Fizyka

wykład 6

zadania

str. 125 zad. 1
W zadaniu mamy dane $t_1 = 0{,}23$ s i $t_2 = 0{,}12$ s. Ponadto wiadomo, że prędkość dźwięku w powietrzu wynosi $v = 343$ m/s (zob. wykład 6 str. 120).
Ad a)
Mamy

$$s_1 = vt_1 = 343 \cdot 0{,}23 \approx 79 \text{ m}.$$

Ad b)

$$s_2 = vt_2 = 343 \cdot 0{,}12 \approx 41 \text{ m}.$$

Ad c)
Ponieważ trójkąt jest prostokątny, więc z twierdzenia Pitagorasa otrzymujemy

$$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{79^2 + 41^2} = \sqrt{7922} \approx 89 \text{ m}.$$

str. 125 zad. 5
Danymi są $\nu = 300$ Hz oraz

$$I = 1\,\frac{\mu\text{W}}{\text{m}^2} = 10^{-6}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 10^{-6}\,\frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{m}^2} = 10^{-6}\,\frac{\text{kg}}{\text{s}^3}.$$

Dla natężenia dźwięku mamy wzór (zob. wykład 6 wzór (15.17))

$$I = \frac{1}{2}\rho v \omega^2 s_m^2, \tag{1}$$

gdzie $\rho = 1{,}21\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ oznacza gęstość powietrza (w temperaturze 20° C pod ciśnieniem 1 atm), $v = 343\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ – prędkość dźwięku w powietrzu, ω – częstość kołową, a s_m – szukaną amplitudę drgań. Ponieważ

$$\omega = 2\pi\nu,$$

więc po podstawieniu tej wielkości do wzoru (1) otrzymujemy

$$I = \frac{1}{2}\rho v (2\pi\nu)^2 s_m^2,$$

skąd

$$s_m = \sqrt{\frac{2I}{\rho v}} \cdot \frac{1}{2\pi\nu}. \tag{2}$$

Dla jednostek we wzorze (2) mamy

$$\sqrt{\frac{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^3}}{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}\cdot\frac{1}{\frac{1}{\mathrm{s}}}}=\sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}\cdot\mathrm{s}=\mathrm{m},$$

czyli amplituda będzie wyrażona w metrach. Po podstawieniu danych do wzoru (2) otrzymujemy

$$s_m=\sqrt{\frac{2\cdot 10^{-6}}{1{,}21\cdot 343}}\cdot\frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 300}\approx 0{,}0694\cdot 10^{-3}\cdot 5{,}31\cdot 10^{-4}$$
$$\approx 0{,}37\cdot 10^{-7}=3{,}7\cdot 10^{-8}\ \mathrm{m}=3{,}7\ \mathrm{nm}.$$

str. 126 zad. 10

Częstotliwość fali dla detektora (w zadaniu: pirata) oddalającego się od źródła jest dana wzorem (zob. wykład 6 wzór (15.18))

$$\nu'=\nu\frac{v-v_D}{v-v_S},$$

gdzie ν oznacza częstotliwość fali wysyłanej ze źródła, v_D – prędkość detektora, v_S – prędkość źródła. Po podstawieniu danych występujących w zadaniu (prędkość fali dźwiękowej w powietrzu wynosi v = 343 m/s, a $v_D = v_S$ = 160 km/h = 44,4 m/s) mamy

$$\nu'=540\cdot\frac{343-44{,}4}{343-44{,}4}=540\ \mathrm{Hz}.$$

Stąd

$$\nu'-\nu=540-540=0\ \mathrm{Hz},$$

a więc żadne dopplerowskie przesunięcie częstotliwości nie występuje.

str. 132 zad. 2

Przejście od stopni Celsjusza do stopni Farenheita określa wzór (zob. wykład 6 str.127)

$$T_F=\left(\frac{9}{5}T_C+32\right)^\circ\ \mathrm{F}. \tag{3}$$

Ad a)

Należy określić liczbę stopni Farenheita, by $T_F=2T_C$, czyli $T_C=\frac{1}{2}T_F$. Po podstawieniu tej wielkości do wzoru (3) otrzymujemy

$$T_F=\frac{9}{5}\cdot 2T_F+32,$$

czyli

$$\frac{1}{10}T_F=32,$$

skąd

$$T_F=320^\circ\ \mathrm{F}.$$

Ad b)
Teraz należy określić liczbę stopni Farenheita, aby $T_F = \frac{1}{2} T_C$, czyli tym razem $T_C = 2T_F$ i po podstawieniu tej wielkości do wzoru (3) mamy

$$T_F = \frac{9}{5} \cdot 2T_F + 32,$$

czyli

$$-\frac{13}{5} T_F = 32,$$

skąd

$$T_F = -\frac{5 \cdot 32}{13} \approx -12{,}3° \text{ F}.$$

str. 132 zad. 4
Zmiana objętości ciała stałego pod wpływem zmiany temperatury jest dana wzorem (zob. wykład 6 str. 128)

$$\Delta V = V\beta\Delta T,$$

gdzie β oznacza współczynnik rozszerzalności objętościowej, przy czym $\beta = 3\alpha$, gdzie α oznacza z kolei współczynnik rozszerzalności liniowej. Nowa objętość będzie równa

$$V' = V + \Delta V,$$

czyli

$$V' = V + 3V\alpha\Delta T. \tag{4}$$

Dla ołowiu mamy $\alpha = 29 \cdot 10^{-6} \frac{1}{°\text{C}}$. Ponadto w zadaniu jest dana objętość $V = 50$ cm^3 oraz zmiana temperatury $\Delta T = 30°\text{C} - 60°\text{C} = -30°\text{C}$. Uwzględniając te dane we wzorze (4) otrzymujemy

$$V' = 50 + 3 \cdot 29 \cdot 10^{-6} \cdot (-30) = 50 - 0{,}13 = 49{,}87 \text{ cm}^3.$$

str. 132 zad. 8
W zadaniu mamy dane $m = 130$ g $= 130 \cdot 10^{-3}$ kg oraz $T_{pocz} = 15°\text{C} = 288$ K Ponadto z tablic fizycznych wiemy, że temperatura topnienia srebra wynosi $T_{konc} = 1235$ K. Ciepło potrzebne do zmiany temperatury z T_{pocz} do T_{konc} jest dane wzorem (zob. wykład 6 str. 128)

$$Q_1 = mc(T_{konc} - T_{pocz}),$$

gdzie c oznacza ciepło właściwe srebra, które jest równe (z tablic fizycznych) $236 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$. Ilość ciepła potrzebna do stopienia całego srebra wynosi (zob. wykład 6 str. 128)

$$Q_2 = c_{top} m,$$

gdzie c_{top} oznacza ciepło topnienia srebra równe (z tablic fizycznych) $105 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Łączna ilość ciepła wynosi

$$Q = Q_1 + Q_2 = mc(T_{konc} - T_{pocz}) + c_{top} m.$$

Po podstawieniu danych do tego wzoru otrzymujemy

$$Q = 130 \cdot 10^{-3} \cdot 236(1235 - 288) + 105 \cdot 130 \cdot 10^{-3} = 29{,}05 + 13{,}67 = 42{,}7 \text{ kJ}.$$

str. 140 zad. 2

Podstawowym wzorem wiążącym ciśnienie, objętość i temperaturę gazu jest (zob. wykład 6 wzór (17.1))

$$pV = nRT, \tag{5}$$

w którym n oznacza liczbę moli gazu, a R = 8,31 J/(mol · K) – stałą gazową. W zadaniu mamy dane T_1 = 40°C = 313 K, $p_1 = 1{,}01 \cdot 10^5$ Pa = $1{,}01 \cdot 10^5$ N/m^2, V_1 = 1000 cm^3 = $1000 \cdot 10^{-6}$ m^3, p_2 = 1,06 · 105 Pa = 1,06 · 105 N/m^2 i V_2 = 1500 cm^3 = $1500 \cdot 10^{-6}$ m^3.

Ad a)

Z wzoru (5) otrzymujemy

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1},$$

skąd po podstawieniu danych mamy

$$n = \frac{1{,}01 \cdot 10^5 \cdot 1000 \cdot 10^{-6}}{8{,}31 \cdot 313} = \frac{1010 \cdot 10^{-1}}{2601{,}03} \approx 0{,}0388 \text{ mol}.$$

Ad b)

Na podstawie wzoru (5) mamy

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{nR}.$$

Uwzględniając dane i wartość n otrzymaną w p. a) mamy

$$T_2 = \frac{1{,}06 \cdot 10^5 \cdot 1500 \cdot 10^{-6}}{0{,}0388 \cdot 8{,}31} = \frac{1500 \cdot 10^{-1}}{0{,}322428} \approx 493 \text{ K} = 220° \text{ C}.$$

str. 140 zad. 5

Prędkość średnia kwadratowa jest dana wzorem (zob. wykład 6 wzór (17.6))

$$v_{sr.kw.} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \tag{6}$$

W zadaniu mamy dane T = 2,7 K i $M = 2{,}02 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. Ponadto R = 8,31 J/(mol · K) (stała gazowa). Po podstawieniu tych danych do wzoru (6) otrzymujemy

$$v_{sr.kw.} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}31 \cdot 2{,}7}{2{,}02 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{67{,}311}{2{,}02} \cdot 10^3} \approx \sqrt{3{,}33 \cdot 10^4} \approx 1{,}8 \cdot 10^2 \ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

str. 144 zad. 2

Zmianę entropii określa wzór (zob. wykład 6 str. 143)

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_{konc}}{V_{pocz}} + nC_V \ln \frac{T_{konc}}{T_{pocz}}. \tag{7}$$

Ponieważ $T_{konc} = T_{pocz} = 77°C$, więc $T_{konc} / T_{pocz} = 1$, a stąd $\ln(T_{konc} / T_{pocz}) = 0$. Wzór (7) przyjmuje zatem postać

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_{konc}}{V_{pocz}},$$

skąd

$$n = \frac{\Delta S}{R \ln \frac{V_{konc}}{V_{pocz}}}.$$

Uwzględniając, że $R = 8{,}31$ J/(mol · K) (stała gazowa) oraz dane występujące w zadaniu otrzymujemy

$$n = \frac{22}{8{,}31 \cdot \ln \frac{3{,}4}{1{,}3}} \approx \frac{22}{8{,}31 \cdot \ln 2{,}6154} \approx \frac{22}{8{,}31 \cdot 0{,}9614} \approx \frac{22}{7{,}9892} \approx 2{,}75 \text{ mol.}$$