

ZADANIA Z PODSTAW TERMODYNAМИKI (studia niestacjonarne)

LISTA NR 4

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

1) Entropia

$$S = ms \quad (1)$$

$$S = \frac{Q}{T} \quad (2)$$

gdzie

m masa, kg

s entropia właściwa, J/(kg K)

Q ciepło, J

T, temperatura bezwzględna, K

2) Entropia właściwa

$$s - s_0 = c_v \ln \frac{T}{T_0} + R \ln \frac{v}{v_0} \quad (3)$$

$$s - s_0 = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{p}{p_0} \quad (4)$$

$$s - s_0 = c_v \ln \frac{p}{p_0} + c_p \ln \frac{v}{v_0} \quad (5)$$

gdzie indeksem „0” oznaczono parametry odniesienia.

3) Suma przyrostów entropii

$$\Sigma \Delta S = \Delta S_u + S_w - S_d + \Sigma \Delta S_{zr} \quad (6)$$

gdzie

ΔS_u przyrost entropii układu, J/K

S_w, S_d entropia ciał doprowadzonych i wyprowadzonych z układu, J/K

$\Sigma \Delta S_{zr}$ suma przyrostów entropii zewnętrznych źródeł ciepła będących w kontakcie z układem, J/K.

ZADANIA

1. Obliczyć: a) wartość entropii dla 100 kg aluminium znajdującego się w temperaturze $T_1 = 573$ K, jeżeli dla $T_0 = 273$ K $S(T) = 0$. Średnie ciepło właściwe aluminium $c_p = 0,955$ kJ/(kg K), b) entropię 65 m³_n metanu traktowanego jak gaz doskonały a znajdującego się w stanie określonym przez $p_1 = 20$ MPa i $T_1 = 350$ K. Przyjąć, że dla $T_0 = 20$ K i $p_0 = 0,1$ MPa $S = 0$. **Odp: a) S = 70,9 kJ/K, b) S = 148,53 kJ/K.**

2. Obliczyć przyrost entropii 1 kg argonu traktowanego jak gaz doskonały podczas realizacji przemiany izochorycznej, jeżeli wiadomo, że temperatury gazu wynoszą $T_1 = 247$ K, $T_2 = 895$ K. **Odp: $\Delta s_{1-2} = 402,3$ kJ/(kg K).**

3. Gaz ziemny (traktowany jako metan CH_4) przesyłany jest z kopalni do odbiorcy rurociągiem, w którym $p_1 = 1,6 \text{ MPa}$. By można było skierować go do urządzeń energetycznych należy obniżyć jego ciśnienie do $p_2 = 0,105 \text{ MPa}$. Proces dławienia zachodzi na stacjach redukcyjnych. Obliczyć przyrost entropii 1000 m^3_n metanu po przejściu przez stację redukcyjną. **Odp: $\Delta S = 1011,05 \text{ kJ/K}$.**

4. W butli o objętości $V = 0,005 \text{ m}^3$ znajduje się tlen o parametrach $p_1 = 1,5 \text{ MPa}$, $T_1 = 300 \text{ K}$. Butla podłączona jest do zbiornika, w którym panuje próżnia. Określić przyrost entropii gazu, gdy tlen poprzez zawór zostanie wpuszczony do zbiornika. Objętość końcowa zajmowana przez tlen $V_2 = 1,5 \text{ m}^3$. **Odp: $\Delta S = 146,43 \text{ J/K}$.**

5. Ciało realizuje przemianę π , której obrazem w układzie T-S jest krzywa opisana równaniem $T = 0,75 e^{1,2S}$ gdzie $[S] = \text{J/K}$. Obliczyć ciepło przemiany, gdy ciało zostało ogrzane od $T_1 = 300 \text{ K}$ do $T_2 = 895 \text{ K}$. **Odp: $Q_{1-2} = 583,1 \text{ J}$.**

6. W zbiorniku o objętości $V = 5 \text{ m}^3$ znajduje się tlen o parametrach początkowych $p_1 = 0,8 \text{ MPa}$, $T_1 = 800 \text{ K}$. Wskutek przepływu ciepła do otoczenia o temperaturze $T_{ot} = 300 \text{ K}$ temperatura gazu w zbiorniku spadła do $T_2 = 400 \text{ K}$. Obliczyć sumę π przyrostów entropii wszystkich ciał uczestniczących w tym zjawisku. Tlen traktować jak gaz doskonały. **Odp: $\pi = 8,01 \text{ kJ/K}$.**

7. Powietrze jest sprężane przez sprężarkę o mocy 12 kW od ciśnienia p_1 do p_2 . Temperatura powietrza utrzymywana jest na stałym poziomie $25 \text{ }^\circ\text{C}$ za pomocą chłodzenia płaszczem wodnym o temperaturze $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Określ zmianę entropii powietrza. **Odp: $\Delta s = -0,0403 \text{ kW/K}$.**

8. Podczas izotermicznego procesu przekazywania ciepła w cyklu Carnota, 900 kJ ciepła jest przekazane do czynnika roboczego ze źródła o temperaturze $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Określ: 1) zmianę entropii czynnika roboczego, 2) zmianę entropii źródła, 3) całkowitą zmianę entropii układu. **Odp: 1) $1,337 \text{ kJ/K}$, 2) $-1,337 \text{ kJ/K}$, 3) 0 kJ/K .**

9. Zaizolowany zbiornik o objętości $1,5 \text{ m}^3$ zawiera $2,7 \text{ kg}$ CO_2 pod ciśnieniem 100 kPa . Następnie wykonana jest praca nad układem aż ciśnienie wzrośnie do 150 kPa . Określ zmianę entropii CO_2 . Założyć, że ciepła właściwe c_p i c_v są stałe. **Odp: $0,719 \text{ kJ/K}$.**

10. W cylindrze zamkniętym tłokiem znajduje się $1,2 \text{ kg}$ azotu pod ciśnieniem 120 kPa w temperaturze $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Następnie gaz jest sprężany w wolnym politropowym procesie podczas, którego $pV^{1/3} = \text{const}$. Proces kończy się w chwili gdy objętość początkowa zostanie zmniejszona o połowę. Określ zmianę entropii azotu. **Odp: $-0,0617 \text{ kJ/K}$.**

11. Powietrze jest sprężane przez sprężarkę o mocy 5 kW od ciśnienia 100 kPa temperatury $17 \text{ }^\circ\text{C}$ do 600 kPa i $167 \text{ }^\circ\text{C}$. Wydajność masowa sprężarki wynosi $1,6 \text{ kg/min}$. Podczas procesu sprężania następuje przekazanie ciepła do otoczenia o temperaturze $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Określić zmianę entropii powietrza. **Odp: $-0,0025 \text{ kW/K}$.**