

Zadania domowe do wykładu  
„Termodynamika fenomenologiczna”  
dla III roku. Rok akademicki 2007/2008.  
Seria IX i X

**Zadanie 1.** Udowodnić tożsamości

$$\left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right)_p, \quad \left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_V.$$

**Zadanie 2.** Z doświadczenia wynika, że przy adiabatycznym rozciąganiu gumy następuje wzrost jej temperatury. Wykazać na tej podstawie, że współczynnik rozszerzalności termicznej gumy  $\left(\frac{\partial L}{\partial T}\right)_I$  jest ujemny ( $L$  jest długością gumy, a  $I$  napięciem gumy), tzn. przy podwyższaniu temperatury guma będzie się kurczyć.

**Zadanie 3.** Wyznaczyć różnicę  $C_{E,V} - C_{P,V}$  dla jednorodnego, izotropowego dielektryka, znając jego równanie stanu:

$$P = \varepsilon_0 \chi(T) E.$$

**Zadanie 4.** Czy możliwa jest sytuacja, by ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu równało się ciepłu właściwemu przy stałej objętości

$$c_p = c_V ?$$

Jeśli tak, to podać przykład układu, dla którego powyższy związek zachodzi.

**Zadanie 5.** W temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$  gęstość wody jest maksymalna, tzn.

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p > 0$$

gdy  $T > 277\text{K}$ , a

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p < 0$$

gdy  $T < 277\text{K}$ . Uwzględniając tożsamość Maxwella

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T$$

stwierdzamy, że

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T < 0$$

gdy  $T > 277\text{K}$  i

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T > 0$$

gdy  $T < 277\text{K}$ . Oznacza to, że w czasie izotermicznego rozprężania wody w temperaturze większej niż  $4^{\circ}\text{C}$  i w czasie izotermicznego sprężania wody poniżej  $4^{\circ}\text{C}$  pobierane jest ciepło. Jeśli połączymy oba te procesy adiabatami, to otrzymamy cykl Carnota, w którym całe ciepło zamieniane jest na pracę. Jest to sprzeczne z drugą zasadą termodynamiki. Wyjaśnić, w którym miejscu popełniany jest błąd w rozumowaniu.

**Zadanie 6.** Gaz fotonowy scharakteryzowany jest przez równania postaci

$$U = Vu(T) , \quad p = \frac{1}{3}u(T) .$$

Korzystając z tożsamości Maxwella wyznaczyć postać  $u(T)$ .

Zadania, każde rozwiązane na osobnej kartce, podpisane nazwiskami: własnymi i prowadzącego ćwiczenia, proszę przynieść na wykład dnia **20 grudnia**.

przygotował Filip Dutka