

X. Termodynamika

X.1. Jaką pracę W należy wykonać aby sprężyć n moli gazu doskonałego w stałej temperaturze T od objętości V_0 do objętości $V_k = 0.9 V_0$? Wyznaczyć różnicę ciśnień $p_k - p_0$ wywołaną przez sprężanie.

X.2. W przemianie adiabatycznej gazu doskonałego $pV^\gamma = \text{const}$, $\gamma > 1$. Wyznaczyć pracę W_γ wykonaną nad n moli gazu doskonałego przy adiabatycznym sprężaniu od objętości V_0 do objętości $V_k = 0.5 V_0$. Ciśnienie początkowe wynosiło p_0 . Porównać wynik z pracą W_1 wykonaną w analogicznej przemianie izotermicznej.

X.3. Silnik cieplny pracuje w cyklu zamkniętym, którego wykres na płaszczyźnie $[V, p]$ jest prostokątem tzn. składa się z dwóch przemian izobarycznych i dwóch izochorycznych. Wierzchołki prostokąta $ABCD$ są następujące: $A = [V_0, p_0]$, $B = [V_1, p_0]$, $C = [V_1, p_1]$, $D = [V_0, p_1]$, przy czym $p_0 > p_1$, $V_0 < V_1$. Wyznaczyć pracę wykonywaną przez silnik w

jednym cyklu $W = +W_{AB} - W_{CD}$, ciepło pobrane $Q_+ = +Q_{AB} + Q_{DA}$ i ciepło oddane $Q_- = +Q_{BC} + Q_{CD}$. Wylczyć sprawność silnika $\eta = W/Q_+$. Pokazać, że $\eta < 1 - p_1/p_0$.

X.4. Wyznaczyć zmianę entropii ΔS w przemianie gazu doskonałego, jeśli gaz zmienił swoją temperaturę z T_1 na T_2 i objętość z V_1 na V_2 . Otrzymaną formułę zastosować do przemiany a) izochorycznej b) izobarycznej c) izotermicznej d) adiabatycznej.

X.5. Obliczyć zmianę entropii ΔS dla cyklu Carnota.

X.6. Silnik cieplny pracuje w cyklu zamkniętym, który na płaszczyźnie $[V, p]$ reprezentuje trójkąt o wierzchołkach $[V_i, p_i]$, $i = 1, 2, 3$, przy czym temperatury w wierzchołkach są równe tzn. $T_1 = T_2 = T_3$ a ilość gazu w silniku wynosi n moli. Wykonać rysunek. Należy:

a) sprawdzić, że każda temperatura T osiągnięta podczas cyklu spełnia $T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$ b) wyznaczyć temperatury T_{\min} i T_{\max} c) wykazać, że temperatura T_{\max} osiągnięta jest tylko raz w ciągu cyklu d) znaleźć ciśnienie p_* i objętość V_* takie że $p_* V_* = nRT_{\max}$ e) obliczyć sprawność η tego silnika.

X.7. Na podstawie rozkładu Maxwella prędkości cząsteczek w gazie doskonałym wyznacz a) prędkość najbardziej prawdopodobną v_{pr} b) średni kwadrat prędkości $(v^2)_{sr}$ c) prędkość średnią $(v)_{sr}$ d) średnią odwrotność prędkości $(v^{-1})_{sr}$. Oblicz różnice: $(v^2)_{sr} - (v)_{sr}^2$ i $(v)_{sr} - (v^{-1})_{sr}^{-1}$. Rozkład Maxwella prędkości w gazie doskonałym jest dany jako

$$F(v) = (a/\pi)^{3/2} \exp(-av^2) 4\pi v^2, \text{ gdzie } a = \frac{m_0}{2kT}.$$

X.8. W temperaturze T znajduje się n moli gazu doskonałego o ciepłe molowym $C_p = 3,5 R$. Wyznaczyć a) ciepło molowe C_V b) ilość stopni swobody i cząsteczki gazu c) wykładnik γ przemiany adiabatycznej d) średnią energię E_{sr} jednej cząsteczki e) energię wewnętrzną gazu U . Stała Boltzmanna jest k .

X.9. Silnik cieplny Stirlinga pracuje w cyklu zamkniętym, który tworzą dwie izotermy i dwie izochory. Należy obliczyć pracę W wykonaną w jednym cyklu, ciepło oddane Q_- , ciepło pobrane Q_+ i sprawność silnika η . Silnik pracuje w zakresie temperatur $T_1 > T_2$ i objętości $V_1 < V_2$. Porównać sprawność η ze sprawnością silnika Carnota η_C działającego w tym samym zakresie temperatur.

X.10. Gaz idealny ulega przemianie, która jest liniowym rozprężaniem tzn. przemiana jest reprezentowana na płaszczyźnie $[V, p]$ odcinkiem łączącym punkt początkowy $[V_0, p_0]$ z punktem końcowym $[V_k, p_k] = [2V_0, p_0/2]$. Wyznaczyć temperaturę minimalną T_{MIN} , temperaturę średnią T_{SR} , temperaturę maksymalną T_{MAX} .

X.11. Dla gazu rzeczywistego podlegającego równaniu Van der Waalsa $(p + \frac{n^2 a}{V^2})(V - nb) = nRT$

rozpatrujemy zmianę entropii ΔS w cyklu zamkniętym. Należy pokazać, że w cyklu zamkniętym a) dla $a = 0$ $\Delta S = 0$ b) dla $b = 0$ zmiana entropii $\Delta S > 0$