

Termodynamika i fizyka statystyczna

Marek Morawski

16 marca 2024

Spis treści

1	Wstęp	2
2	Część teoretyczna	3
2.1	Wykład 1.	3
2.1.1	Podstawowe pojęcia termodynamiki	3
2.1.2	Zasady termodynamiki	4
2.2	Wykład 5.	4
2.2.1	Aksjomaty Kołmogorowa	4
2.3	Wykład 6.	4
2.3.1	Centralne twierdzenie graniczne	5
2.3.2	Zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa w teorii informacji	5
2.3.3	Kontroler PID	5
2.4	Pokazy	5

1. Wstęp

To są notatki spisane w ramach kursu Termodynamika i fizyka statystyczna R w roku 2024.

in progress

Podziękowania specjalne dla Leona Macha, barona notatkowego.

2. Część teoretyczna

2.1 Wykład 1.

Termodynamika zajmuje się opisem zjawisk w układach makroskopowych, np. elektrony w metalach lub izolatorach, nadprzewodniki, układy nadpłynne (przepływ materii bez żadnego tarcia), magnetyzm, przejścia fazowe.

2.1.1 Podstawowe pojęcia termodynamiki

Termodynamika fenomenologiczna - opisuje równowagowe własności układów makroskopowych oraz wymianę materii i energii między układami. Fenomenologiczna - bo nie wnika w mikroskopowe właściwości cząstek. Układy w termodynamice opisywane są kilkoma parametrami, takimi jak: temperatura, objętość, ciśnienie.

Stan termodynamiczny - ustalone wartości parametrów charakteryzujących stan układu.

6 Równowaga termodynamiczna

- parametry układu stałe w czasie
- nie ma niezerowych gradientów termodynamicznych - gęstość stała w całym układzie
- nie ma przepływów

Zmienne termodynamiczne/parametry stanu

- ekstensywne - proporcjonalne do liczby cząstek np. objętość, masa, entropia
- intensywne - nie zależą od liczby cząstek np. temperatura, ciśnienie

Ile zmiennych termodynamicznych potrzeba, aby opisać stan układu? Zawsze musi być przynajmniej jedna zmienna ekstensywna, żeby móc określić liczbę cząstek.

Równania stanu przykład - gaz idealny (równanie Clapeyrona)

$$PV = nRT = nN_A k_B T$$

P - ciśnienie

V - objętość

n - liczba moli gazu

R - uniwersalna stała gazowa

T - temperatura

N_A - stała Avogadra

k_B - stała Boltzmanna

$$k_B = 1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

Ile zmiennych termodynamicznych potrzeba, aby opisać stan układu? Zawsze musi być przynajmniej jedna zmienna ekstensywna, żeby móc określić liczbę cząstek. W gazie doskonałym zakładamy, że cząsteczki ze sobą nie oddziałują.

Funkcja stanu Dowolna funkcja f , która zależy od zmiennych termodynamicznych, jest nazywana funkcją stanu.

2.1.2 Zasady termodynamiki

Zerowa zasada termodynamiki - relacja równowagi termodynamicznej między układami jest przechodnia. Zerowa zasada termodynamiki jest równoważna istnieniu izoterm.

2.2 Wykład 5.

Do celów tego wykładu będziemy korzystać z klasycznej częstościowej teorii prawdopodobieństwa sformułowanej jawnie przez Laplace'a, lecz znaną jeszcze wcześniej w czasach Pascala. Istnieje również bardziej sformalizowana teoria Kołmogorowa rachunku prawdopodobieństwa.

2.2.1 Aksjomaty Kołmogorowa

Weźmy trójkę (X, F, P) , gdzie X jest przestrzenią próbną, $F \subset P(X)$ i $P : F \rightarrow \mathbb{R}$ jest funkcją spełniającą

2.3 Wykład 6.

Średnia Funkcja $M : \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}$, która spełnia poniższe aksjomaty:

1. ciągła i rosnąca ze względu na każdy argument
2. symetryczna ze względu na permutację argumentów
3. $\forall x \in \mathbb{R}^N \quad M(x, x, x, \dots, x) = x$
4. $M(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_n) = M(m, m, \dots, m, x_{m+1}, \dots, x_n)$, gdzie m jest średnią z x_1, \dots, x_n

Przykłady średnich:

- średnia arytmetyczna
- średnia geometryczna
- średnia harmoniczna
- średnia Höldera

2.3.1 Centralne twierdzenie graniczne

2.3.2 Zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa w teorii informacji

Wiadomość m_k pojawia się z prawdopodobieństwem p_k . Jeśli $p_k = 1$, to nie otrzymaliśmy żadnej nowej informacji. Z kolei jeśli p_k jest małe, to dostaliśmy dużo informacji. Informacja jest traktowana jako miara "zaskoczenia". Wyrażamy ją wzorem:

$$I(m_k) = -\log_2 p_k$$

Średnia informacja

$$I = \langle I(m_k) \rangle$$

Entropia Gibbsa

2.3.3 Kontroler PID

Rosyjski inżynier Nicolas Minorsky zaprojektował automatyczny system sterowania dla amerykańskiej marynarki wojennej - jako pierwszy użył regulatora PID. Kontrolery PID są powszechnie stosowane w technice i urządzeniach w przemyśle, między innymi do kontrolowania temperatury w piecach i kriostatach.

2.4 Pokazy

Termometr Galileusza - przezroczysty zbiornik wypełniony przezroczystą cieczą. Znajdują się w nim pływaki, których masa i objętość są odpowiednio dobrane, aby każdy pływak przy innej temperaturze pozostawał w równowadze hydrostatycznej.