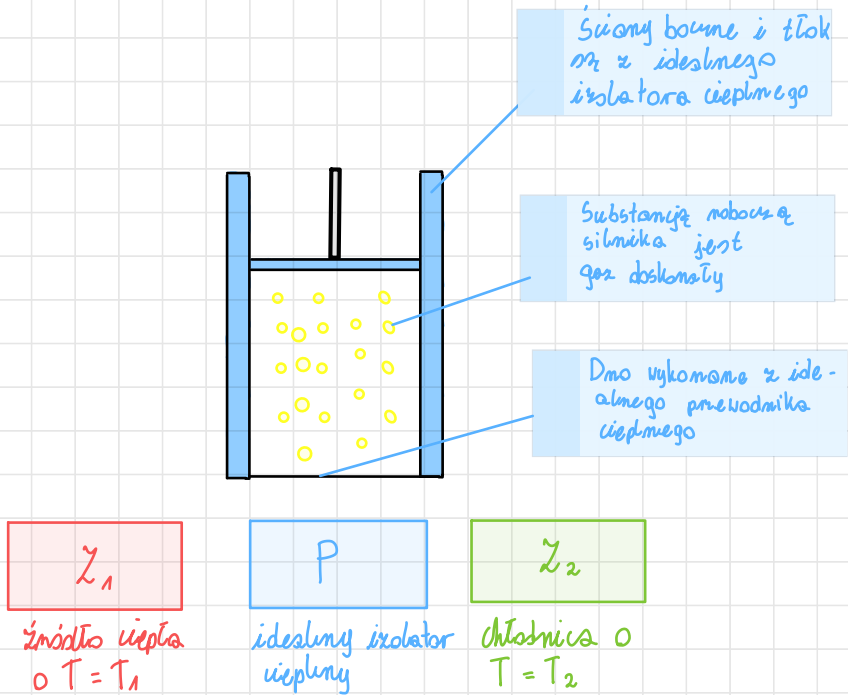
p - ciśnienie



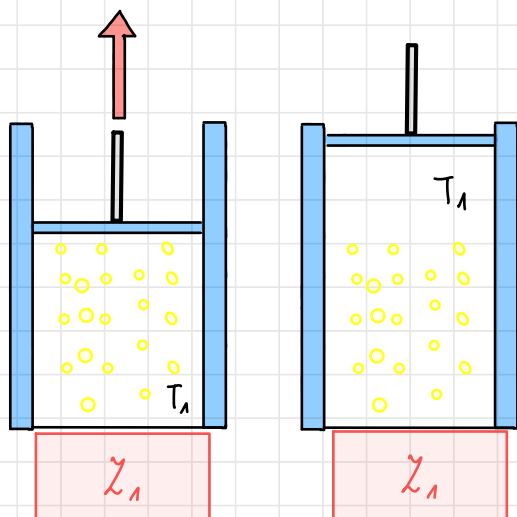
Silnik Carnota

Silnik cieplny zamienia energię cieplną w energię mechaniczną.

Budowa Silnika Carnota



Etap I – izotermiczne rozprężanie gazu



Gaz pobiera ciepło ze źródła Z_1 i wykonuje równoważną pracę W_1 podnosząc tłok.

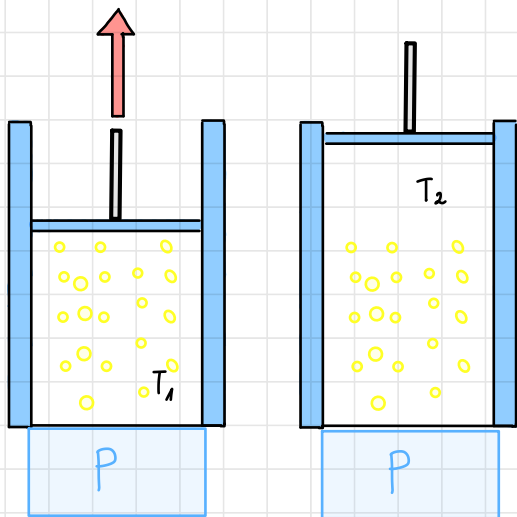
$$|Q_1| = |W_1|$$

$$\Delta U = (+Q_1) + (-W_1) = 0$$

$$T = \text{const} = T_1$$

$$U = \text{const}$$

Etap II – adiabatyczne rozprężanie gazu



Gaz wykonuje pracę W_2 podnosząc tłok.

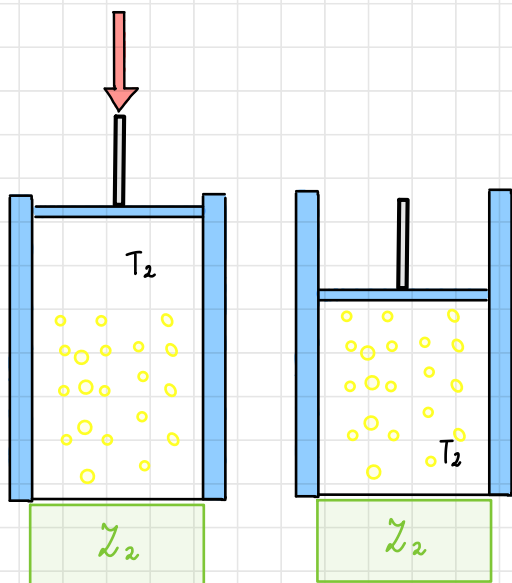
$$Q = 0$$

$$\Delta U = 0 + (-W_2) < 0$$

U maleje

T maleje $T_1 \rightarrow T_2$

Etap III - izotermiczne sprężanie gazu



Gaz jest ściskany, wykonujemy nad nim pracę W_3 , gaz oddaje dokładnie równoważną ilość ciepła Q_2

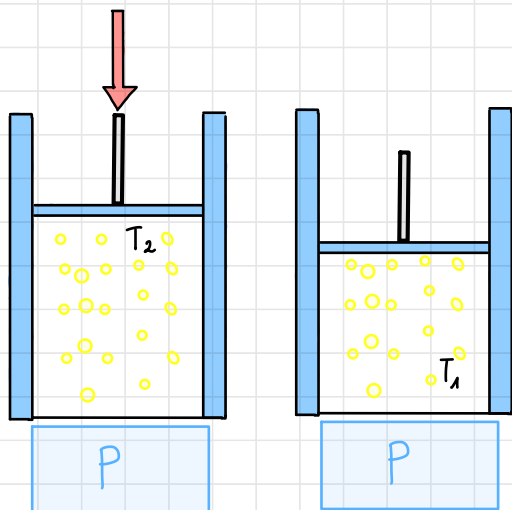
$$|Q_2| = |W_3|$$

$$\Delta U = (-Q_2) + (+W_3) = 0$$

$$U = \text{const}$$

$$T = \text{const} = T_2$$

Etap IV - adiabatyczne sprężanie gazu



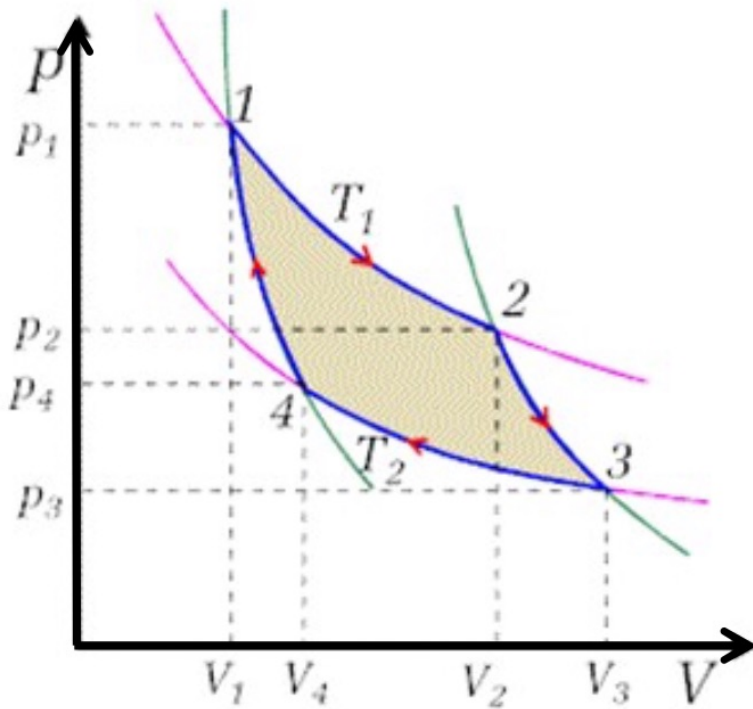
Nad gazem wykonujemy pracę ściskając go

$$Q = 0$$

$$\Delta U = 0 + W_4 > 0$$

U rośnie

T rośnie $T_2 \rightarrow T_1$



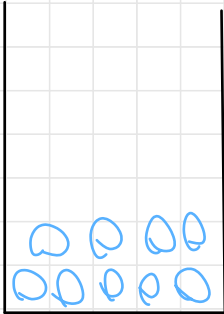
$$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{POBR}}}$$

$$W = (W_1 + W_2) - (W_3 + W_4)$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

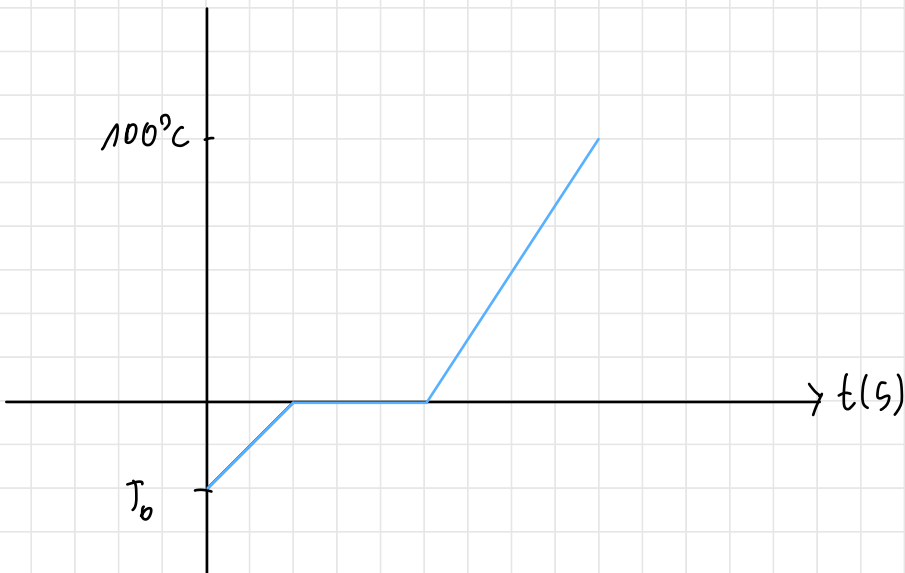
Ciepło topnienia, krzepnięcia i parowania



$$T_L < 0^\circ\text{C}$$

1. Ciepło topnienia - ilość ciepła potrzebna dostarczyć do ciała o masie 1 kg , aby je całkowicie stopić bez zmiany temperatury

$$c_t = \frac{Q}{m} \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)$$



2) Ciepło skupienia to ilość energii, jaką należy dostarczyć do ciała o masie 1 kg , aby ciało zmieniło stan skupienia na stały.

3) Ciepło parowania to ilość ciepła, które należy dostarczyć do ciała o masie 1 kg , żeby całkowicie wyparowało.

4) Ciepło wzniesienia to ilość energii, jaką należy dostarczyć do ciała o masie 1 kg , żeby ciało zaczęło wznosić.