

## Zadania domowe z Podstaw Fizyki IV

seria #3

(23 marca 2020)

Rozwiązanie jednego z tych zadań będzie zbierane we wtorek 31.03.2020. Powodzenia!

### Zadanie 1

W naczyniu znajduje się jednoatomowy gaz doskonały złożony z  $N$  cząsteczek o masach  $m$ . Rozkład prędkości cząsteczek wynosi  $f(v)$ . Gaz ten ulega efuzji przez bardzo małą okrągłą dziurkę o powierzchni  $A$  w ścianie zbiornika o objętości  $V$ . Cząsteczki wydostające się ze zbiornika są następnie kolimowane poprzez przejście przez mały okrągły otwór o promieniu  $a$  znajdujący się w ekranie odległym o  $d$  od pierwszego z otworów. Pokaż, że liczba cząsteczek przedostających się w jednostce czasu przez otwór kolimatora wynosi

$$\frac{1}{4} \frac{N}{V} A \langle v \rangle \left( \frac{a}{d} \right)^2,$$

gdzie  $\langle v \rangle = \int_0^\infty v f(v) dv$  jest średnią prędkością cząsteczek. Przyjmij, że  $d \gg a$  oraz  $d^2 \gg A$ .

*Uwaga:* Kątowy rozkład cząsteczek wydostających się przez pierwszą z dziurek nie jest jednorodny.

### Zadanie 2

Równanie stanu Redlicha–Kwonga jest dane równaniem:

$$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{\sqrt{T}v(v + b)},$$

gdzie  $v = V/N$  jest objętością molową. Wyznaczyć parametry  $a$  i  $b$  posługując się wartościami parametrów krytycznych tego gazu i znaleźć ich wartości dla wody, przy czym wartości parametrów krytycznych dla wody wynoszą  $T_k = 647.096$  K,  $p_k = 22.064$  MPa oraz  $v_k = 55.9$  cm<sup>3</sup>/mol. Wyznaczyć także temperaturę Boyle'a dla tego gazu i skomentować wynik.

*Wskazówka:* Wygodnie jest wykorzystać parametryzację:  $b = b'v_k$  oraz  $v_k = Z_k RT_k / p_k$ .

### Zadanie 3

Z doświadczenia wyznaczono następujące związki:

$$\left( \frac{\partial p}{\partial V} \right)_T = -NRT f(V), \quad \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{NR}{V} - 2NRTa,$$

gdzie  $N$  to liczba moli,  $a$  to znana stała, natomiast  $f(V)$  pewną nieznaną funkcją objętości. Na podstawie powyższych danych znaleźć ogólną postać równania stanu tego gazu.

### Zadanie 4

Gaz doskonały poddano przemianie, w której spełniona była następująca zależność ciśnienia i temperatury:

$$p(T) = \frac{p_0}{1 + \frac{T_0}{T}},$$

gdzie  $p_0$  i  $T_0$  są stałymi. Wyznacz ciepło właściwe oraz pracę wykonaną w tej przemianie, gdy gaz ogrzewany jest od temperatury  $T_1$  do  $T_2$ .

### Zadanie 5

Znaleźć różnicę  $c_p - c_V$  dla gazu opisywanego równaniem stanu Wukalowicza-Nowikowa:

$$pV = RT \left( 1 - \frac{pC}{T^{\frac{5+2m}{2}}} \right),$$

gdzie  $C$  i  $m$  są stałymi. Przyjmujemy, że liczba moli gazu jest ustalona (niech  $N = 1$  mol). Równanie to opisuje idealnie zasocjowany gaz, w którym występują układy utworzone wyłącznie z dwóch molekuł. Stała  $m$  ma sens liczby stopni swobody utraconych na skutek połączenia się dwóch molekuł w jeden układ.