

Elementy fizyki statystycznej

Ćw. nr 1. Termodynamika klasyczna, gaz doskonały, entropia

1. Oblicz pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas izotermicznego sprężania gazu doskonałego. Temperatura gazu jest równa T , jego początkowa objętość to V_1 , końcowa V_2 , liczba cząstek gazu N .

Odpowiedź: $W = NkT \ln(V_1/V_2)$.

2. Wyprowadź równanie adiabaty klasycznego gazu doskonałego. Skorzystaj z pierwszej zasady termodynamiki, oraz ze wzoru na energię gazu $E = \frac{3}{2}pV$ i elementarną pracę w procesie quasistatycznym $dW = -pdV$.

Odpowiedź: $pV^{5/3} = \text{const.}$

3. Oblicz pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas adiabatycznego sprężania gazu doskonałego. Początkowe parametry gazu: p_1, V_1 , zaś końcowe p_2, V_2 , liczba cząstek gazu N .

Odpowiedź: $W = \frac{3}{2}Nk(T_2 - T_1)$, gdzie $T_1 = p_1 V_1 (Nk)^{-1}$ jest początkową temperaturą gazu, a T_2 końcową.

4. Wyznacz zmianę entropii gazu doskonałego podczas swobodnego (tj. nieodwracalnego) adiabatycznego rozprężania gazu. Początkowe parametry gazu wynoszą: T_1, V_1, p_1 , a końcowe: T_2, V_2, p_2 . Ile entropii powstało w wyniku *produkcji entropii*.

Wskazówka: Entropia gazu doskonałego jest równa: $S = Nk_B \ln \left(p^{\frac{3}{2}} V^{\frac{5}{2}} \right) + \text{const}$ (zależność tę wyprowadzaliśmy na wykładzie).

Odpowiedź: $\Delta S = \frac{3}{2}Nk_B \ln(T_2/T_1) + Nk_B \ln(V_2/V_1)$, $\Delta S = \Delta S_i$, tzn. entropia układu zmieniła się na skutek produkcji entropii.

5. Rozważ proces wyrównywania się temperatur między układem (gazem doskonałym) i otoczeniem, wynikający z nieodwracalnego przepływu ciepła między nimi. Wyznacz zmianę entropii ΔS gazu. Ile wynosi zmiana entropii wynikająca z przepływu ciepła ΔS_e , a ile z "produkcji entropii" ΔS_i . Wykaż, że ΔS_i jest zawsze nieujemna.

Założ, że początkowa temperatura gazu wynosi T_0 , a temperatura otoczenia - które jest znacznie większe od układu - T_r . Przyjmij też, że podczas badanego procesu liczba cząstek gazu N oraz jego objętość V pozostają stałe.

Wskazówka: Ponieważ otoczenie jest znacznie większe od układu oznacza to, że jego temperaturę można traktować jak stałą $T_r = \text{const.}$ Entropia gazu jest równa: $S(T, V, N) = Nk \ln \left(T^{\frac{3}{2}} V \right) + \text{const.}$

Odpowiedź: $\Delta S = S(T_r, V, N) - S(T_0, V, N) = \frac{3}{2}Nk \ln \left(\frac{T_r}{T_0} \right)$,

$\Delta S_e = \Delta Q/T_r$, gdzie $\Delta Q = \Delta E = \frac{3}{2}Nk_B(T_r - T_0)$,

$\Delta S_i = \dots$