

Termodynamika (powtórka) – zadania do samodzielnego rozwiązania (pochodzą z Olimpiad o Diamentowy Indeks AGH)

2007/8

1. Pęcherzyk powietrza wynurzając się z dna jeziora zwiększa swoją objętość 3 razy. Oblicz głębokość jeziora, jeżeli temperatura wody nie zależy od głębokości. Ciśnienie atmosferyczne wynosi 1000 hPa.
2. Z dwudziestolitrowego zbiornika z tlenem o stałej objętości i ciśnieniu początkowym 10^7 Pa pobrano 0,5 kg gazu. Korzystając z równania Clapeyrona dla n moli gazu doskonałego: $pV = nRT$, oblicz początkową i końcową masę gazu. Oblicz końcowe ciśnienie gazu w zbiorniku. Temperatura gazu nie uległa zmianie i wynosiła 27°C . Dla tlenu $\mu = 32$ g/mol. Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).
3. Podczas rozprężania izobarycznego gazu doskonałego do układu dostarczono $Q = 700$ J ciepła. W czasie tego procesu gaz wykonał pracę $W_g = 200$ J. Wartość stałej gazowej w układzie SI wynosi $R = 8,31$.
 - a) Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu.
 - b) Na podstawie podanych wartości określ z ilu atomów zbudowane są cząsteczki tego gazu.
 - c) Ile wynoszą molowe ciepła właściwe tego gazu, odpowiednio przy stałym ciśnieniu i stałej objętości?

2008/9

4. Szczelne cylindryczne naczynie jest rozdzielone tłokiem na dwie komory: lewą i prawą. Tłok przewodzi ciepło i porusza się bez tarcia w kierunku poziomym. Komory wypełniono równocześnie dwoma różnymi gazami pod ciśnieniem atmosferycznym. Lewą komorę wypełniono tlenem ($\mu_1 = 32$ g/mol) o temperaturze $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Z kolei prawą komorę wypełniono azotem ($\mu_2 = 28$ g/mol) o temperaturze $t_2 = 57^\circ\text{C}$. Po wypełnieniu gazami początkowe objętości obydwu komór były dokładnie takie same.
 - a) Oblicz stosunek mas tlenu i azotu wypełniających komory w naczyniu.
 - b) W miarę upływu czasu temperatury gazów w komorach wyrównują się, co powoduje odpowiednie przesunięcie tłoka w cylindrze. W jakim stosunku będą objętości gazu po całkowitym wyrównaniu temperatur?
5. W termosie znajduje się $M = 1$ kg wody o temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Jaką najmniejszą liczbę kostek lodu, o temperaturze $t_2 = -5^\circ\text{C}$ i masie $m = 10$ g każda, należy wrzucić do wody, aby obniżyć jej temperaturę poniżej $t_k = 10^\circ\text{C}$? Dla lodu stosunek ciepła topnienia (L) do ciepła właściwego (c_L) wynosi: $L/c_L = 159$ K. Ciepło właściwe wody jest dwa razy większe niż lodu ($c_w = 2c_L$).

2009/10

6. W naczyniu zamkniętym od góry ruchomym tłokiem znajduje się $m = 100$ g tlenu. Oblicz przyrost temperatury tego gazu po pobraniu przez niego ciepła $Q = 1$ kJ. Do obliczeń wykorzystaj wartości masy molowej tlenu ($\mu_1 = 32$ g/mol) oraz stałej gazowej $R = 8,31$ J/(mol·K). Tarcie tłoka o ściany naczynia można pominąć. Ile wynosiłby odpowiedni przyrost temperatury, gdyby zamiast tlenu użyć wodoru ($\mu_2 = 2$ g/mol)?
7. W cylindrycznym naczyniu zamkniętym od góry tłokiem o powierzchni $S = 10$ cm² i masie $M = 10$ kg, znajduje się $m = 8$ g tlenu. Ile wynosi wyrażona w litrach objętość gazu w naczyniu, jeżeli układ umieścimy w windzie: (a) stojącej, (b) poruszającej się w dół z przyspieszeniem $g/2$ lub (c) poruszającej się w górę z przyspieszeniem $g/2$? Ciśnienie atmosferyczne wynosi $p_0 = 10^5$ Pa. Temperatura gazu jest stała i wynosi $t = 27^\circ\text{C}$.
Dane są wartości: $g = 10$ m/s², $R = 8,31$ J/(mol·K) oraz dla tlenu $\mu = 32$ g/mol.
8. Pewna ilość azotu (azot jest traktowany jako gaz doskonały o cząsteczkach dwuatomowych, dla którego stosunek ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu i objętości wynosi $\kappa = 1,4$) została ogrzana przy stałym ciśnieniu tak, że jego objętość wzrosła dwukrotnie. Ile razy wzrosłoby ciśnienie, gdyby ten sam gaz (o tych samych parametrach początkowych) został ogrzany w warunkach stałej objętości taką samą ilością ciepła jak poprzednio?

2010/11

9. Silnik, którego elementem roboczym jest dwuatomowy gaz doskonały, pracuje w cyklu składającym się z dwóch izochor i dwóch izobar. W trakcie pracy silnika maksymalne wartości ciśnienia i objętości są dwa razy większe niż ich wartości minimalne. Oblicz sprawność tego silnika.
10. W zbiorniku znajdują się $n = 2$ mole gazowego azotu o temperaturze $T_1 = 27^\circ\text{C}$. W pierwszym etapie gaz ten ulega przemianom adiabatycznym (tj. bez wymiany ciepła), w wyniku której ciśnienie gazu wrasta 2 razy.

Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu w trakcie tej przemiany. Oblicz ile razy zmaleje objętość gazu, w stosunku do objętości początkowej, po izobarycznym powrocie gazu w drugim etapie do temperatury T_1 . Dla azotu: $\mu_a = 28$ g/mol oraz $\kappa \equiv c_p/c_v = 1,4$

11. Rozchodzenie się fali akustycznej w gazie doskonałym opisujemy korzystając z przemiany adiabatycznej spełniającej równanie: $pV^\kappa = \text{const}$, gdzie: p – ciśnienie, V – objętość, oraz κ jest stosunkiem ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu, c_p , do ciepła właściwego przy stałej objętości, c_v . Obliczony dla tej przemiany moduł ściśliwości, β , spełnia równanie: $\beta = \kappa p$. Szybkość rozchodzenia się fali akustycznej w gazie, u , spełnia zależność: $u^2 = \beta/\rho$, gdzie ρ jest gęstością masy gazu. Oblicz stosunek szybkości dźwięku w czystym wodorze ($\mu_w = 2$ g/mol) do szybkości dźwięku w czystym tlenie ($\mu_t = 32$ g/mol). Przyjmij, że obydwa gazy spełniają równanie stanu gazu doskonałego, a ich temperatury są takie same. Uwaga: parametr κ dla wszystkich gazów doskonałych, których cząsteczki są dwuatomowe jest jednakowy i wynosi 1,4.

2011/12

12. Oblicz sprawność silnika, którego cykl składa się z dwóch izobar i dwóch adiabat, a gazem roboczym są dwa mole azotu. W tym cyklu, podczas adiabatycznego sprężania gazu, jego temperatura wzrasta od $T_1 = 300$ K do $T_2 = 500$ K. Oblicz najwyższą temperaturę, jaką osiąga gaz podczas pracy silnika, jeżeli w czasie każdego cyklu pobiera on ciepło $Q = 5,82$ kJ. Wskazówka: Przemiana adiabatyczna charakteryzuje się brakiem wymiany ciepła z otoczeniem i opisywana jest równaniem $pV^\kappa = \text{const}$, gdzie κ jest stosunkiem ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego przy stałej objętości.
13. Podczas izobarycznego ($p = 10^5$ Pa) rozprężania gazu doskonałego jego objętość rośnie o $\Delta V = 5$ dm³. Oblicz ciepło pobrane przez gaz w tej przemianie, jeżeli gazem roboczym jest azot (N₂).
14. Pewien gaz doskonały poddano przemianie adiabatycznej i stwierdzono, że iloczyn objętości i trzeciej potęgi temperatury bezwzględnej jest wielkością stałą (tj.: $V \cdot T^3 = \text{const}$). Oblicz ciepła molowe (przy stałej objętości i przy stałym ciśnieniu) tego gazu. Ile atomów (jeden, dwa lub więcej) liczy cząsteczka użytego gazu? Uwaga: równanie stanu dla przemiany adiabatycznej ma postać: $p \cdot V^\kappa = \text{const}$, gdzie współczynnik κ wyraża stosunek ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu, do ciepła właściwego przy stałej objętości. Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).

2012/13

15. Balon na ogrzane powietrze ma kształt kuli o promieniu $R=8$ m. Masa powłoki balonu wraz z koszem i podgrzewaczem (palnik i butla z gazem) wynosi $M=200$ kg. Do jakiej temperatury należy podgrzać powietrze, aby balon wzniósł się do góry z czterema członkami załogi o łącznej masie $m=300$ kg. Załóż, że powietrze jest mieszaniną azotu ($\mu_a=28$ g/mol) i tlenu ($\mu_t=32$ g/mol) o stosunku wagowym 4:1 i może być traktowane jako gaz doskonały. Objętość molowa gazu w warunkach normalnych (T_0, p_0) wynosi 22,4 dm³/mol. Temperatura otoczenia wynosi 7°C. Ciśnienie powietrza jest stałe i wynosi p_0 .
16. W szczelnie zamkniętej butli znajdują się dwa mole azotu (N₂) oraz mała grzałka elektryczna o mocy $P = 5$ W, która służy do podgrzewania gazu. Po rozpoczęciu grzania, zauważono, że temperatura gazu rośnie z szybkością $\alpha = 3$ K/min. Oblicz jaką część dostarczanego ciepła idzie na podgrzanie gazu. Stała gazowa w układzie SI ma wartość liczbową równą $R = 8,31$.
17. Dwa mole gazu doskonałego, którym jest azot N₂, o temperaturze początkowej równej $T_0 = 27^\circ\text{C}$ w pierwszym etapie zostały izobarycznie ściśnięte do połowy swojej objętości. Z kolei w drugim etapie gaz podlega przemianie izochorycznej, w trakcie której ciśnienie gazu rośnie dwukrotnie. Oblicz ciepło pobrane przez gaz oraz pracę wykonaną nad gazem w kolejnych przemianach. Ile wynoszą: zmiana energii wewnętrznej, ciepło i praca po obu przemianach gazu. Przedstaw przemiany na wykresie (V, p). Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).