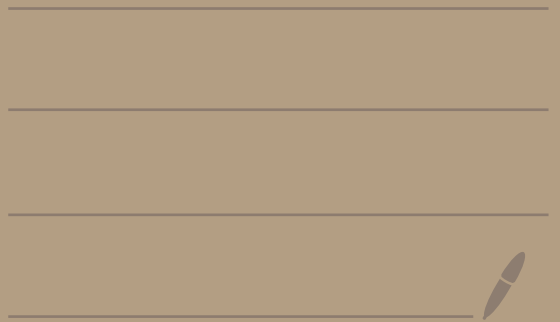


Wykład 1



FIZYKA STATYSTYCZNA A (2023/24)

Wykłady: piątek 08:30 (bez przerw)
sobota 0.03

Literatura: •) K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej.
— " —, Mechanika statystyczna
•) Mehren Kardar, Statistical Physics of particles

Zaliczenie:

-) kolokwium \rightarrow 15 pkt (3. zad.)
-) 3 serie zadań domowych, z których jedno zadanie (nie wykluczyć) \rightarrow 6 pkt (3 \times 2 pkt)
-) egzamin \rightarrow 20 pkt (4. zad.)

Egzamin z wagą 1.5 \Rightarrow $15 + 6 + 30 = 51$ pkt
25,5 pkt na pewno zaliczenie

ustny: dla dystansu (sprawne oceny) lub inne szczególne przypadki

Strona przedmiotu www.fuw.edu.pl/~marchnap
notatki, serie, ...

0. Wstęp

Fizyka statystyczna - dział fizyki zajmujący się opisem układów składających się z dużej liczby cząstelek. W opisie obwołuje się do typowych własności układu - średnich statystycznych. Stąd nazwa.

termodynamika:

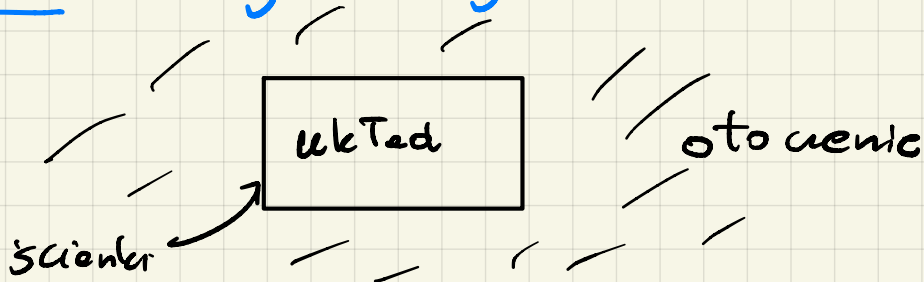
fenomenologiczny opis układów makroskopowych w równowadze termicznej

mechanika statystyczna

stara się wyprowadzić obserwowane własności układów makroskopowych w oparciu o ich strukturę mikroskopową.

1. Zasady termodynamiki

1.1. Układy termodynamiczne (UT)



Źródła charakteryzują sprzężenie układu z otoczeniem:

- izolujące (brak sprzężenia)
- adiabatyczne (wymiana energii jedynie przez pracę)
- diabermiczne (————— // ————— na sposób ciepła)

Wielkość termodynamiczną opisującą jest pojęciem makroskopowym

-) **ekstensywnymi** (pomiar globalny; np. objętość, masa, energia wewn.)
-) **intensywnymi** (pomiar lokalny; np. gęstość, ciśnienie, temperatura)

Na podstawie obserwacji empirycznej \rightarrow zasady termodynamiki.

1.2. Zeroowa zasada termodynamiki (0ZT)

U_{T_A} i U_{T_B} , dwa w równowadze termodynamicznej oraz w równowadze termicznej ze sobą (po adiabatycznym zefektywnościach przostaje w tych samych stanach)

Powższe relacje jest zwrotne i symetryczne.

Przedmiotem tej relacji jest treść (0ZT):

jeśli U_{T_A} jest w stanie równowagi termicznej z U_{T_B} ,
ześ U_{T_B} _____ _____ z U_{T_C} ,
to U_{T_A} _____ _____ z U_{T_C} .

Relacje równoważności \Rightarrow klasy ekwiwalencji \Rightarrow
 \Rightarrow uporzędkowane temperatury empiryczne

1.3. Pierwsza zasada termodynamiki (1ZT)

Obserwacje 1:

Prace mechaniczne wykonane nad układem zamkniętym adiabatycznie zależą wyłącznie od stanu początkowego i końcowego.

Wniosek:

istnienie funkcji stanu zwanej energią wewnętrzną, ozn. U .

Obserwacje 2:

Gdy rozważymy procesy inne niż adiabaticzne, to zmiana energii wewnętrznej nie jest równa samej pracy. Trzeba rozważyć przepływ energii w sposób ciepła.

I zasada termodynamiki:

$$\Delta U_{AB} = U(B) - U(A) = \Delta W(A \rightarrow B) + \Delta Q(A \rightarrow B)$$

Postać różniczkowa:

$$dU = \delta W + \delta Q$$

↑
różniczkowa
funkcji

↓ ↓
zależność od drogi

1.4. Druga zasada termodynamiki

związane z rozwojem maszyn / silników cieplnych

II zasada termodynamiki - sformułowanie Kelvina

Niemożliwy jest proces, którego jedynym efektem jest zamiana całego ciepła w pracę.

Def

Powiemy, że proces termodynamiczny jest **cykliczny** jeśli stan układu powraca do swojego stanu początkowego.

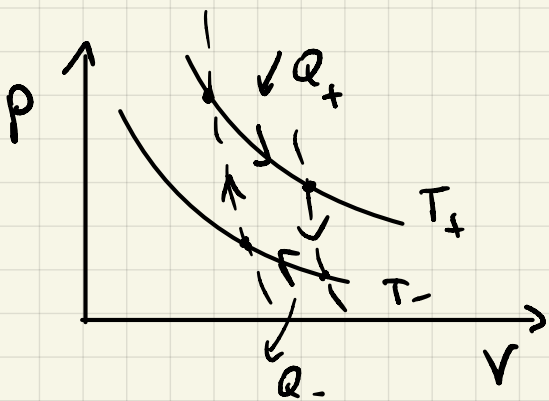
Def

Proces **kwazistatyczny** to proces, który przechodzi przez ciąg stanów równowagi (pojęcie asymptotyczne).

Def

Cyklum Carnota nazywamy kwazistatyczny proces cykliczny w którym wymiana ciepła następuje jedynie przy temperaturach końcowej i początkowej.

Składa się z dwóch przemian izotermicznych i dwóch przemian adiabotycznych:



Fakt: żadne maszyny nie mają sprawności

$$\eta = \frac{W}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} \leq 1 \text{ większej niż silnik Carnota.}$$

Temperatura bezwzględna

Temperaturę bezwzględną Θ zbiornika ciepłego definiujemy tak, aby stosunek bezwzględnych temperatur dwóch zbiorników był dany przez

$$\frac{\Theta_1}{\Theta_2} = 1 - \eta = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Gas doskonały - najprostszym ciałem termodynamicznym, wyidealizowanym ciałem, którym jest gęstym przypadkiem dowolnego gazu o niskiej gęstości i wysokiej temperaturze. Doskonały, bo brakuje oddziaływań, zderzenia sprężyste...

Równanie Clapeyrona

$$pV = nRT$$

p - ciśnienie

V - objętość

n - liczba moli

$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ (stała gazu)

T - temp gazu doskonałego

(dygresja: od 2018 r. jeden mol zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ dośkoś elementów; wreszcie liczba atomów w 12 gramach węgla ^{12}C)

Gas doskonały jako subst w silniku Carnota $\Rightarrow \Theta = T = \frac{pV}{nR}$

1.5. Entropia

Tw. Clausiusa

W dowolnym procesie cyklicznym (obrotowym lub nie) zachodzi:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0, \text{ gdzie } \delta Q \text{ to energia}$$

dostarczona do układu na sposób ciepła w temperaturze T .

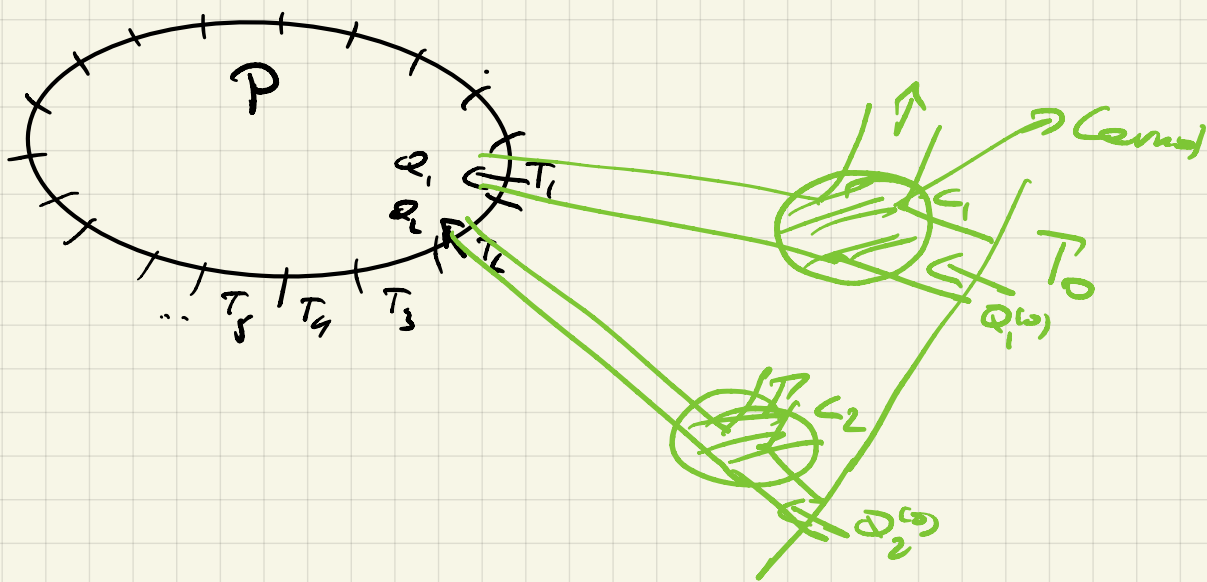
od-

Dzielimy cykl na K wzniesień części. Wtedy każdy fragment będzie w kontakcie ze zbiornikiem ciepłym

o T_i z którego pobiera energię na sposób ciepła Q_i .

Całkowite prace w cyklu wynosi:

$$W = \sum_{i=1}^K Q_i$$



Dotychczas zbiornik o T_0 i silnik Carnota ζ_1, ζ_2, \dots

2 def temp- bezwgl.

$$\frac{Q_i^{(C)}}{Q_i} = \frac{T_0}{T_i}$$

W jednym cyklu, z potraconych procesów $P + C_1 + \dots + C_k$:

•) zbiornik T_i nie odnosi zmiany, bo otrzymuje Q_i i takie samo ciepło oddaje;

•) ciepło strumień ze zbiornika T_0 :

$$Q_{\text{całk}} = \sum_{i=1}^k Q_i^{(c)} = T_0 \sum_{i=1}^k \frac{Q_i}{T_i}$$

•) praca całkowita:

$$W_{\text{całk}} = W + \sum_{i=1}^k (Q_i^{(c)} - Q_i) = \sum_{i=1}^k Q_i^{(c)} = Q_{\text{całk}}$$

Zadaniem, że $Q_{\text{całk}} > 0$. Wtedy całe ciepło będzie

zamienione na pracę \Rightarrow sprzecz z II zas. term.

$$\Rightarrow Q_{\text{całk}} \leq 0 \quad \Rightarrow_{T_0 > 0} \sum_{i=1}^k \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad \stackrel{k \rightarrow 0}{\implies} \oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad \square$$

$$\text{Jako, że cykl odwrócony} \Rightarrow \oint \frac{\delta Q}{T} \geq 0$$

$$\Rightarrow \oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

Wniosek

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \text{ to całkowite zerowe} \Rightarrow \exists S: \quad \delta S = \frac{\delta Q}{T}$$

S - funkcja stanu zwana entropią

$$S(A) - S(B) = \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \quad (\text{wzdłuż procesu odwróconego})$$

