

Termodynamika

Termodynamika – dział fizyki, który zajmuje się energią termiczną układu.

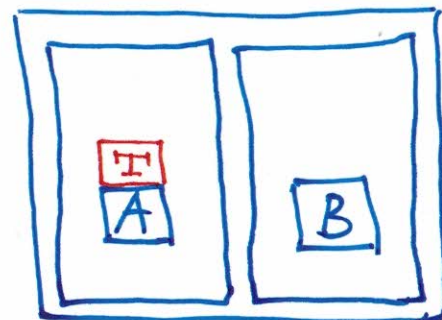
Energia termiczna – energia wewnętrzna

Temperatura – podstawowe pojęcie termodynamiki:

Skala Kelvina: ograniczona od dołu: 0K
temperatura pokojowa około 290K

Zerowa zasada termodynamiki:

Jeżeli ciała A i B są w stanie równowagi termodynamicznej z trzecim ciałem T, to są one także w stanie równowagi termodynamicznej ze sobą nawzajem.



Albo:

Każde ciało ma pewną właściwość, którą nazywamy temperaturą. Kiedy dwa ciała znajdują się w stanie równowagi termodynamicznej, ich temperatury są równe. I na odwrót.

T- termoskop
zmienia
właściwości
ze zmianą
temperatury

Pomiary temperatury

2.

aby zdefiniować skalę temperatury wybieramy punkt potrójny wody: lód, ciekła woda i para

wodna współistnieją ze sobą w stanie równowagi termodynamicznej przy pewnych wartościach ciśnienia i temperatury

$$T_3 = 273,16 \text{ K} \quad (\text{punkt potrójny wody})$$

1 K = 1/273,16 różnicy między T_3 i zerem bezwzględnym.

Skala Celjusza

$$T_c = (T - 273,15)^\circ \text{C}$$

$$20^\circ \text{C} = 293,15 \text{ K}$$

Rozszerzalność cieplna

Rozszerzalność liniowa

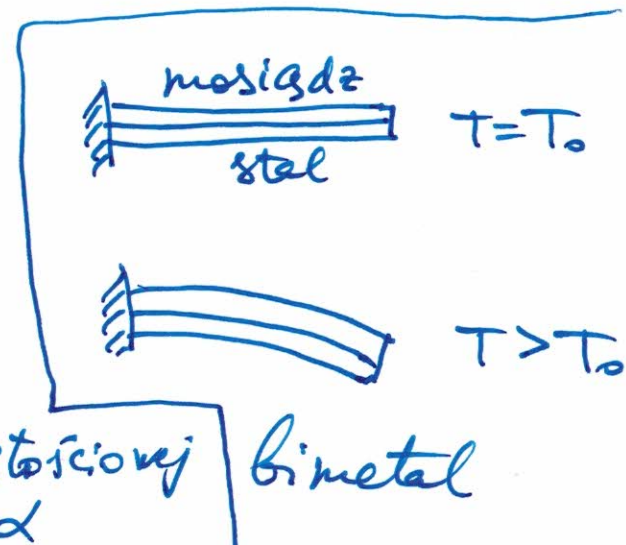
$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

α - współczynnik rozszerzalności liniowej

Rozszerzalność objętościowa

$$\Delta V = V \beta \Delta T$$

β - współczynnik rozszerzalności objętościowej
 $\beta \approx 3\alpha$



Temperatura i ciepło

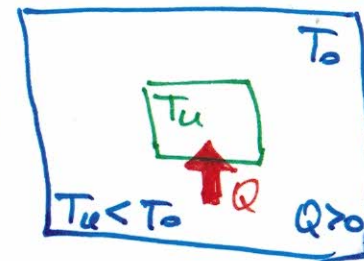
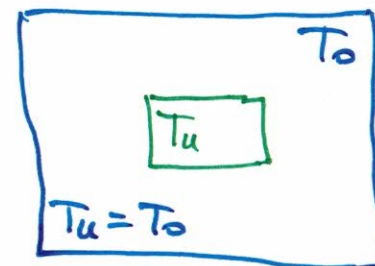
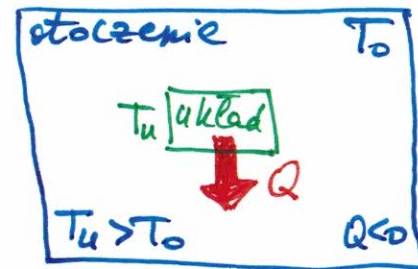
Obserwowana zmiana temperatury jest wynikiem przepływu energii termicznej pomiędzy układem a jego otoczeniem

Przekazywana energia jest nazywana ciepłem Q

$Q > 0$ jeżeli energia jest przekazywana z otoczenia do układu (układ pobiera ciepło) i wzrasta jego energia termiczna

$Q < 0$ jeżeli układ zmniejsza swoją energię termiczną, przekazując jej część do otoczenia (układ oddaje ciepło)

Ciepło jest energia przekazywana między układem a jego otoczeniem na skutek istniejącej między nimi różnicy temperatury



Pojemność cieplna

$$Q = C \Delta T = C (T_{końc} - T_{pocz})$$

Ciepło właściwe

$$Q = c m \Delta T = c m (T_{końc} - T_{pocz})$$

Ciepło właściwe zależy od substancji (materiału ciała)

Molowe ciepło właściwe

1 mol = $6,02 \cdot 10^{23}$ jednostek elementarnych (atomów, cząsteczek)

Ciepło przemiany

Ilość energii, która w postaci ciepła trzeba przekazać, aby 1 kg substancji uległ przemianom fazowej, jest nazywana ciepłem przemiany

$$Q = C_{przem} m$$

C - pojemność cieplna ciała

m - masa ciała

c - ciepło właściwe

Substancja	Ciepło właściwe
Alumini	128 (J/kg.K)
Srebro	236
Miedź	386
Glin	900
Szkl	840
Lód (-10°C)	2220
Rtęć	140
Woda	4190

Wartości ciepła przemiany

S.

Substancja	Topnienie		Wrzenie	
	$T_{\text{top}} [K]$	$c_{\text{top}} [\frac{kJ}{kg}]$	$T_{\text{par}} [K]$	$c_{\text{par}} [\frac{kJ}{kg}]$
Wodór	14,0	58,0	20,3	455
Tlen	54,8	13,9	90,2	213
Rtęć	234	11,4	630	296
Woda	273	333	373	2256
Srebro	1235	105	2323	2336
Miedź	1356	207	2868	4730

Ciepło i praca

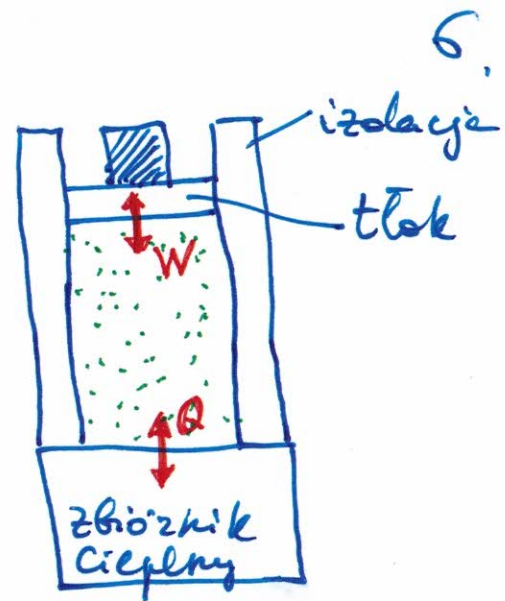
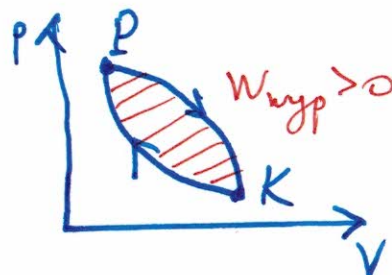
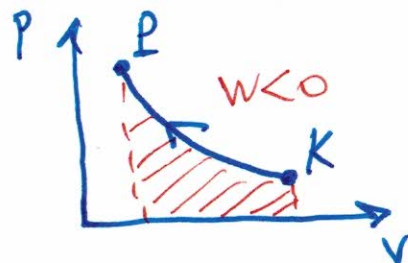
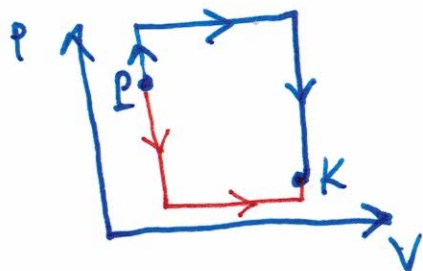
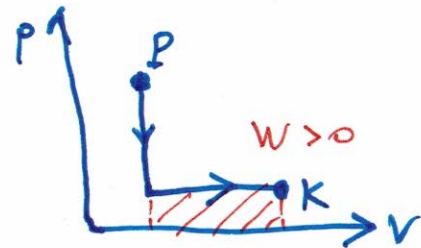
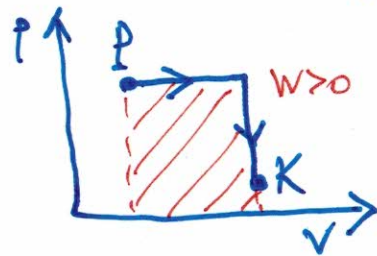
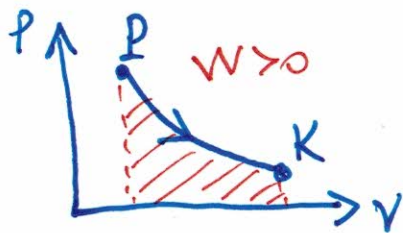
Praca wykonana przez gaz w wyniku przemieszczenia tłoka na $d\vec{s}$:

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = p S ds = p dV$$

Całkowita praca wykonana przez gaz

$$W = \int dW = \int_{V_{\text{pocz}}}^{V_{\text{końc}}} p dV$$

Różne sposoby przeprowadzenia gazu od stanu początkowego P do stanu końcowego K:



6.
Gaz zamknięty w cylindrze z ruchomym tłokiem

Pierwsza zasada termodynamiki:

$$\Delta E_w = E_{w, \text{końc}} - E_{w, \text{pocz}} = Q - W$$

E_w - energie wewnętrzne

Energie wewnętrzne układu E_w wzrasta, jeżeli układ pobiera energię w postaci ciepła Q , i maleje, kiedy wykonuje on pracę W .

Szczególne przypadki:

- 1) Przemiana adiabetyczna, $Q=0$: $\Delta E_w = -W$
- 2) Przemiana przy stałej objętości, $W=0$: $\Delta E_w = Q$
- 3) Proces cykliczny, $\Delta E_w = 0$: $Q = W$
- 4) Rozprężanie swobodne, $Q=W=0$: $\Delta E_w = 0$

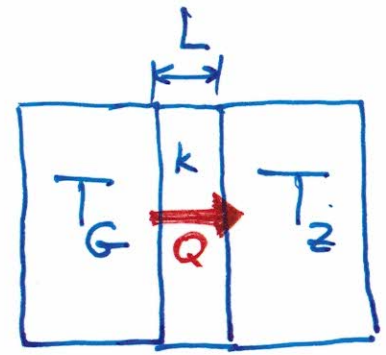
- układ izolowany
(albo przemiana
zachodzi gwałtownie)

Mechanizmy przekazywania ciepła

Przewodnictwo cieplne

Strumień ciepła:

$$P_{przew} = \frac{Q}{t} = kS \frac{T_G - T_Z}{L}$$

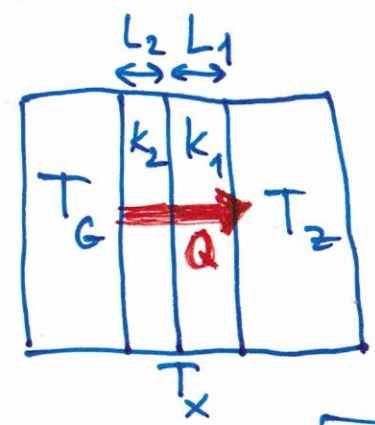


k - przewodność cieplna właściwa materiału płytki

Opór cieplny

$$R = \frac{L}{kS} \quad \text{- opór płytki}$$

Przewodzenie ciepła przez płytkę wielowarstwową



$$P_{przew} = \frac{k_2 S (T_G - T_x)}{L_2} = \frac{k_1 S (T_x - T_Z)}{L_1}$$

$$P_{przew} = \frac{S (T_G - T_Z)}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}}$$

$$P_{przew} = \frac{S (T_G - T_Z)}{\sum_i \frac{L_i}{k_i}}$$

Substancja	k
Stal	14 [W/m.K]
Aluminium	235
Miedź	401
Srebro	428
Powietrze	0,26
Hel	0,15
Wodór	0,18
Drewno	0,11
Szkló	1,0

Mechanizmy

- chaotyczny ruch cząsteczek (gaz)
- drgania sieci krystalicznej (ciało stałe)
- ruch elektronów (metale)

Konwekcja - transport ciepła zachodzący poprzez ruch części: 9.
objętości układu

Energia termiczna może być przenoszona dzięki konwekcji. Taki transport energii następuje wtedy, kiedy płyn (powietrze czy woda) znajduje się w kontakcie z ciałem o wyższej temperaturze. Część płynu przesuwa się w górę dzięki sile wyporu, związanej ze spadkiem gęstości płynu.

Promieniowanie - wymiana energii w postaci ciepła za pośrednictwem fal elektromagnetycznych.

Moc promieniowania emitowanego przez ciało w postaci fal elektromagnetycznych:

$$P_{\text{prom}} = \sigma \epsilon S T^4$$

- prawo Stefana-Boltzmannne

σ - stała Stefana-Boltzmannne, $\sigma = 5,6703 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

ϵ - zdolność emisyjna powierzchni ciała

S - pole powierzchni ciała

$$P_{\text{wyp}} = \sigma \epsilon S (T_{\text{otoc}}^4 - T_{\text{prom}}^4)$$

$\epsilon = 0$ doskonale
jasne ciało

$\epsilon = 1$ doskonale
czarne ciało

Kinetyczna teoria gazów

Termodynamika opisuje wielkości makroskopowe (ciśnienie, objętość, temperatura)

Kinetyczna teoria gazów opiera się na to, że gaz tworzą poruszające się cząsteczki (atomy, molekuly)

Liczba Avogadra

Jednostka Mol: Jeden mol to liczba atomów w próbce węgla-12 o masie 12 g

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

- liczba Avogadra - liczba cząsteczek w 1 molar gazu.

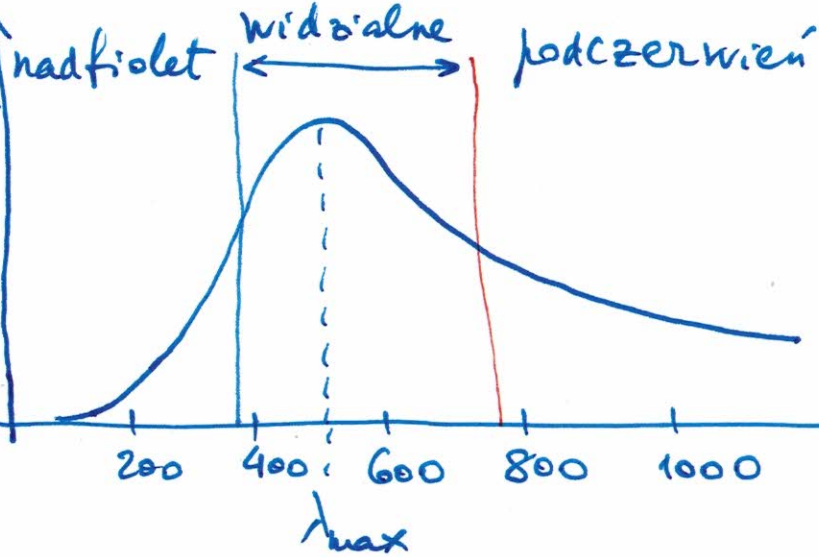
Liczba moli n w próbce dowolnej substancji:

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

N - liczba cząsteczek w próbce

Rozkład energii promieniowania

Energia promieniowania



Prawo Plancka:

$$I(\lambda) = \frac{2c^2h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

c - prędkość światła
 h - stała Plancka
 k - stała Boltzmann

Rozkład energii promieniowania
powierzchni Słońca $T = 6000$ K

Największa emisja energii dla długości fali:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

- prawo Wien

$$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{K}}{\text{m}} \quad (\text{stała Wien})$$

Gazy doskonałe

Gas doskonały: duży zbiór punktowych cząstek, które nie oddziałują ze sobą, poza momentami zderzeń.

Zderzenia te są sprężyste.

Gazy rzeczywiste można traktować jako gazy doskonałe przy dostatecznie małej gęstości:

Równanie stanu gazu doskonałego

$$pV = nRT$$

(C. Clapeyron)

- związek między temperaturą, ciśnieniem i objętością dla jednorodnego ciała (gazu) w równowadze termodynamicznej

$$R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K} \quad \text{- stała gazowa}$$

n - ilość moli

Równanie stanu w innej postaci:

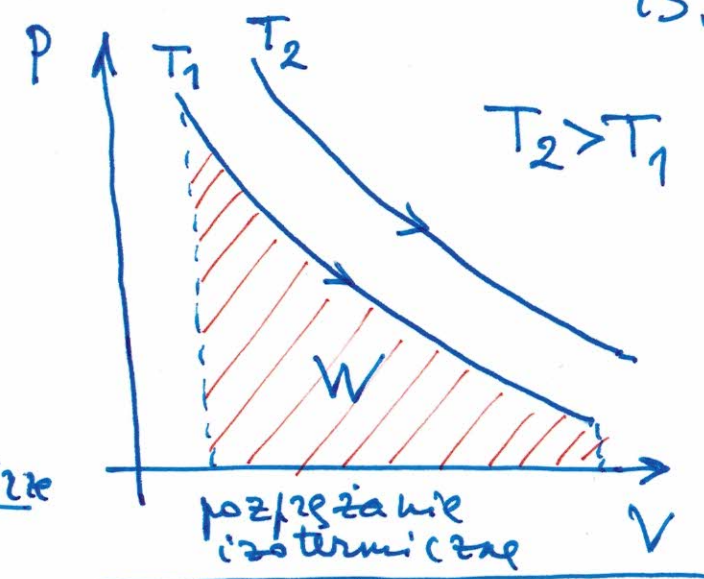
$$pV = NkT$$

N - ilość cząsteczek gazu

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \quad \text{- stała Boltzmann}$$

Przemiana izotermiczna (T=const)

$pV = \text{Const}$ równanie izotermy
 (R. Boyle, E. Mariotte)



Praca wykonana przez gaz w stałej temperaturze

$$W = \int_{V_{pocz}}^{V_{konc}} p(V) dV = \int_{V_{pocz}}^{V_{konc}} \frac{nRT}{V} dV =$$

$$= nRT \int_{V_{pocz}}^{V_{konc}} \frac{dV}{V} = nRT \ln V \Big|_{V_{pocz}}^{V_{konc}} =$$

$$= nRT (\ln V_{konc} - \ln V_{pocz})$$

$pV = nRT$
 $p(V) = \frac{nRT}{V}, T = \text{const}$

$$W = nRT \ln \frac{V_{konc}}{V_{pocz}}$$