Podstawy Fizyki IV

ćwiczenia #6

(31 marca 2020)

Wstępy teoretyczne do zadań są przedstawione w notatkach do ćwiczeń.

▷ Napięcie powierzchniowe

Zadanie 1

Termodynamiczne własności granicy pomiędzy dwoma fazami są opisywane przez funkcję stanu nazywaną napięciem powierzchniowym σ. Jest ono zdefiniowane w odniesieniu do pracy jaką należy wykonać, aby zwiększyć powierzchnię granicy faz o $\mathrm{d}A$, która wynosi $đW = \sigma \mathrm{d}A$.

a) Rozważając pracę wykonaną przeciw napięciu powierzchniowemu w trakcie przemiany związanej z infintezymalnym zwiększeniem promienia kulistej kropli wody pokaż, że ciśnienie wewnątrz kropli jest większe niż ciśnienie panujące na zewnątrz o $2\sigma/R$, gdzie R to promień kropli. Ile wynosi ciśnienie panujące wewnątrz bańki mydlanej?

b) W wyniku kondensacji pary wodnej na stałej powierzchni pojawiła się kropla wody. W tym przypadku musimy rozważyć trzy napięcia powierzchniowe: σ_{gc} między powietrzem (g) i cieczą (c), σ_{sc} między ciałem stałym (s) i cieczą (c), a także σ_{gs} między powietrzem (g) i ciałem stałym (s). Znajdź kąt kontaktu między wodą, a ciałem stałym (tak zwany *kąt zwilżania*). Jakie warunki muszą być spełnione, aby na powierzchni ciała stałego powstał cienki film wodny (nastąpiło całkowite zwilżanie)?

▷ II zasada termodynamiki

Zadanie 2

Posługując się II zasadą termodynamiki wyprowadź warunki równowagi termicznej, mechanicznej i chemicznej. Rozważyć układ, który składa się z dwóch podukładów o energii wewnętrznej U_i, objętości V_i oraz liczbie moli N_i ($i = 1, 2$), przy czym całkowita liczba moli $N = N_1 + N_2$, objętość $V = V_1 + V_2$ oraz energia wewnętrzna $U = U_1 + U_2$ są ustalone. W stanie początkowym na układ nałożone są odpowiednie więzy uniemożliwiające kontakt podukładów, a w stanie końcowym możliwy jest odpowiednio kontakt termiczny, mechaniczny lub chemiczny. Przedyskutować przypadke tzw. tłoka adiabatycznego.

Zadanie 3

Znając dla gazu doskonałego barometryczne ($pV = NRT$) oraz kalorymetryczne ($U = \frac{3}{2}NRT$) równanie stanu znaleźć równanie podstawowe w reprezentacji entropii $S(U, V, N)$. Przyjąć, że liczba moli w układzie jest ustalona.

Zadanie 4

Korzystając z równania podstawowego w reprezentacji energii wewnętrznej wyprowadź relację Gibbsa-Duhema w reprezentacji energetycznej:

$$\mathrm{d}\mu = -s\mathrm{d}T + v\mathrm{d}p.$$

Zadanie 5

Wyznacz potencjał chemiczny gazu doskonałego, którego barometryczne i kalorymetryczne równanie stanu ma postać:

$$pv = RT, \quad u = \frac{3}{2}RT.$$

Zadanie 6
1 mol gazu doskonałego rozpręża się od objętości początkowej V_1 do objętości końcowej V_2 w ten sposób, że $p = \alpha V$, gdzie α to stała. Znaleźć zależność temperatury od entropii oraz ciepło dostarczane w trakcie tego procesu.

▷ Jakobiany i tożsamości termodynamiczne

Zadanie 7
Wyprowadzić tożsamość:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p.$$

Zadanie 8
Wykazać, że

$$\chi_T(C_b - C_M) = C_b(\chi_T - \chi_S),$$

gdzie $C_A = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_A$ to pojemność cieplna przy stałym A, $\chi_B = \left(\frac{\partial M}{\partial b}\right)_B$ to podatność magnetyczna przy stałym B.

▷ Entropia i procesy nieodwracalne

Zadanie 9
Rozważyć odwracalne, izotermiczne rozprężanie gazu doskonałego w temperaturze T od objętości V_1 do objętości V_2. Obliczyć zmianę entropii gazu w tym procesie, zmianę entropii otoczenia (założyć, że jest to duży zbiornik, którego temperatura jest stała i wynosi T) i pokazać, żę sumaryczna entropia układu gaz-otoczenie nie ulega zmianie. Korzystając z tego wyniku obliczyć zmianę entropii gazu doskonałego podczas nieodwracalnego rozprężania do próżni (też od V_1 do V_2 przy temperaturze T). Pokazać, że w tym przypadku sumaryczna entropia układu gaz-otoczenie wzrosła.

mgr Piotr Zdybel
`piotr.zdybel@fuw.edu.pl`