

WYKŁAD 1

Przedmiot badań termodynamiki.

Jeśli chcemy opisać układ złożony z N cząstek, to możemy w ramach mechaniki nierelatywistycznej dla każdej cząstki napisać równanie ruchu:

$$m_i \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = \vec{F}_{i,z} + \sum_{i,j,i \neq j} \vec{F}_{i,j}, \quad i, j = 1, \dots, N \quad (1)$$

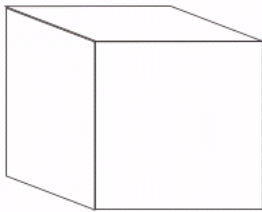
gdzie $\vec{F}_{i,z}$ - wypadkowa sił zewnętrznych działających na cząstkę,

\vec{F}_{ij} - siła z jaką j -ta cząstka działa na i -tą cząstkę,

$\vec{F}_{ij} = -\vec{F}_{ji}$ - siły niutonowskie.

Rozwiązanie układu równań (1) w ogólnym jest bardzo trudne. Można rozwiązać ten układ dla $N=2$, redukując problem zagadnienia dwóch ciał do zagadnienia jednego ciała. Już w przypadku $N=3$ nie da się znaleźć ogólnego rozwiązania analitycznego, choć można je obliczyć z dużą dokładnością metodami numerycznymi. W przyrodzie jesteśmy otoczeni układami składającymi się z bardzo dużej ilości cząstek.

Przykład:



W 1 cm^3 gazu liczba cząstek N jest rzędu 10^{19} .

Dla takiego układu rozwiązanie równań (1) jest niewykonalne.

Opis metodami statystycznymi.

W przypadku zbiornika zawierającego gaz, stan układu jako całości jest opisany przez: temperaturę, ciśnienie i objętość.

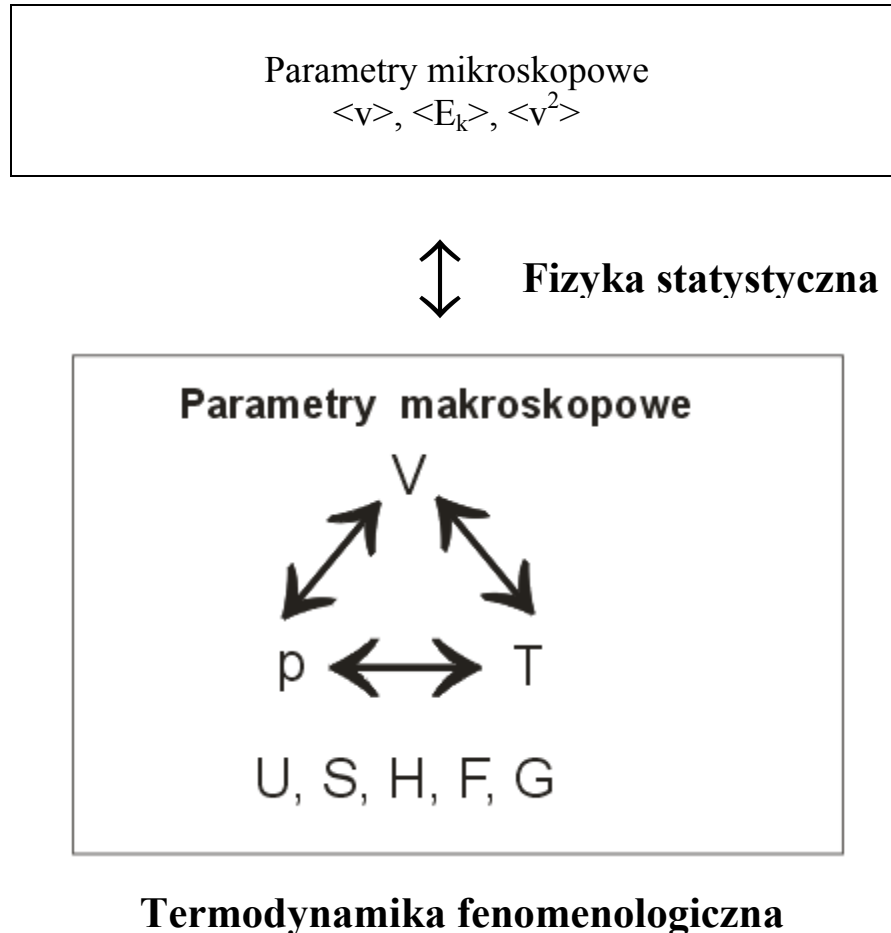
Parametry makroskopowe

Takie parametry są związane ze średnimi wartościami parametrów opisujących stan poszczególnych cząstek.



Parametry mikroskopowe

Możemy za pomocą następującego diagramu zdefiniować przedmiot badań termodynamiki i fizyki statystycznej:



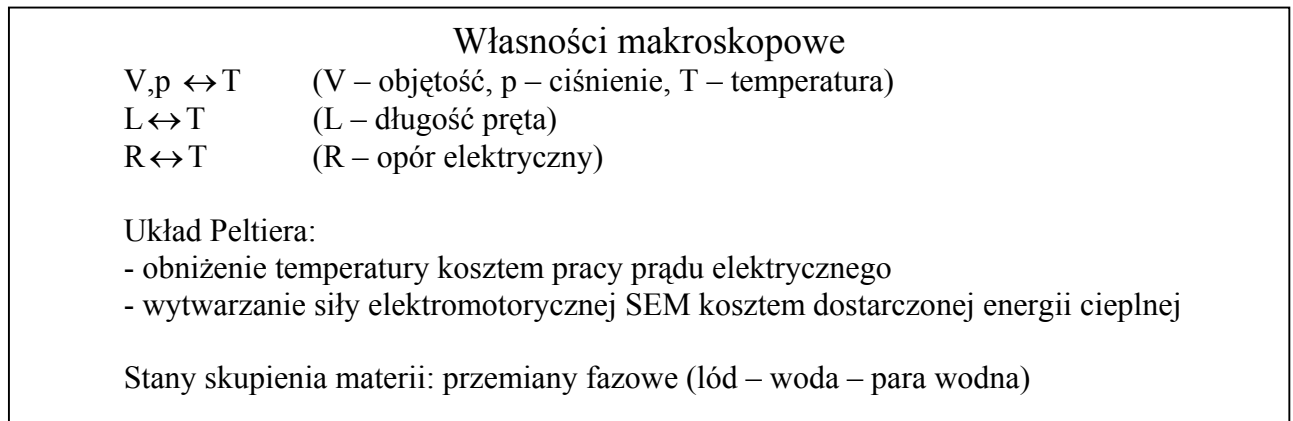
Funkcje termodynamiczne:

- U – energia wewnętrzna
- S – entropia
- H – entalpia
- F – energia swobodna
- G – entalpia swobodna

Przykłady układów, którymi się zajmujemy:

- gazy, ciecze, ciała stałe
- gaz elektronowy w metalach
- istoty żywe
- gromady gwiazd, galaktyki
- materia jądrowa
- plazma kwarkowo-gluonowa

Możemy badania prowadzić na różnym poziomie :



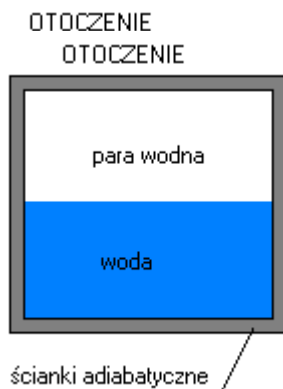
Struktura mikroskopowa

Podstawowe pojęcia termodynamiki:

Definicja Układ termodynamiczny – wyodrębniony w jakiś sposób z otoczenia wycinek świata materialnego

Definicja Układ odosobniony (izolowany) – układ który nie wymienia z otoczeniem ani materii ani energii.

Przykład: układ odosobniony.



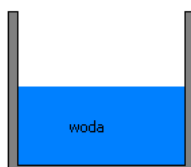
Ścianki adiabatyczne – izolujące cieplnie układ od otoczenia.
(np. ścianki naczynia Dewara)

Jest to układ:

- wielorodny (zawiera dwie fazy)
- jednoskładnikowy (zawiera tylko wodę)

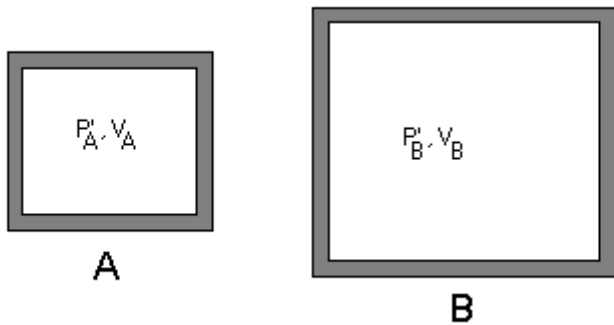
Definicja Układ otwarty – układ który może wymieniać z otoczeniem zarówno energię (przewodnictwo cieplne, promieniowanie) jak i materię (np. przez parowanie).

Przykład: woda w otwartym naczyniu.

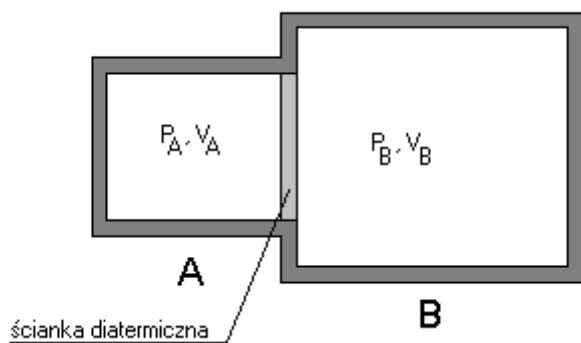


Definicja Stan równowagi termodynamicznej – stan układu, który jest niezmienny w czasie. Doświadczenie poucza nas, że układ izolowany niezależnie od swojego stanu początkowego dochodzi do stanu równowagi termodynamicznej po odpowiednio długim czasie (czas relaksacji). W fizyce statystycznej stan równowagi jest to stan o maksymalnym prawdopodobieństwie.

Rozważmy dwa izolowane układy A i B:

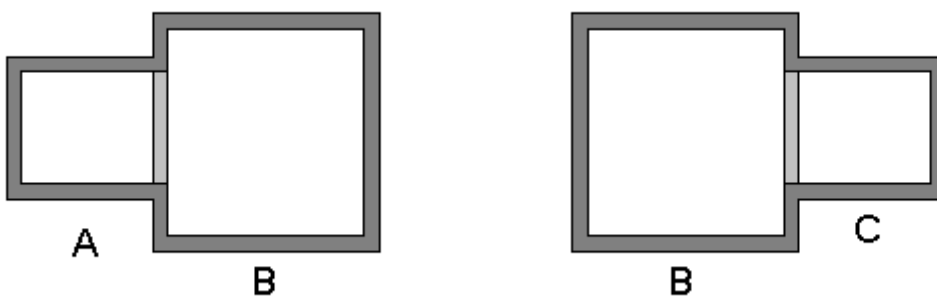


Teraz łączymy układy ścianką diatermiczną, pozwalającą na przepływ ciepła:



Połączony układ dojdzie do równowagi termodynamicznej. Podukłady A i B połączonego układu będą w równowadze między sobą.

Rozważmy trzy układy A, B i C:



A i B są w równowadze termodynamicznej

B i C są w równowadze termodynamicznej



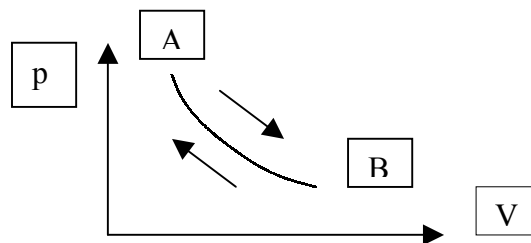
A i C są w równowadze termodynamicznej – nazywamy to **zerową zasadą termodynamiki**.

Parametry opisujące układ:

- ◆ parametry makroskopowe: m - masa, ρ - gęstość, V - objętość, p - ciśnienie, T - temperatura, \vec{E} - natężenie pola elektrycznego itd.
- ◆ parametry zewnętrzne: opisują własności otoczenia, które wpływają na stan układu. Będą to kształt i objętość układu oraz siły zewnętrzne działające na układ.
- ◆ parametry wewnętrzne: ciśnienie, gęstość, temperatura itd.
- ◆ parametry intensywne/ekstensywne :
 - intensywne – niezależne od ilości materii (np. ρ , p , T)
 - ekstensywne (addytywne) – proporcjonalne do ilości materii (np. V , m , S - entropia)

Definicja Proces termodynamiczny – każda zmiana układu, przy której zmienia się wartość choćby jednego z parametrów.

Definicja Procesy kwazistatyczne – odbywające się z nieskończenie małą prędkością, tzn. układ w każdej chwili jest w stanie równowagi (taki proces to ciąg stanów równowagi – proces równowagowy)



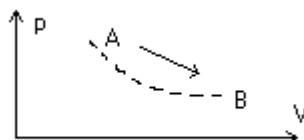
Kryterium kwazistatyczności procesu:

Jeśli A jest parametrem ulegającym zmianie ΔA w czasie relaksacji τ_r , to proces jest kwazistatyczny gdy:

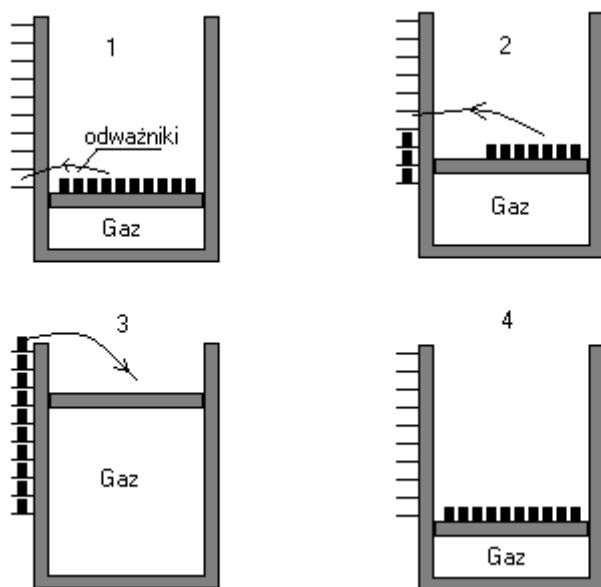
$$\frac{dA}{dt} \ll \frac{\Delta A}{\tau_r}$$

Proces kwazistatyczny jest procesem odwracalnym. Aby proces był odwracalny, żądamy by po powrocie układu ze stanu końcowego do początkowego również otoczenie układu znalazło się z powrotem w stanie początkowym.

Definicja Proces niekwazistatyczny – każdy proces zachodzący ze skończoną szybkością. W stanach pośrednich nie istnieją wartości p i T , które charakteryzowałyby cały układ, w układzie istnieją gradienty ciśnienia i temperatury. Jest to proces nieodwracalny.

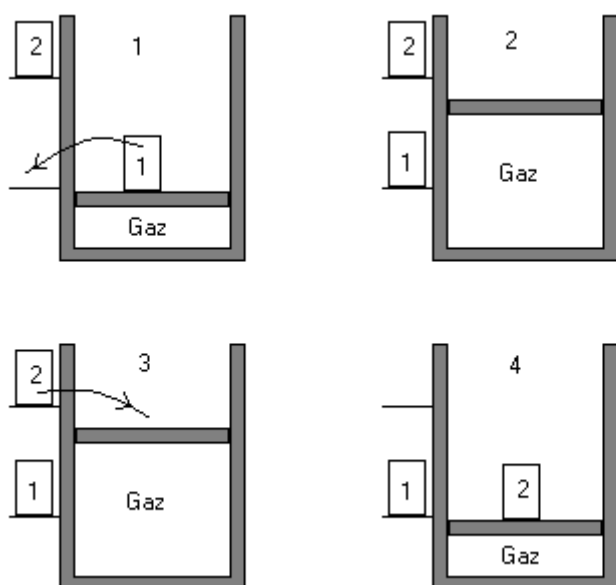


Przykład: proces odwracalny.



Jeżeli odważników jest dużo i są małe ($\Delta m \rightarrow 0$), to proces ten jest odwracalny. Otoczenie układu powróciło do stanu początkowego.

Przykład: proces nieodwracalny.



Otoczenie nie powróciło do stanu początkowego.

przypadek 1 \neq przypadek 4 !