

**Zadania domowe z termodynamiki I – dla wszystkich kierunków**  
**ARCHIWALNE**

**Zadania domowe z termodynamiki – dla wszystkich kierunków**

**ROK AKADEMICKI 2018/2019**

**Zad. nr 8** za 3% [2019.01.24 12:00]

W zbiorniku o pojemności  $10 \text{ m}^3$  znajduje się para wodna o ciśnieniu  $0,5 \text{ MPa}$  i temperaturze  $250^\circ\text{C}$ . Do zbiornika doprowadzono rurociągiem  $2 \text{ kg}$  wody o temperaturze  $90^\circ\text{C}$ . Ile wynoszą temperatura i ciśnienie pary na końcu procesu.

**Zad. nr 7** za 3% [2019.01.07 11:00]

Obieg cieplny silnika składa się kolejno z izobary kompresji 1-2, izentropy i izotermy. Stosunek objętości  $V_1/V_2=3$ , a parametry końca izentropowej kompresji są równe  $18 \text{ bar}$  i  $1400 \text{ K}$ . Obliczyć sprawność termiczną obiegu oraz pracę jednostkową obiegu, jeżeli czynnikiem roboczym jest hel He ( $M = 4 \text{ kg/kmol}$ ). Obieg przedstawić na wykresach o współrzędnych p-v i T-s.

**Zad. nr 6** za 3% [2018.12.23 13:00]

Do zbiornika o objętości  $3,2 \text{ m}^3$  zawierającego metan  $\text{CH}_4$  (16) o ciśnieniu  $0,2 \text{ MPa}$  i temperaturze  $25^\circ\text{C}$  w czasie  $42 \text{ sekund}$  wtłoczono  $5 \text{ um}^3$  azotu o temperaturze  $41^\circ\text{C}$ . Podczas wtłaczania gaz w zbiorniku był podgrzewany grzałką o mocy  $0,8 \text{ kW}$ , a strumień strat ciepła do otoczenia był równy  $14 \text{ W}$ . Obliczyć dla stanu po doprowadzeniu azotu: (a) zastępczą masę molową roztworu; (b) ciśnienie roztworu w zbiorniku; (c) ciśnienie składnikowe azotu; (d) przyrost energii wewnętrznej metanu.

**Zad. nr 5** za 3% [2018.12.18 14:00]

Podczas kompresji *izentropowej* do  $0,125 \text{ kmol}$  metanu  $\text{CH}_4$  (16) doprowadzono  $240 \text{ kJ}$  pracy. Na początku przemiany metan zajmował objętość  $1,5 \text{ m}^3$ , a jego ciśnienie wynosiło  $3 \text{ bar}$ . Obliczyć: temperaturę i ciśnienie metanu na końcu przemiany, ciepło przemiany oraz przyrost entalpii gazu. Przemianę przedstawić na wykresach p-V oraz T-S zaznaczając jej początek (1) i koniec (2) oraz pola pracy i ciepła.

**Zad. nr 4** za 3% [2018.11.19 12:00]

Zetknięto ze sobą  $2,4 \text{ kg}$  stali o temperaturze  $78^\circ\text{C}$  z  $3,8 \text{ kg}$  miedzi o temperaturze  $27^\circ\text{C}$ . Po  $6 \text{ minutach}$  temperatura stali zmalała do  $60^\circ\text{C}$ . O ile kelwinów wzrosła w tym czasie temperatura miedzi, jeżeli podczas

wymiany ciepła strumień  $9 \text{ W}$  ciepła przepływał do otoczenia. Ciepło właściwe stali wynosi  $0,45 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , ciepło właściwe miedzi jest równe  $0,385 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Zadanie rozwiązać wychodząc z pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Wykonać szkic układu. Napisać jak są obliczane poszczególne składniki równania bilansu energii. Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 3** za 3% [2018.10.22 15:00]

Rzeczywiste ciepło właściwe pewnej substancji zależy liniowo od temperatury. W celu podgrzania  $1 \text{ kg}$  tej substancji od temperatury  $22^\circ\text{C}$  do temperatury  $25^\circ\text{C}$  należało doprowadzić  $2,1 \text{ kJ}$  ciepła. Natomiast podgrzanie tej samej ilości substancji od temperatury  $25^\circ\text{C}$  do temperatury  $30^\circ\text{C}$  wymagało doprowadzenia  $3,6 \text{ kJ}$  ciepła. Ile ciepła należy doprowadzić do  $1 \text{ kg}$  tej substancji, aby ją podgrzać od  $24^\circ\text{C}$  do  $28^\circ\text{C}$ ?

**Zad. nr 2** za 3% [2018.10.15 15:00]

Przepływomierz gazu wskazuje strumień objętości przepływającego gazu w  $\text{m}^3/\text{h}$ . Opłata za gaz jest proporcjonalna do objętości zużytego gazu. O ile procent różni się koszt zużycia tej samej ilości substancji gazu latem, w porównaniu do okresu zimowego? Przyjąć średnie parametry gazu przepływającego przepływomierzem latem  $1 \text{ bar}$ ,  $25^\circ\text{C}$  i zimą  $1,05 \text{ bar}$ ,  $8^\circ\text{C}$ .

**Zad. nr 1** za 3% [2018.10.05 15:25]

Kulka stalowa o temperaturze  $15^\circ\text{C}$  i średnicy  $1 \text{ cm}$  spadła z wysokości  $30 \text{ m}$  na twarde podłoże. Jaką temperaturę maksymalną, w  $^\circ\text{C}$ , mogła osiągnąć kulka bezpośrednio po upadku. Wykonać przeliczenie jednostek. Niezbędne brakujące dane zaczerpnąć z tablic lub założyć.

## **ROK AKADEMICKI 2017/2018**

**Zad. nr 10** za 3% [2018.01.26 13:30]

Obieg cieplny silnika składa się kolejno z izochory rozprężania 1-2, izentropy i izotermy. Maksymalne ciśnienie i maksymalna temperatura obiegu są odpowiednio równe  $12 \text{ bar}$  i  $700 \text{ K}$ . Praca izotermy wynosi  $50 \text{ kJ}$ . Czynnikiem roboczym jest  $0,05 \text{ kg}$  helu  $\text{He}$  (4). Obliczyć sprawność termiczną obiegu. Obieg przedstawić na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$ .

**Zad. nr 9** za 3% [2018.01.18 10:00]

$1,5 \text{ kg}$  roztworu helu  $\text{He}$  i metanu  $\text{CH}_4$ , w którym udział molarowy  $\text{He}$  wynosi  $0,35$ , podgrzano przy stałym ciśnieniu  $3 \text{ bary}$  od temperatury  $15^\circ\text{C}$  do temperatury  $47^\circ\text{C}$ . Obliczyć: objętość roztworu na końcu przemiany, ciepło przemiany, pracę bezwzględną przemiany oraz przyrost energii wewnętrznej podczas przemiany.

**Zad. nr 8** za 3% [2018.01.10 18:00]

$5 \text{ um}^3$  argonu  $\text{Ar}$  odbyło przemianę politropową od stanu  $6 \text{ bar}$ ,  $130^\circ\text{C}$  do stanu  $1,2 \text{ bar}$ ,  $45^\circ\text{C}$ . Oblicz pracę bezwzględną i ciepło tej przemiany. Przybliżony przebieg przemiany przedstaw na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$ .

**Zad. nr 7** za 3% [2017.12.28 12:00]

W zbiorniku o średnicy wewnętrznej 1500 mm i wysokości 800 mm umieszczony jest sześcian miedziany o boku 100 mm. Zbiornik wypełniony jest azotem  $N_2$  o temperaturze  $30^\circ C$  i ciśnieniu 2,4 bar. Początkowa temperatura sześcianu była równa początkowej temperaturze azotu. Do zbiornika doprowadzono rurociągiem dodatkowe 0,1 kmol azotu o temperaturze  $42^\circ C$ . Po 3 minutach temperatury gazu i sześcianu wyrównały się. Średni strumień ciepła wypływający ze zbiornika podczas wyrównywania się temperatur w zbiorniku był równy 75 W. Oblicz końcową temperaturę w zbiorniku.

**Zad. nr 6** za 3% [2017.12.21 10:00]

Podczas przemiany izobarycznej 4. um<sup>3</sup> metanu  $CH_4$  jego entropia wzrosła o 1200 J/K. Początkowe ciśnienie i temperatura gazu były odpowiednio równe 4 bar i  $30^\circ C$ . Obliczyć pracę bezwzględną i ciepło przemiany. Przemianę przedstawić na wykresach p-V oraz T-S opisując początek (1) i koniec (2) przemiany, kierunek przemiany, pola pracy bezwzględnej i ciepła przemiany. Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 5** za 3% [2017.12.10 13:00]

W zbiorniku znajduje się 120 um<sup>3</sup> tlenu  $O_2$  o temperaturze  $45^\circ C$  pod ciśnieniem 10 bar. Ze zbiornika wydostają się średnio 3 kg/min tlenu o średniej temperaturze  $37^\circ C$ . Średni strumień strat ciepła na rzecz otoczenia jest równy 720 W. Obliczyć ciśnienie tlenu po 6 min.

**Zad. nr 4** za 3% [2017.12.06 16:00]

Zbiornik o pojemności 200 litrów, odizolowany od otoczenia, podzielony jest przegrodą na dwie równe części. W jednej części są 2 kg helu He (4) o ciśnieniu 2,4 bar, w drugiej części jest próżnia. O ile zmieniła się entropia gazu po usunięciu przegrody?

**Zad. nr 3** za 3% [2017.10.19 11:30]

Zetknięto ze sobą na 4 minuty 3 sześciany o boku 10 cm wykonane z miedzi, aluminium i ołowiu. Początkowe temperatury sześcianów wynosiły odpowiednio  $10^\circ C$ ,  $25^\circ C$  oraz  $80^\circ C$ . Po rozłączeniu sześcianów stwierdzono, że sześcian miedziany miał temperaturę  $18^\circ C$  a sześcian ołowiany  $63^\circ C$ . Jaką temperaturę miał trzeci sześcian, jeżeli średni strumień ciepła tracony na rzecz otoczenia wynosił 40 W? Narysować szkic układu z zaznaczoną osłoną bilansową oraz napisać co przyjęto za układ. Przypisać odpowiednie wyrażenia składnikom ogólnego równania bilansu oraz dokonać sprawdzenia jednostek.

**Zad. nr 2** za 2% [2017.10.12 10:30]

Połączono dwa zbiorniki zawierające azot. W pierwszym zbiorniku o pojemności 2 m<sup>3</sup> gaz początkowo miał ciśnienie 4 bar, w drugim zbiorniku początkowe ciśnienie gazu wynosiło 1,2 bar. Wyrównane ciśnienie w zbiornikach miało wartość 1,9 bar. Obliczyć pojemność zbiornika drugiego przy założeniu, że temperatura gazu w zbiornikach wynosiła  $25^\circ C$  podczas całego procesu.

**Zad. nr 1** za 2% [2017.10.04 11:15]

W aluminiowym rondlu o masie 500 g znajduje się woda o masie 1,5 kg. Temperatura rondla i wody wynosi  $18^\circ C$ . Ile litrów wrzątku o temperaturze  $100^\circ C$  należy dolać, aby temperatura wody (i rondla) wzrosła do  $40^\circ C$ ?

## ROK AKADEMICKI 2016/2017

**Zad. nr 22** za 3% [2017.01.22 08:00]

Do wymiennika ciepła dopływa strumień 0,3 kg/s pary wodnej nasyconej mokrej o ciśnieniu 1,8 bar i stopniu suchości 0,92. W wymienniku para się całkowicie skrapla izobarycznie podgrzewając strumień wody od temperatury 35°C do temperatury 54°C. 3% ciepła skraplania uchodzi do otoczenia. Obliczyć strumień podgrzewanej wody.

**Zad. nr 21** za 3% [2017.01.09 09:00]

Obieg cieplny silnika składa się kolejno z izobary ekspansji 1-2, izentropy, izochory oraz izotermy. Ciśnienie i temperatura w punkcie 1 wynoszą odpowiednio 1,1 MPa oraz 350 K, natomiast ciśnienie końcowe przemiany izentropowej jest równe 0,4 MPa. Ciepło przemiany izobarycznej wynosi 200 kJ. Czynnikiem roboczym jest 0,4 kg powietrza. Obliczyć pracę kompresji oraz sprawność termiczną obiegu. Obieg przedstawić na wykresach p-V oraz T-S.

**Zad. nr 20** za 3% [2017.01.02 14:00]

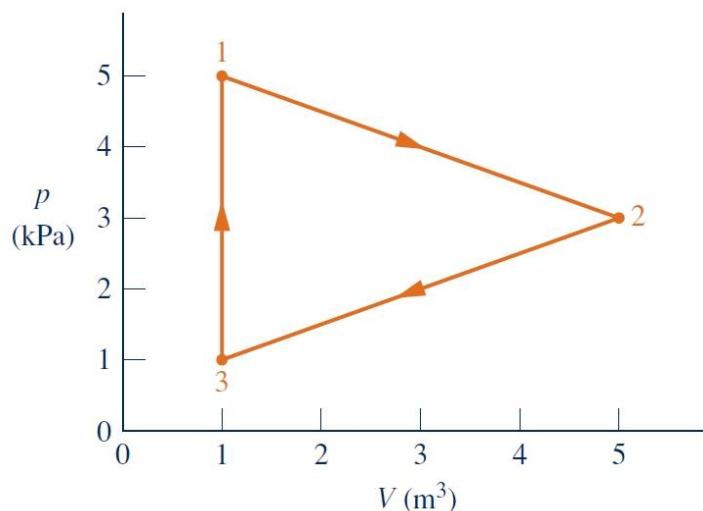
Po awarii systemu ogrzewczego temperatura w pomieszczeniu mającym kształt prostopadłościanu o wymiarach 6 m x 3 m x 2,8 m spadła do 12°C. Do zastępczego ogrzewania pomieszczenia wykorzystano grzejnik elektryczny o mocy 2 kW. Po jakim czasie temperatura w pomieszczeniu wzrośnie do 22°C, jeżeli średnio 30% mocy ogrzewczej jest tracona na rzecz otoczenia. Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ, przypisać odpowiednie wyrażenia składnikom równania bilansu oraz dokonać sprawdzenia jednostek. Brakujące dane określić na podstawie literatury.

**Zad. nr 19** za 3% [2016.12.30 14:00]

Strumień 4 t/h pary wodnej nasyconej mokrej o ciśnieniu 5 bar i stopniu suchości 0,2 wpływa do wymiennika ciepła, w którym do pary doprowadzany jest izobarycznie strumień 600 kW ciepła. Wyznaczyć temperaturę pary opuszczającej wymiennik oraz średnicę wewnętrzną rurociągu wylotowego, jeżeli prędkość pary w nim płynącej jest równa 6 m/s. Zadanie rozwiązać wykorzystując wykres i-s. Na szkicu wykresu przedstawić przemianę oraz sposób odczytu parametrów wykorzystanych w rozwiązaniu.

**Zad. nr 18** za 6% [2016.12.27 10:00]

Gaz doskonały jednoatomowy realizuje obieg przedstawiony na rysunku. Obliczyć sprawność termiczną tego obiegu.



**Zad. nr 17** za 3% [2016.12.20 11:00]

Obieg cieplny silnika składa się kolejno z izentropy ekspansji 1-2, izotermy i izochory. Minimalne ciśnienie w obiegu wynosi 1,5 bar, a minimalna temperatura jest równa 350 K. Ciepło przemiany izotermicznej jest

równe  $-25$  kJ. Czynnikiem roboczym jest  $0,3$  kg azotu  $N_2$ . Obliczyć pracę i sprawność termiczną obiegu. Obiegi narysować na wykresach  $p$ - $V$  i  $T$ - $S$ . Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 16** za 3% [2016.12.10 18:00]

Udziały molowe helu  $He$  i azotu  $N_2$  w roztworze helu, azotu i metanu  $CH_4$  wynoszą odpowiednio  $0,35$  oraz  $0,25$ . Roztwór o parametrach  $7,8$  bar,  $310^\circ C$ ,  $0,2$  m<sup>3</sup> rozprężono izentropowo do ciśnienia  $1,7$  bar. Obliczyć objętość i temperaturę roztworu po ekspansji oraz pracę bezwzględną przemiany. Przemianę przedstawić na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$  opisując początek i koniec przemiany, kierunek przemiany, pola pracy bezwzględnej i ciepła przemiany. Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 15** za 3% [2016.12.04 12:00]

Do  $0,02$  kmol tlenu  $O_2$  ( $32$ ) o ciśnieniu  $2,4$  bar i objętości  $0,25$  m<sup>3</sup> doprowadzono *izobarycznie* (przemiana 1-2)  $30$  kJ ciepła, a następnie wyprowadzono *izochorycznie* (przemiana 2-3) też  $30$  kJ ciepła. Obliczyć dla przemiany 1-2-3 pracę bezwzględną, przyrost energii wewnętrznej oraz przyrost temperatury. Otrzymaną wartość przyrostu temperatury skomentować. Przemiany 1-2 oraz 2-3 przedstawić na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$  opisując początek i koniec przemian, kierunek przemian, pola pracy bezwzględnej i ciepła przemian. Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 14** za 3% [2016.11.30 21:00]

W układzie zamkniętym znajduje się  $17$  um<sup>3</sup> neonu  $Ne$  ( $M=20,18$  kg/kmol) o temperaturze  $145^\circ C$ , pod ciśnieniem  $1,8$  MPa. Gaz poddany został przemianie izentropowej, podczas której jego energia wewnętrzna zmalała o  $340$  kJ. Obliczyć temperaturę, ciśnienie, objętość i energię wewnętrzną gazu na końcu przemiany oraz pracę bezwzględną przemiany. Przemianę przedstawić na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$  opisując początek i koniec przemiany, kierunek przemiany, pola pracy bezwzględnej i ciepła przemiany. Wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 13** za 3% [2016.11.26 17:00]

Do nagrzewnicy o mocy  $16,5$  kW rurociągiem o średnicy wewnętrznej  $180$  mm dopływa azot  $N_2$  o ciśnieniu  $1,8$  bar i temperaturze  $8^\circ C$  ze średnią prędkością  $6$  m/s. Obliczyć temperaturę azotu na wylocie z nagrzewnicy, jeżeli strumień strat ciepła na rzecz otoczenia wynosi  $220$  W. Zastosować pierwszą zasadę termodynamiki.

**Zad. nr 12** za 3% [2016.11.23 17:00]

Ile ciepła należy odprowadzić ze zbiornika o pojemności  $1,5$  m<sup>3</sup> zawierającego  $20$  kg metanu  $CH_4$  o ciśnieniu  $2$  MPa, aby po doprowadzeniu do niego  $10$  kg metanu o temperaturze  $300$  K temperatura w zbiorniku nie zmieniła się. Podczas rozwiązywania zadania wykorzystać równanie pierwszej zasady termodynamiki.

**Zad. nr 11** za 3% [2016.11.20 16:00]

Do  $0,8$  kg wody o temperaturze  $14^\circ C$  wrzucono kawałek metalu o temperaturze  $48^\circ C$ . Temperatury wody i metalu wyrównały się na poziomie  $21,6^\circ C$ . Obliczyć masę metalu, jeżeli jego rzeczywiste ciepło właściwe w  $J/(kg \cdot K)$  opisuje równanie  $c_m(T) = 451 + 0,0113 \cdot T$ , ciepło właściwe wody jest równe  $4,19$  kJ/(kg·K), a straty ciepła na rzecz otoczenia wyniosły  $350$  J. Napisać co przyjęto za układ, przypisać odpowiednie wyrażenia składnikom równania bilansu oraz dokonać sprawdzenia jednostek.

**Zad. nr 10** za 3% [2016.11.17 16:00]

Tlenek węgla CO o ciśnieniu 0,5 MPa, temperaturze 450 K i objętości 0,2 m<sup>3</sup> podległ przemianie politropowej, podczas której stosunek ciepła przemiany do pracy przemiany był równy 0,4. Oblicz pracę i ciepło przemiany oraz ciśnienie i temperaturę na końcu przemiany wiedząc, że objętość na końcu przemiany wyniosła 0,45 m<sup>3</sup>.

**Zad. nr 9** za 3% [2016.11.14 15:00]

Do zbiornika zawierającego 2,6 kg cieczy o temperaturze 28°C włożono 6,4 kg metalu o temperaturze 78°C. Podczas wyrównywania się temperatury cieczy i metalu do otoczenia o temperaturze 21°C przepłynęły 33 kJ ciepła. Ciepło właściwe cieczy wynosiło 3,45 kJ/(kg·K), ciepło właściwe metalu było równe 456 J/(kg·K). Obliczyć sumę przyrostów entropii dla opisanego procesu. Czy proces ten był odwracalny? Odpowiedź uzasadnić.

**Zad. nr 8** za 3% [2016.11.10 15:00]

Na wykresie o współrzędnych  $p$ - $V$  przemiana termodynamiczna 0,2 kg metanu CH<sub>4</sub> jest odcinkiem prostej o początku (0,1 m<sup>3</sup>, 6 bar) i końcu (0,35 m<sup>3</sup>, 1,1 bar). Oblicz ciepło wymienione z otoczeniem podczas tej przemiany. Ciepło to doprowadzono do gazu, czy wyprowadzono z gazu?

**Zad. nr 7** za 3% [2016.11.06 15:00]

Ile kg cieczy o ciepłe właściwym 3,86 kJ/(kg·K) i temperaturze 2°C zawierało naczynie, jeżeli po wrzuceniu do tej cieczy 0,8 kg metalu o ciepłe właściwym 423 J/(kg·K) i temperaturze 300 K ustaliła się wyrównana temperatura 5°C. Podczas wyrównywania się temperatur, z otoczenia do cieczy przepłynęły 4 kJ ciepła. Napisać co przyjęto za układ podczas obliczeń oraz określić energie układu: doprowadzoną, wyprowadzoną, początkową i końcową. Ponadto obliczyć ile ciepła pochłonęła ciecz oraz wykonać przeliczenie jednostek.

**Zad. nr 6** za 3% [2016.11.03 17:15]

Hel He (4) przechowywany w zbiorniku o pojemności 25 m<sup>3</sup> ogrzewany jest grzejnikiem o mocy 5 kW. Przed włączeniem grzejnika ciśnienie gazu wynosiło 5 bar, a jego temperatura była równa temperaturze otoczenia  $t_{ot} = 20$  st. C. Podczas ogrzewania straty ciepła helu na rzecz otoczenia wzrastały wraz ze wzrostem jego temperatury zgodnie z równaniem  $Q_{ot} [W] = 220 \cdot (t - t_{ot})$ . Po pewnym czasie temperatura ogrzewanego helu przestała się zmieniać. Wykorzystując równanie pierwszej zasady termodynamiki obliczyć najwyższą (kończącą) temperaturę helu. Ile ciepła pochłonął hel? Jakie było jego ciśnienie po podgrzaniu? Ciepło właściwe helu dla tego przypadku ogrzewania przyjąć równe 3118 J/(kg·K).

**Zad. nr 5** za 3% [2016.10.31 17:00]

Zrealizowano przemianę gazu, podczas której wyrażenie  $p \cdot V^K$  nie zmieniło się, gdzie  $K$  było stałą. Stan początkowy i końcowy gazu wynosiły odpowiednio  $V_1 = 0,2 m^3$ ,  $p_1 = 330 kPa$  oraz  $V_2 = 0,5 m^3$ ,  $p_2 = 109,9 kPa$ . Obliczyć pracę bezwzględną przemiany. Praca była doprowadzona do gazu, czy z niego wyprowadzona?

**Zad. nr 4** za 3% [2016.10.28 15:00]

Rzeczywiste ciepło właściwe wodoru H<sub>2</sub> przy stałym ciśnieniu zależy liniowo od temperatury. Dla temperatury 10°C ma ono wartość 1.2559 kJ/(um<sup>3</sup>·K), natomiast dla temperatury 50°C jego wartość wynosi 1.2608 kJ/(um<sup>3</sup>·K). Do 3,1 kg wodoru o temperaturze 23°C doprowadzono izobarycznie 2307,6 kJ ciepła. Wyznaczyć temperaturę podgrzewanego wodoru.

**Zad. nr 3** za 3% [2016.10.21 15:00]

Obliczyć moc wymaganą dla samochodu o masie 2000 kg, aby przejechał 100. metrowy odcinek drogi nachylonej do poziomu pod kątem  $30^\circ$  w czasie 10 sek. Rozważyć 3 przypadki:

a) samochód porusza się ze stałą prędkością, b) początkowa prędkość samochodu jest równa zero, a końcowa 30 m/s, c) początkowa prędkość samochodu jest równa 35 m/s, a końcowa 5 m/s.

W obliczeniach pominać tarcie i opór powietrza.

**Zad. nr 2** za 3% [2016.10.14 15:00]

W zbiorniku o pojemności  $15,3 \text{ m}^3$  znajduje się hel He (4) o ciśnieniu 300 kPa i temperaturze  $20^\circ\text{C}$ . Na ile minut powinna być włączona grzałka o mocy 2 kW umieszczona w zbiorniku, aby ciśnienie w zbiorniku wzrosło o 1,5 bar? Ciepło właściwe helu dla tego przypadku ogrzewania wynosi  $3,118 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .

**Zad. nr 1** za 3% [2016.10.07 15:00]

Sześciąt wykonany z cyny ma krawędź równą 15 cm. Ile ciepła w kJ należy doprowadzić do sześciatu o temperaturze 299 K, aby rozpoczęło się jego topnienie? Jaką temperaturę w  $^\circ\text{C}$  będzie miał sześciąt bezpośrednio po stopieniu? Brakujące niezbędne dane określić na podstawie tablic fizycznych lub założyć.

### **ROK AKADEMICKI 2015/2016**

**Zad. nr 4** za 3% [2015.10.29 16:00]

Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu gazu zależy liniowo od temperatury. Ile ciepła należy dostarczyć do 1 kg gazu, aby go podgrzać od  $10^\circ\text{C}$  do  $40^\circ\text{C}$ , jeżeli na podgrzanie o pierwsze 10 K zużyto 9158 J ciepła, a na podgrzanie o drugie 10 K zużyto 9177 J ciepła.

**Zad. nr 3** za 3% [2015.10.23 15:00]

Metalowa kulka poruszająca się poziomo z prędkością  $w_1=250 \text{ m/s}$  przebija deskę i leci dalej z prędkością  $w_2=100 \text{ m/s}$ . O ile przyrosła temperatura kulki, jeżeli 10% jej energii kinetycznej pochłonęła deska. Ciepło właściwe metalu wynosi  $c=380 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Przypisać odpowiednie wyrażenia wszystkim składnikom równania bilansu.

**Zad. nr 2** za 4% [2015.10.13 16:00]

Różniczka pewnej funkcji stanu ma postać

$$dF = 2v^2 dp + 4pv dv$$

Oblicz przyrost funkcji  $F$  po zmianie stanu od  $p_1=1 \text{ bar}$ ,  $v_1=2 \text{ m}^3$  do  $p_2=2 \text{ bar}$ ,  $v_2=4 \text{ m}^3$ .

**Zad. nr 1** za 3% [2015.10.08 16:00]

Temperatura parzenia herbaty wynosi  $95^\circ\text{C}$ . Czy po zalaniu wrzątkiem listków herbaty wsypanych do porcelanowego kubka o pojemności 0,25 litra i wadze 1,2 N temperatura parzenia będzie odpowiednia? Brakujące niezbędne dane określić na podstawie tablic fizycznych lub założyć.

### **ROK AKADEMICKI 2014/2015**

**Zad. nr 13** za 5% [2015.01.13 09:00]

Obieg cieplny silnika składa się kolejno z izochory rozprężania, izentropy i izotermy. Maksymalne ciśnienie i maksymalna temperatura obiegu są odpowiednio równe 12 bar i 700 K. Praca izotermy wynosi 50 kJ. Czynnikiem roboczym jest 0,05 kg helu He (4). Obliczyć sprawność termiczną obiegu. Obieg przedstawić na wykresach p-V oraz T-S.

**Zad. nr 12** za 3% [2014.12.31 12:40]

Roztwór helu He (4) i tlenu O<sub>2</sub> (32) przy ciśnieniu 1,2 bar i temperaturze 320 K ma gęstość 0,75 kg/m<sup>3</sup>. Wyznaczyć skład molowy roztworu.

**Zad. nr 11** za 3% [2014.12.21 13:15]

W zbiorniku znajduje się 1,8 kmol roztworu o składzie kilogramowym: hel He (4) 0,18; dwutlenek węgla CO<sub>2</sub>(44) 0,49; tlen O<sub>2</sub>(32) 0,33. Ile kg helu należy dodać do zbiornika, aby jego udział kilogramowy w roztworze wzrósł do 0,25?

**Zad. nr 10** za 4% [2014.12.07 13:30]

0,15 kmol dwuatomowego gazu doskonałego o ciśnieniu 8 bar i objętości 0,5 m<sup>3</sup> zrealizowało przemianę termodynamiczną, podczas której energia wewnętrzna gazu wzrosła o 250 kJ. Ile była równa praca bezwzględna przemiany, jeżeli ciepło właściwe przemiany było stałe i wyniosło 26,19 kJ/(kmol·K)?

**Zad. nr 9** za 3% [2014.11.28 11:45]

Rzeczywiste ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu tlenu O<sub>2</sub> opisuje równanie

$$c_p(t) = 0,913 + 0,000187 \cdot t \quad \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

Jaką energię wewnętrzną ma 5 kg tlenu o temperaturze 400 K, jeżeli tlen o temperaturze 0 K ma energię wewnętrzną równą 0.

**Zad. nr 8** za 4% [2014.11.21 15:30]

Podczas ekspansji 2 kg helu He (4) stosunek ciśnienia gazu do jego objętości nie zmieniał się. Na końcu przemiany temperatura gazu była wyższa o 10 K niż na początku. (1) Jaką pracę bezwzględną wykonał gaz? (2) Ile ciepła pochłonął gaz? [Odpowiedź na pytanie nr (2) nieobowiązkowa. Można za nią otrzymać dodatkowo 2%]

**Zad. nr 7** za 4% [2014.11.16 13:00]

Trójatomowy gaz doskonały o parametrach 5 bar, 500 K, 0,2 m<sup>3</sup> podległ przemianie o równaniu

$$p \cdot V^{1,5} = \text{idem}$$

ekspandując do objętości 0,3125 m<sup>3</sup>. Molowe ciepło właściwe przemiany było równe 8314 J/(kmol·K). Obliczyć ciepło i pracę bezwzględną przemiany oraz przyrost energii wewnętrznej gazu podczas przemiany.

**Zad. nr 6** za 3% [2014.11.09 11:20]

Do 2 kg wody o temperaturze 20°C wrzucono kolejno kawałek srebra i kawałek niklu mających temperaturę 40°C. Po wrzuceniu srebra temperatura wody wzrosła o 2 K, po wrzuceniu niklu temperatura wody wzrosła o kolejne 2 K. Wyznaczyć ilości substancji metali w kg. Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Przypisać odpowiednie wyrażenia wszystkim składnikom równania bilansu.

**Zad. nr 5** za 4% [2014.11.04 11:15]

Podczas przemiany 1,7 kg azotu N<sub>2</sub> jego temperatura zmieniała się zgodnie z równaniem



$$T[K] = 300K + 0,2 \frac{K}{m^3} V[m^3]$$

Jaką pracę bezwzględną wykonał gaz, jeżeli jego objętość wzrosła od  $0,1 \text{ m}^3$  do  $0,6 \text{ m}^3$ ?

**Zad. nr 4** za 4% [2014.10.28 13:20]

Rzeczywiste ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu pewnej substancji zmienia się liniowo wraz z temperaturą. Wynosi ono  $451 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , dla temperatury  $20^\circ\text{C}$  oraz  $451,8 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  dla temperatury  $50^\circ\text{C}$ . Ile ciepła należy dostarczyć izobarycznie do  $5 \text{ kg}$  tej substancji, aby ją podgrzać od temperatury  $26,6^\circ\text{C}$  do temperatury  $67,4^\circ\text{C}$ .

**Zad. nr 3** za 3% [2014.10.24 11:25]

Kulka stalowa spadła swobodnie z wysokości  $20 \text{ m}$  na warstwę styropianu i zatrzymała się. O ile kelwinów wzrosła temperatura kulki, jeżeli  $10\%$  ciepła wydzielonego podczas zderzenia pochłonął styropian. Ciepło właściwe kulki wynosi  $0,444 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Przypisać odpowiednie wyrażenia wszystkim składnikom równania bilansu.

**Zad. nr 2** za 2% [2014.10.16 14:10]

Ze zbiornika zawierającego metan  $\text{CH}_4$  o ciśnieniu  $6 \text{ MPa}$  pobrano  $150 \text{ kg}$  gazu powodując spadek ciśnienia w zbiorniku o  $1,38 \text{ MPa}$ . Ile  $\text{kg}$  i  $\text{kmol}$  metanu zostało w zbiorniku? Założyć, że temperatura gazu w zbiorniku była stała.

**Zad. nr 1** za 2% [2014.10.07]

Obliczyć ile kosztuje przygotowanie  $1 \text{ litra}$  wody w czajniku elektrycznym. Przyjąć, że  $1 \text{ kWh}$  energii elektrycznej kosztuje  $55 \text{ gr}$ , a sprawność grzania  $Q/E_{\text{el}} = 0,98$ , gdzie  $Q$  jest ilością ciepła pochłoniętego przez wodę,  $E_{\text{el}}$  jest zużyciem energii elektrycznej. Brakujące niezbędne dane zaczerpnąć z odpowiednich tablic lub założyć.

## ROK AKADEMICKI 2013/2014

**Zad. nr 15** za 3% [16.01.14]

Obieg silnika składa się kolejno z izentropy kompresji 1-2, izobary i izochory. Parametry punktu 1 są następujące:  $1,5 \text{ bar}$ ,  $310 \text{ K}$ . Maksymalna temperatura w obiegu jest równa  $900 \text{ K}$ . Czynnikiem roboczym jest  $0,1 \text{ kg}$  azotu  $\text{N}_2$  (28). Obliczyć: pracę kompresji obiegu, ciepło doprowadzone do obiegu i sprawność termiczną obiegu. Obieg przedstawić na wykresach  $p$ - $V$  oraz  $T$ - $S$ .

**Zad. nr 14** za 3% [11.01.14]

Zbiornik gazu przedzielony jest przegrodą. W jednej części znajduje się  $5 \text{ kg}$  helu  $\text{He}$  (4) o ciśnieniu  $0,5 \text{ MPa}$  i temperaturze  $55^\circ\text{C}$ , w drugiej części jest  $50 \text{ um}^3$  wodoru  $\text{H}_2$  (2) o ciśnieniu  $0,1 \text{ MPa}$  i temperaturze  $10^\circ\text{C}$ . Przegrodę usunięto, gazy się wymieszały, a ich temperatury się wyrównały. Jakie ciśnienie wywierał hel na ścianki naczynia po wymieszaniu się gazów?

**Zad. nr 13** za 5% [02.01.14]

Do  $2 \text{ kg}$  pary wodnej o parametrach  $150^\circ\text{C}$ ,  $0,5 \text{ bar}$ , zawartej w układzie zamkniętym, doprowadzono izentropowo  $400 \text{ kJ}$  pracy. Korzystając z wykresu  $i$ - $s$  wyznacz temperaturę, ciśnienie i objętość pary na końcu przemiany. Na szkicu wykresu  $i$ - $s$  pokaż sposób odczytu parametrów wykorzystanych podczas rozwiązywania zadania.

**Zad. nr 12** za 3% [28.12.13]

Jaki strumień [kg/h] pary wodnej mokrej o ciśnieniu 6 bar i stopniu suchości 0,92 należy mieszać ze strumieniem wody 6000 kg/h o temperaturze 14°C, aby uzyskać wodę o temperaturze 45°C. Przyjąć, że strumień strat ciepła na rzecz otoczenia podczas mieszania wyniósł 800 W. Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Przypisać odpowiednie wyrażenia wszystkim składnikom równania bilansu.

**Zad. nr 11** za 3% [21.12.13]

Obieg cieplny silnika składa się z dwóch izobar 12 bar i 4 bar oraz dwóch izoterm 650 K i 310 K. Obliczyć: ciepło wyprowadzone z obiegu, sprawność termiczną obiegu i maksymalną objętość czynnika w obiegu. Obieg narysować na wykresach p-V i T-S. Kolejno ponumerować punkty charakterystyczne obiegu (punkty przecięcia przemian). Czynnikiem roboczym jest 0,15 kg argonu.

**Zad. nr 10** za 3% [15.12.13]

Zastępcza masa molowa roztworu helu He i azotu N<sub>2</sub> jest równa 7. Roztwór podgrzano *izobarycznie* od stanu 3 bar, 15°C, 4 m<sup>3</sup> do temperatury 65°C. Obliczyć pracę bezwzględną i ciepło przemiany oraz przyrost energii wewnętrznej roztworu. Przemianę narysować na wykresach p-V i T-S zaznaczając początek, koniec i kierunek przemiany oraz pracę bezwzględną i ciepło przemiany.

**Zad. nr 9** za 3% [07.12.13]

Do chłodnicy dopływa rurociągiem 0,4 kg/s azotu N<sub>2</sub> (28) o temperaturze 85°C pod ciśnieniem 6,5 bar. W chłodnicy azot oddaje 20 kW ciepła. Obliczyć temperaturę oraz gęstość azotu na wylocie z chłodnicy. Założyć, że chłodzenie azotu odbywa się przy stałym ciśnieniu. Zadanie rozwiązać wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Napisać co przyjęto za układ termodynamiczny. Przypisać odpowiednie wyrażenia wszystkim składnikom równania bilansu.

**Zad. nr 8** za 3% [23.11.13]

Podczas przemiany izobarycznej 1-2 energia wewnętrzna 2 kg etylenu C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> wzrosła o 120 kJ. Parametry początkowe gazu wynosiły 3 bar, 0,6 m<sup>3</sup>. Oblicz objętość końcową gazu oraz pracę bezwzględną przemiany. Praca została doprowadzona czy wyprowadzona? Odpowiedź na to pytanie uzasadnij. Przemianę naszkicuj na wykresach p-V oraz T-S.

**Zad. nr 7** za 3% [19.11.13]

Oblicz minimalną liczbę kulek ołowianych o średnicy 15 mm i temperaturze 85°C, które po wrzuceniu do 1 litra wody o temperaturze 20°C spowodują wzrost temperatury wody do 40°C. Zadanie rozwiąż wychodząc z równania pierwszej zasady termodynamiki. Niezbędne dodatkowe dane odczytaj z odpowiednich tabelic.

**Zad. nr 6** za 3% [15.11.13]

0,4 kg tlenu O<sub>2</sub> (32) o ciśnieniu 6 bar i temperaturze 100°C rozprężyło się politropowo do ciśnienia 3 bar. Temperatura końcowa gazu wyniosła 44,84°C. Oblicz ciepło i pracę bezwzględną przemiany. Przybliżony przebieg przemiany naszkicuj na wykresach p-V oraz T-s.

**Zad. nr 5** za 3% [08.11.13]

W układzie odosobnionym znajdują się dwa kawałki miedzi, każdy o masie 2 kg i ciepłe właściwym 385 J/(kg·K). Temperatura jednego z nich była równa 40°C, a drugiego 80°C. Metale zetknięto ze sobą, aż do

wyrównania temperatury. Obliczyć sumę przyrostów entropii układu i otoczenia dla procesu. Czy proces był odwracalny? Odpowiedź uzasadnić.

**Zad. nr 4** za 3% [04.11.13]

W układzie zamkniętym znajduje się 0,7 kg metanu  $\text{CH}_4$  (16) o objętości  $0,15 \text{ m}^3$ . Po ekspansji gazu temperatura w układzie była równa  $343,65 \text{ K}$ . Obliczyć pracę bezwzględną przemiany, jeżeli ciśnienie w układzie zmieniało się zgodnie z równaniem

$$p(V) = (0,9 - 1,3 \cdot V[\text{m}^3]) \cdot 10^6 \quad [\text{Pa}] \quad (4.1)$$

**Zad. nr 3** za 3% [31.10.13]

Ile kg helu He (4) dostarczono rurociągiem do zbiornika o objętości  $2 \text{ m}^3$ , jeżeli przed napełnieniem parametry w zbiorniku były równe  $5 \text{ bar}$ ,  $30^\circ\text{C}$ , a po napełnieniu  $6 \text{ bar}$ ,  $50^\circ\text{C}$ . Jaką temperaturę miał dostarczony hel?

**Zad. nr 2** za 3% [25.10.13]

Zbiorniki A oraz B zawierają azot  $\text{N}_2$  (28). W zbiorniku A jest  $5 \text{ kg}$  gazu o ciśnieniu  $2 \text{ bar}$  i temperaturze  $30^\circ\text{C}$ . W zbiorniku B jest  $8 \text{ kg}$  gazu o ciśnieniu  $6 \text{ bar}$  i temperaturze  $60^\circ\text{C}$ . Zbiorniki połączono, parametry w zbiornikach uległy wyrównaniu. Oblicz ciśnienie, temperaturę i objętość końcową gazu, jeżeli podczas przemiany  $800 \text{ J}$  ciepła przepłynęło do otoczenia.

**Zad. nr 1** za 3% [22.10.13]

Rzeczywiste ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu tlenu  $\text{O}_2$  (32) opisuje równanie:

$$c_p(t) = 913 + 0,187 \cdot t \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad (1.1)$$

Do  $1 \text{ um}^3$  tlenu o temperaturze  $310 \text{ K}$  doprowadzono izobarycznie  $10 \text{ kJ}$  ciepła. Jaką temperaturę, w  $\text{K}$ , osiągnął tlen?