

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 $p_0 = 105$ Pa.

Temperatura gazu jest stała i wynosi $t = 27^\circ\text{C}$. Dane są wartości: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ oraz dla tlenu $\mu = 32 \text{ g/mol}$.

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: $\mu_a = 28 \text{ g/mol}$ 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 ($\mu_w = 2 \text{ g/mol}$) do szybkości dźwięku w czystym tlenie ($\mu_t = 32 \text{ g/mol}$). 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 $T_1 = 300 \text{ K}$ do $T_2 = 500 \text{ K}$. Oblicz najwyższą temperaturę, jaką osiąga gaz podczas pracy silnika, jeżeli w czasie każdego cyklu pobiera on ciepło $Q = 5,82 \text{ kJ}$. *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 ($p = 10^5 \text{ Pa}$) rozprężania gazu doskonałego jego objętość rośnie o $\Delta V = 5 \text{ dm}^3$. Oblicz ciepło pobrane przez gaz w tej przemianie, jeżeli gazem roboczym jest azot (N_2).
14. Pewien gaz doskonały poddano przemianom adiabatycznym 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 $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

2012/13

15. Balon na ogrzane powietrze ma kształt kuli o promieniu $R=8 \text{ m}$. Masa powłoki balonu wraz z koszem i podgrzewaczem (palnik i butla z gazem) wynosi $M=200 \text{ kg}$. 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 (N_2) 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 jaka 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 N_2 , 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).

2013/14

18. W środku zamkniętej poziomej szklanej rurki o długości $l=1$ m wypełnionej gazowym azotem znajduje się korek z ciekłej rtęci o długości $a=10$ cm. Rtęć rozdziela gaz na dwie równe porcje. Oszacuj, korzystając z komputera i obliczeń numerycznych, o ile przesunie się korek z rtęci po ustawieniu rurki pionowo. Rozważ dwie chwile czasowe: zaraz po odwróceniu rurki do pozycji pionowej oraz po pewnym czasie potrzebnym do wyrównania temperatury gazu z otoczeniem. Temperatura otoczenia wynosi 27°C , ciśnienie początkowe gazu 10^5 Pa. Gęstość rtęci wynosi $\rho=13,6$ g/cm³.
19. Mamy do dyspozycji dwa mole gazowego azotu (N_2) o temperaturze 27°C . W trakcie izochorycznego ogrzewania tego gazu doskonałego do układu dostarczono 207 J ciepła. Do jakiej temperatury ogrzał się gaz po tej przemianie? Następnie gaz poddano izobarycznemu sprężaniu doprowadzając go do temperatury początkowej, tj. 27°C . Jaka praca została wykonana nad gazem w przemianie izobarycznej? Ile ciepła oddał gaz w tej przemianie? O ile zmieniła się energia wewnętrzna gazu po zajściu obu przemian? Zrób stosowny wykres zależności ciśnienia od objętości i zaznacz na nim rozpatrywane przemiany. Stała gazowa, $R = 8,3$ J/(mol K).
20. Początkowe ciśnienie gazu doskonałego wynosi $p_0 = 10^5$ Pa, a jego objętość $V_0 = 10$ dm³. Podczas rozprężania adiabatycznego tego gazu zwiększa on swoją objętość dwa razy, co powoduje jego ochłodzenie. Oblicz ile ciepła trzeba dostarczyć, aby podgrzać, przy stałej objętości, tak schłodzony gaz do jego temperatury początkowej. Równanie adiabaty dla rozpatrywanego gazu ma postać: $pV^{(7/5)} = \text{const}$.

2014/15

21. Do menzurki wlewo $V_1 = 0,5$ litra wody o temperaturze pokojowej ($t_1 = 22^\circ\text{C}$). Następnie do wody dosypano $m_2 = 10$ g lodu o temperaturze $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Po stopieniu lodu i ustabilizowaniu się temperatury objętość wody wzrosła o $\Delta V = 9,8$ ml. Oblicz współczynnik rozszerzalności objętościowej wody w temperaturze pokojowej. Gęstość wody w temperaturze pokojowej wynosi $\rho_1 = 997,8$ kg/m³. Ciepła właściwe wody i lodu oraz ciepło topnienia lodu wynoszą: $c_w = 4,2$ kJ/(kg·K), $c_L = 2,1$ kJ/(kg·K), $L = 0,34$ MJ/kg.
22. Ustawiona pionowo U-rurka, zalana w dolnej części rtęcią, jest z jednej strony szczelnie zamknięta, z drugiej zaś otwarta. Dla temperatury $t_1 = 27^\circ\text{C}$ i przy ciśnieniu atmosferycznym o wartość $p_1 = 1013$ hPa, odpowiadającemu ciśnieniu hydrostatycznemu słupa rtęci o wysokości

$H_1 = 76$ cm, poziom rtęci jest taki sam w obu ramionach, a słup powietrza odcięty w części zamkniętej ma wysokość $h_1 = 10$ cm. Oblicz względną zmianę wysokości tego słupa powietrza, $x = \Delta h/h_1$, po podgrzaniu układu do temperatury $t_2 = 77^\circ\text{C}$. W obliczeniach nie uwzględniaj rozszerzalności temperaturowej rurki i rtęci. Uwaga: w obliczeniach wygodnie jest korzystać z wielkości względnych, np.: $x = \Delta h/h_1$, $\alpha = H_1/h_1$, $\beta = \Delta T/T_1$.

23. Powietrze w warunkach normalnych ($t_0 = 0^\circ\text{C}$, $p_0 = 101325$ Pa) ma gęstość $1,293$ kg/m³. Do podgrzania jednego mola powietrza użyto 291 J ciepła. Grzania powietrza możemy dokonywać na dwa sposoby, w dwóch różnych przemianach: a) izochorycznej, b) izobarycznej. Oblicz gęstości powietrza po podgrzaniu w każdym z procesów. Zasadniczo powietrze można traktować jako mieszaninę gazów o cząsteczkach dwuatomowych. Stała gazowa w układzie SI ma wartość liczbowa równą $8,31$.

2015/16

24. Naczynie szklane, o masie $m = 200$ g, wypełnione jest wodą o temperaturze początkowej $T_1 = 0^\circ\text{C}$. W wodzie zanurzona jest miniaturowa grzałka elektryczna o mocy $P = 20$ W, za pomocą której podgrzewany jest cały układ. Masa wody wynosi $M = 1$ kg. Dla rozpatrywanego układu ilość ciepła wymieniana z otoczeniem w przedziale czasu Δt zależy od różnicy temperatur między układem a otoczeniem, tak, że $\Delta Q/\Delta t = \alpha \cdot \Delta T$, gdzie $\alpha = 1$ W/K. Temperatura otoczenia jest stała i wynosi $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Oblicz szybkości wzrostu temperatury wody w kolbce podczas odgrzewania grzałką dla dwóch różnych temperatur wody: na początku grzania, tj. dla temperatury układu równej T_1 , i po pewnym czasie grzania, gdy temperatura układu zrówna się z temperaturą otoczenia, T_0 . Do jakiej maksymalnej temperatury podgrzeje się woda w tym naczyniu? Ciepła właściwe wody i szkła wynoszą odpowiednio: $c_w = 4,2$ kJ/(kg K), $c_{sz} = 730$ J/(kg K).
25. Cegła o masie $m = 1$ kg zsuwa się po równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 60^\circ$. Współczynnik tarcia cegły o równię wynosi $f = 1$. Oblicz energię straconą na skutek działania siły tarcia (bezwzględną wartość pracy siły tarcia) podczas zsuwania się ciała z wysokości $h = 5$ m. O ile wzrośnie temperatura cegły, jeżeli 80% tej pracy zostało zużyte na wzrost energii wewnętrznej cegły. Ciepło właściwe ceramiki, z której wykonana jest cegła wynosi $c_w = 900$ J/(kg K).
26. Kolba o objętości $V_0 = 20$ litrów jest wypełniona gazowym tlenem ($\mu = 32$ g/mol) o temperaturze początkowej $T_0 = 27^\circ\text{C}$. W wyniku podgrzania gazu o $\Delta T = 10^\circ\text{C}$, ciśnienie gazu wzrosło o $\Delta p = 30$ hPa. Oblicz ciśnienie początkowe gazu oraz jego masę, jeżeli w trakcie ogrzewania objętość gazu nie zmieniła się. Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).

2016/17

27. Pocisk o masie m , lecący z prędkością początkową $v_0 = 200$ m/s, trafia w zawieszony na sznurku klocek drewniany o masie M i grzęźnie w nim całkowicie. W wyniku tego zderzenia wydziela się ciepło, którego część, $\eta = 60\%$, powoduje podgrzanie pocisku. O ile wzrośnie temperatura pocisku dla zadanych mas m i M ? Do oszacowania wartości liczbowej przyrostu temperatury pocisku załóż, że masa klocka jest dużo większa od masy pocisku ($M \gg m$), a pocisk jest wykonany z żelaza ($\mu = 56$ g/mol). Przybliżoną wartość ciepła właściwego żelaza można uzyskać wykorzystując regułę Dulonga-Petita, zgodnie z którą ciepło molowe ciał stałych wynosi w przybliżeniu $3R$, gdzie $R = 8,31$ J/(mol K) jest stałą gazową.
28. Oblicz gęstość powietrza w temperaturze $t = 20^\circ\text{C}$ pod ciśnieniem $p = 1000$ hPa. Załóż, że powietrze jest mieszaniną dwóch gazów: azotu ($\mu_a = 28$ g/mol) i tlenu ($\mu_t = 32$ g/mol) zmieszanych w stosunku wagowym 4:1, oraz że możemy je w przybliżeniu traktować jak gaz doskonały. Jaka jest masa powietrza zawartego w sali o powierzchni $S = 200$ m² i wysokości $h = 4$ m ?

29. Rurka wygięta w kształcie litery U (tzw. U-rurka) jest wypełniona do połowy ramion rtęcią, o gęstości $\rho_r = 13600 \text{ kg/m}^3$. Do lewego ramienia U-rurki wlewo dodatkowo porcję oleju o gęstości $\rho_o = 900 \text{ kg/m}^3$, do prawego zaś porcję nafty o gęstości $\rho_n = 800 \text{ kg/m}^3$. Ciecze się nie mieszają, a wysokość słupka oliwy wynosi $h_o = 45 \text{ cm}$. Z kolei wysokość słupka nafty wynosi $h_n = 8 \text{ cm}$. Ile wynosi różnica poziomów rtęci w obu ramionach U-rurki?

2017/18

30. Dwa zbiorniki zawierające odpowiednio 1 mol helu oraz 1 mol azotu ogrzewamy o $\Delta T = 10 \text{ K}$ w procesie izobarycznym przy ciśnieniu $p = 10^5 \text{ Pa}$. Korzystając z zasady ekwipartycji energii, wyjaśnij różnicę ciepła molowego dla obu gazów. Oblicz zmianę objętości każdego z nich oraz ilość ciepła jaką pochłonie każdy z gazów w czasie tej przemiany. Jaką ilość ciepła pochłonąłby 1 mol ciała stałego ogrzanego o 10 K, spełniającego regułę Dulonga-Petita.
31. Praca wykonana przez n moli gazu w przemianie izotermicznej zależy logarytmicznie od stosunku objętości końcowej V_2 do początkowej V_1 i wyraża się wzorem: $W_G = nRT \ln(V_2/V_1)$. Oblicz pracę gazu podczas izotermicznego sprężania $m = 56 \text{ g}$ azotu o temperaturze $T = 27^\circ\text{C}$, jeżeli ciśnienie gazu rośnie dwukrotnie? Ile ciepła należy wymienić z otoczeniem? Masa molowa azotu $\mu = 28 \text{ g/mol}$; $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$.
32. Ile pracy wykona gaz doskonały, jeżeli podczas izobarycznego rozprężania jego temperatura rośnie o 10°C ? Gazem roboczym jest 12 g helu ($\mu_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$). Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu podczas tej przemiany. Stała gazowa $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$.

2018/19

33. Silnik idealny pracuje w cyklu Carnota, który składa się z dwóch przemian adiabatycznych i dwóch izotermicznych. W przemianie izotermicznej ciepło dostarczone do układu wyraża się wzorem $Q = nRT \ln(V_2/V_1)$. Wyprowadź wzór na sprawność, i oblicz jej wartość, dla silnika Carnota pracującego w zakresie temperatur $T_1 = 227^\circ\text{C}$ i $T_2 = 77^\circ\text{C}$.
34. Dwa szczelne, izolowane termicznie od otoczenia naczynia o objętości $V_1 = 2$ litry każde, połączone są ze sobą za pomocą zaworu. W jednym naczyniu panuje próżnia a w drugim znajduje się azot (N_2 , $\mu = 28 \text{ g/mol}$) o temperaturze $T_1 = 17^\circ\text{C}$, pod ciśnieniem $p_1 = 2000 \text{ hPa}$. Jaką temperaturę osiągnie gaz po otwarciu zaworu między naczyniami? Jaką pracę wykonał gaz podczas tego adiabatycznego rozprężania? Równanie adiabaty wyraża się wzorem: $pV^\kappa = \text{const.}$, gdzie $\kappa \equiv c_p/c_v$.
35. Do izolowanego termicznie naczynia z wodą o temperaturze $t_w = 20^\circ\text{C}$ wrzucono kostki lodu o masie $m_L = 20 \text{ g}$ i temperaturze $t_L = -10^\circ\text{C}$. Dla wyrównania spadku temperatury do naczynia wpuszczono pewną ilość pary wodnej o masie m_p i temperaturze $t_p = 100^\circ\text{C}$. Ile musi wynosić masa skroplonej pary, m_p , aby kostki lodu uległy całkowitemu stopnieniu, a temperatura wody w końcowym stanie równowagi termicznej nie uległa zmianie i była równa t_w ? Ciepło topnienia lodu, $L_L = 334 \text{ kJ/kg}$; ciepło parowania wody, $L_p = 2,3 \text{ MJ/kg}$. Przyjmując, że ciepło właściwe lodu jest dwa razy mniejsze niż ciepło właściwe wody, wynoszące $c_w = 4,2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$.

2019/2020

36. Mol gazu doskonałego poddany jest ogólnej przemianie gazowej, podczas której objętość zmienia się wprost proporcjonalnie do ciśnienia. Czy zachodzącą przemianę można skojarzyć z inną powszechnie znaną przemianą gazową? Na początku ciśnienie i objętość gazu wynoszą odpowiednio: $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ i $V_0 = 20 \text{ dm}^3$. W trakcie przemiany ciśnienie rośnie o 20%. Przedstaw

tę przemianę na wykresie $p(V)$ i zaznacz na nim pracę wykonaną przez gaz oraz oblicz jej wartość. Wyprowadź zależność temperatury gazu od jego objętości i przedstaw ją na wykresie $T(V)$. Oblicz temperaturę początkową i końcową gazu.

37. W naczyniu z ruchomym tłokiem znajduje się jeden mol gazu doskonałego o temperaturze $T_0 = 100$ K. Gaz poddany jest specjalnemu procesowi, w trakcie którego stosunek temperatury do kwadratu objętości jest stały ($T/V^2 = \alpha = \text{const}$). Znajdź zależność $p(V)$ dla rozważanego procesu i przedstaw ją na wykresie. Oblicz pracę, jaką wykona gaz podczas dwukrotnego wzrostu swojej objętości początkowej. Stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol K).

2020/2021

38. W chłodne wiosenne dni, kiedy temperatura na zewnątrz wynosiła $t_1 = 10^\circ\text{C}$, celem utrzymania w domu temperatury $t_p = 21^\circ\text{C}$ należało spalić w ciągu doby $m_1 = 30$ kg węgla o wartości opałowej $W_1 = 27$ MJ/kg, w piecu o sprawności $\eta_1 = 70\%$. W lecie, wymieniono piec węglowy na kocioł gazowy o sprawności $\eta_2 = 95\%$, opalany gazem ziemny o wartości opałowej $W_2 = 33$ MJ/m³. Ile będzie wynosiło dobowe zużycie gazu w zimie celem utrzymania w domu temperatury t_p , przy założeniu, że temperatura na zewnątrz wynosi $t_2 = -15^\circ\text{C}$? O ile wzrośnie temperatura w domu, jeżeli do ogrzania go zużyjemy dodatkowo 10% gazu więcej niż by to wynikało z poprzednich obliczeń? Uwaga, załóż, że straty ciepła są proporcjonalne do różnicy temperatur.
39. Boczna powierzchnia zamkniętego cylindrycznego naczynia z wodą o średnicy $d=50$ cm jest doskonale izolowana termicznie. Dwie podstawy cylindra zamknięte są przegrodami o współczynniku przenikania ciepła $U=2,0$ W/m²K. Trzecia taka sama przegroda dzieli naczynie na dwie komory, A i B. W każdej z komór naczynia znajdują się grzałki o mocach $P_A=10$ W, w komorze A, oraz $P_B=15$ W, w komorze B. Oblicz temperaturę wody w stanie równowagi termicznej w każdej z komór, jeżeli na zewnątrz panuje stała temperatura otoczenia, $T_0=20^\circ\text{C}$. Uwaga: Moc cieplna przekazywana przez przegrodę jest proporcjonalna do powierzchni przegrody i różnicy temperatur z dwóch stron przegrody.
40. Silnik cieplny pracuje według cyklu składającego się z dwóch izobar i dwóch adiabat. Gazem roboczym jest azot (N_2), którego wyższe ciśnienie wynosi $p_1=10^7$ Pa, a niższe $p_2=10^6$ Pa. (a) Przedstaw cykl pracy silnika na wykresie $p(V)$. (b) Zapisz równanie adiabaty $pV^\kappa=\text{const}$, gdzie $\kappa=c_p/c_v$, za pomocą równania $Tp^\beta=\text{const}$, gdzie wykładnik β można wyrazić przy pomocy wykładnika adiabaty κ . (c) Oblicz stosunek ciepła oddawanego z układu do ciepła pobranego do układu, oraz sprawność silnika pracującego w tym cyklu. Uwaga: Przemianę adiabatyczną charakteryzuje brak wymiany ciepła z otoczeniem, a stałe oznaczone jako 'const' nie są to uniwersalne stałe fizyczne, lecz dla każdej adiabaty przyjmują inną stałą wartość.

2021/2022

41. Rozszerzeniem równania Clapeyrona uwzględniającym wymiary cząsteczek gazu oraz ich wzajemne oddziaływanie jest równanie van der Waalsa: $(p + n^2 a V^{-2})(V - nb) = nRT$, w którym stałe a i b , wyznaczone doświadczalnie, są różne dla różnych gazów (dla azotu N_2 : $a = 0,137$ Jm³mol⁻² oraz $b = 3,87 \cdot 10^{-5}$ m³mol⁻¹). Ośmiolitrowa butla, została napełniona azotem do ciśnienia $p_0 = 2 \cdot 10^5$ hPa w temperaturze $T_0 = 300$ K. Po ochłodzeniu butli do temperatury $T_1 = 240$ K ciśnienie spadło do wartości $p_1 = 1,43 \cdot 10^5$ hPa. Ile wynosi masa azotu zawartego w butli? Jakie ciśnienie p_2 będzie panowało w butli, w temperaturze T_0 po pobraniu z niej 1/3 masy azotu?