

12. Ilość ciepła i ciepło właściwe.

Autor zadań od 12.1 do 12.10 - Bogusław Kusz.

12.1.

W zamkniętej butelce o objętości $V_0=500\text{cm}^3$ znajduje się woda mineralna o temperaturze $t_0=20^\circ\text{C}$. Po pewnym czasie słońce ogrzało butelkę do temperatury $t_k=40^\circ\text{C}$. Oblicz ile energii słonecznej pochłonęła butelka. Dane: masa szkła $m_{sz}=300\text{g}$, ciepło właściwe szkła $c_{wsz}=0,75\text{ kJ}/(\text{kg K})$, ciepło właściwe wody $c_w=4,18\text{ kJ}/(\text{kg K})$, gęstość wody $\rho=1\text{g}/\text{cm}^3$.

12.2.

Do styropianowego kubka z herbatą o masie $m_h=100\text{g}$ i temperaturze $t_h=80^\circ\text{C}$ wrzucono kostkę lodu o masie $m_L=20\text{g}$ i temperaturze $t_L=-5^\circ\text{C}$. Cała kostka lodu uległa stopieniu. Oblicz temperaturę końcową herbaty przy założeniu, że wymianę ciepła układu z otoczeniem można zaniedbać. Dane: ciepło właściwe wody $c_w=4,18\text{ J}/(\text{g deg})$, ciepło właściwe lodu $c_{wL}=2,09\text{ J}/(\text{g deg})$, ciepło topnienia lodu $q_{tL}=332\text{ J}/\text{g}$.

12.3.

Hartowanie stali polega na szybkim ochłodzeniu rozgrzanego metalu. Po wrzuceniu stali o masie $m_s=5\text{kg}$ i temperaturze $t_s=800^\circ\text{C}$ do wody o masie $m_w=20\text{kg}$ i temperaturze $t_w=20^\circ\text{C}$ wyparowało 1% wody. Oblicz temperaturę końcową wody wraz z hartowanym elementem przy założeniu, że wymianę ciepła układu z otoczeniem można zaniedbać. Dane: ciepło właściwe wody $c_w=4,18\text{ J}/(\text{g deg})$, ciepło parowania wody $q_{pw}=2260\text{ J}/\text{g}$, właściwe stali $c_{ws}=0,46\text{ J}/(\text{g deg})$,

12.4.

Oszacuj cenę zagotowania wody o temperaturze $t_0=15^\circ\text{C}$ w czajniku elektrycznym o mocy $P=2000\text{ W}$ i pojemności 1,5 litra. Założenie: wydajność procesu $\eta=80\%$, cena prądu elektrycznego za 1kWh $C=0,1\text{euro}$.

12.5.

Wentylator chłodzi procesor w komputerze. Wydmuchiwane z szybkością $S=120\text{ l}/\text{min}$ powietrze ma temperaturę $t_p=35^\circ\text{C}$. Oszacować moc wydzieloną w procesorze jeśli temperatura powietrza przy wlocie wynosi 20°C . Dane: gęstość powietrza $\rho=1,2\text{ kg}/\text{m}^3$, ciepło właściwe powietrza przy stałym ciśnieniu $c_{pp}=1020\text{ J}/(\text{kg K})$.

12.6.

Oszacować koszt kąpieli pod prysznicem jeśli woda jest podgrzewana z wydajnością 90% przez przepływowy ogrzewacz elektryczny. Założenia: czas kąpieli $t=20\text{min}$, szybkość wypływu wody $s=6\text{ l}/\text{min}$, temperatura wody na wejściu podgrzewacza $t_w=16^\circ\text{C}$, temperatura wody podczas kąpieli $t_k=40^\circ\text{C}$, cena prądu elektrycznego $c_p=0,1\text{euro}/\text{kWh}$, cena wody $c_w=1\text{euro}/\text{m}^3$, ciepło właściwe wody $c_w=4,18\text{ J}/(\text{g deg})$, gęstość wody $\rho=1\text{g}/\text{cm}^3$.

12.7.

Dlaczego nie można pospawać za pomocą palnika acetylo-tlenowego pękniętej rury wodociągowej jeśli jest w niej woda?

12.8.

Naszkiecować wykres zmian temperatury szklanki gorącej herbaty stojącej w pokoju o temperaturze ok. 20°C .

12.9.

Dlaczego mimo wysokiej temperatury np. 28°C przy nawet przy dość słabym wietrze czujemy chłód po wyjściu z jeziora ?

12.10.

Dlaczego po dodaniu zbyt dużej ilości utwardzacza do syntetycznej żywicy (np. poliestrowej) następuje jej rozgrzanie ?

12.Rozwiązania:

12.1.R.

Ciepło pobrane przez układ jest sumą ciepła potrzebnego do ogrzania szkła i wody czyli:

$$Q = Q_{sz} + Q_w = m_{sz}c_{sz}(t_k - t_0) + m_w c_w(t_k - t_0) = (m_{sz}c_{sz} + \rho_w V_w c_w)(t_k - t_0) = 46,3 \text{ kJ} .$$

12.2.R.

Ponieważ herbata jest zabarwioną wodą więc można założyć, że jej własności cieplne są takie same jak czystej wody. W opisanym w zadaniu procesie herbata będzie oddawać ciepło, które potrzebne jest do:

1. ogrzania lodu do temperatury 0°C ,
2. stopienia lodu w temperaturze 0°C
3. ogrzania powstałej po stopieniu wody do temperatury końcowej.

$$Q_{odd} = Q_{ogrz.lodu} + Q_{topnienia} + Q_{ogrz.wody}$$

czyli $m_w c_w(t_h - t_k) = m_L c_{wL}(0^{\circ}\text{C} - t_L) + m_L q_{tL} + m_L c_w(t_k - 0^{\circ}\text{C})$

$$t_k = \frac{m_h c_w t_h + m_L c_{wL} t_L - m_L q_{tL}}{(m_L + m_h) c_w} = 53,3^{\circ}\text{C} .$$

12.3.R.

Rozgrzany metal oddaje ciepło wodzie, przy czym część tej wody ulegnie odparowaniu. Można obliczyć ciepło:

1. oddane przez metal ochłodzony do temperatury końcowej t_k $Q_{oddane} = m_s c_{ws}(t_s - t_k)$,
2. ciepło pobrane przez wodę do ogrzania do temperatury t_k $Q_{pobrane1} = m_w c_w(t_k - t_w)$,
3. ciepło pobrane przez wodę, która następnie odparowała $Q_{pobrane2} = 0,01 \cdot m_w c_w(100^{\circ}\text{C} - t_k)$,
4. ciepło pobrane przez wodę na odparowanie $Q_{pobrane3} = 0,01 \cdot m_w q_{pw}$.

Przy założeniu, że układ woda-stal jest dobrze izolowany od otoczenia, bilans ciepła ma postać:

$$Q_{oddane} = Q_{pobrane1} + Q_{pobrane2} + Q_{pobrane3} .$$

Obliczona na mocy powyższego równania temperatura końcowa wynosi $t_k = 35^{\circ}\text{C}$.

12.4.R.

Do ogrzania masy $m_w = 1,5 \text{ kg}$ (1,5 litra) wody potrzeba dostarczyć ciepło:

$$Q = m_w c_w(t_k - t_p) = 533 \text{ kJ} .$$

Uwzględniając sprawność procesu praca prądu elektrycznego wynosi:

$$W = \frac{Q}{\eta} = 666 \text{ kJ} .$$

Ponieważ $1\text{kWh} = 1000\text{ W} \cdot 3600\text{s} = 3600\text{ kJ}$ to cena zagotowanie wody w tych warunkach wynosi: 0,02 euro.

12.5.R.

W równowadze termodynamicznej (temperatura procesora jest stała) możemy założyć, że moc wydzielona w procesorze jest równa szybkości odprowadzenia ciepła co można zapisać w postaci:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t}.$$

Ciepło Q pobrane przez powietrze można opisać:

$$Q = m_p c_{pp} (t_p - t_w) = \rho V_p c_{pp} (t_p - t_w) = S t \rho c_{pp} (t_p - t_w).$$

$$\text{Dlatego } P = \frac{Q}{t} = S \rho c_{pp} (t_p - t_w) = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1020 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 15\text{K} = 36,8\text{W}.$$

12.6.R.

Rozwiązując zadanie analogicznie do zadania 12.5 otrzymamy:

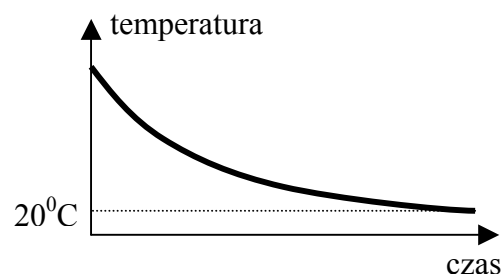
zużycie wody $V=0.12\text{ m}^3$,
zużycie prądu $W=13376\text{ kJ}$,
cena kąpieli $C=0,5\text{ euro}$.

12.7.R.

Duże ciepło parowania, duża pojemność cieplna oraz dobre przewodnictwo cieplne wody uniemożliwiają rozgrzanie metalu rury do odpowiedniej temperatury.

12.8.R.

Ponieważ szybkość przekazywania ciepła zależy także od różnicy temperatur obiektów dlatego szybkość chłodzenia się herbaty zmniejsza się z czasem co widać na wykresie jako zmianę nachylenia krzywej chłodzenia.



12.9.R.

Wiatr i wysoka temperatura powoduje, że następuje szybkie parowanie kropeł wody pokrywających ciało. Ponieważ woda ma duże ciepło parowania następuje chwilowe ochłodzenie powierzchni ciała.

12.10.R.

Dodanie utwardzacza do płynnej żywicy powoduje jej polimeryzację. Jest to proces egzotermicznego „krzepnięcia” czyli proces, w którym następuje wydzielanie ciepła. Jeśli proces polimeryzacji jest szybki to może nastąpić nawet znaczne ogrzanie żywicy.