

## **Małopolski Konkurs z Fizyki dla uczniów szkół podstawowych województwa małopolskiego w roku szkolnym 2020/21**

Zazwyczaj wiedza i umiejętności ucznia z danego przedmiotu są sprawdzane w szkole podczas sprawdzianu lub egzaminu. Uczniowie, którzy wykazują szczególne zainteresowanie przedmiotem, często biorą udział w konkursach przedmiotowych i tematycznych.

Na łamach *Neutrino* nie raz gościły zadania na przykład z Ogólnopolskiego Konkursu Nauk Przyrodniczych „Światlik” oraz z Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko”. W tym numerze *Neutrino* prezentujemy zadania i ich rozwiązania z Małopolskiego Konkursu z Fizyki dla uczniów szkół podstawowych (etap szkolny i rejonowy 2020/21).

Organizatorem konkursu jest Kuratorium Oświaty w Krakowie wspólnie z Oddziałem Krakowskim Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Zawody finałowe oraz uroczyste wręczenie nagród i dyplomów odbywają się na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Oprócz nagród rzeczowych (książki, teleskopy astronomiczne itp.), laureaci jako dodatkową nagrodę otrzymują możliwość zwiedzania laboratoriów naukowo-badawczych Wydziału FAIS UJ.

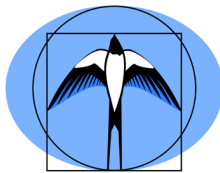
Zadania oraz klucze rozwiązań są dostępne na stronie internetowej

<https://kuratorium.krakow.pl/malopolski-konkurs-z-fizyki/> oraz

<https://kuratorium.krakow.pl/category/szkoly-i-placowki/konkursy-przedmiotowe/>

Mamy nadzieję, że lektura tego numeru zachęci Cię i pomoże Ci się przygotować do wzięcia udziału w konkursie fizycznym w Twoim województwie. Powodzenia!

Witold Zawadzki



KURATORIUM OŚWIATY  
W KRAKOWIE



Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Oddział Krakowski

## **Dlaczego warto brać udział w konkursach przedmiotowych i tematycznych**

Istnieje wiele powodów, dla których warto brać udział w konkursach szkolnych. Oto niektóre z nich:

1. Rozwijanie umiejętności – konkursy często wymagają od uczestników rozwiązania złożonych zadań lub prezentacji. To doskonała okazja do rozwoju umiejętności badawczych, analitycznych, matematycznych czy artystycznych.
2. Poszerzanie wiedzy – przygotowując się do konkursu, uczniowie muszą pogłębiać swoją wiedzę w danym temacie. To skuteczny sposób na uczenie się nowych rzeczy i utrwalanie już zdobytej wiedzy.
3. Motywacja do nauki – konkursy szkolne stanowią cel do osiągnięcia, co może dodatkowo motywować uczniów do nauki i rozwijania swoich umiejętności.
4. Konkurencja – rywalizacja może pomóc uczniom nauczyć się radzenia sobie w stresujących sytuacjach, budować pewność siebie i uczyć się zarządzania czasem.
5. Życiowe umiejętności – konkursy mogą pomóc uczniom w rozwijaniu umiejętności, które przydadzą się w życiu codziennym, takich jak umiejętność publicznych wystąpień, pracy w zespole czy rozwiązywania problemów.
6. Wyróżnienie się – sukces w konkursie może być punktem na liście osiągnięć lub przy rekrutacji do szkoły ponadpodstawowej albo na studia. Może to również zwiększyć szanse na uzyskanie stypendium lub nagrody.
7. Budowanie pewności siebie – dla wielu uczniów udział w konkursach to okazja do przełamania swoich barier i zbudowania większej pewności siebie.
8. Rozwijanie pasji – konkursy szkolne często skupiają się na konkretnej dziedzinie, co pozwala uczniom odkryć i rozwijać swoje pasje i zainteresowania.
9. Budowanie historii życiowej – sukcesy w konkursach mogą tworzyć ciekawą historię życiową, która może być przydatna w przyszłej karierze zawodowej.
10. Integracja społeczna: konkursy szkolne mogą być okazją do nawiązywania nowych przyjaźni i budowania relacji z rówieśnikami o podobnych zainteresowaniach.

Najważniejsze jest, aby uczniowie mieli możliwość uczestniczenia w takich wydarzeniach w sposób, który będzie dla nich pozytywnym doświadczeniem i będzie sprzyjał ich rozwojowi.

**Etap szkolny (czas rozwiązywania: 90 minut)**

W obliczeniach przyjmij:

wartość przyspieszenia ziemskiego  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  
 gęstość wody  $d_w = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

**Zadania i rozwiązania****Zadanie 1. (12 pkt.)**

Pan Wiktor i pan Tymoteusz wybrali się na wycieczkę z Krakowa do Wrocławia. Każdy z nich miał do przebycia 270 km.

- a) Podróż pana Wiktora z Krakowa do Wrocławia trwała 3 godziny. Oblicz średnią wartość prędkości, z jaką pokonał całą trasę. Wynik zapisz w jednostkach podstawowych SI.

**Dane:**

$$s = 270 \text{ km}$$

$$t = 3 \text{ h}$$

**Szukane:**

$$u_{\text{sr}}$$

**Rozwiązanie:**

Średnia wartość prędkości to iloraz drogi i czasu ruchu:

$$u_{\text{sr}} = \frac{s}{t},$$

a zatem

$$u_{\text{sr}} = \frac{270 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Podstawową jednostką odległości w SI jest metr (m), a czasu sekunda (s), więc przeliczamy:

$$u_{\text{sr}} = 90 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

**Odpowiedź:** Średnia wartość prędkości pana Wiktora jest równa 25 m/s.

- b) Panowie jechali dwoma samochodami. Pan Wiktor miał jeszcze do przebycia 45 km, a pan Tymoteusz znajdował się 15 km za panem Wiktozem. Oblicz największą szybkość, z jaką powinien jechać pan Wiktor, aby pan Tymoteusz dogonił go jeszcze przed Wrocławem. Przyjmij, że oba pojazdy poruszają się ruchem jednostajnym, a samochód pana Tymoteusza porusza się z szybkością 108 km/h.

**Dane:**

$$s_1 = 45 \text{ km}$$

$$s_2 = 45 \text{ km} + 15 \text{ km} = 60 \text{ km}$$

$$u_2 = 108 \text{ km/h} = 108000 \text{ m}/3600 \text{ s} = 30 \text{ m/s}$$

**Szukane:**

$$u_{1 \text{ max}}$$

**Rozwiązanie:**

Korzystając ze wzoru na czas trwania ruchu jednostajnego, obliczamy czas, po jakim pan Tymoteusz dojedzie do Wrocławia:

$$t = \frac{s_2}{u_2} = \frac{60\,000 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = 2000 \text{ s.}$$

Stosując wzór na średnią szybkość (średnią wartość prędkości), obliczymy największą szybkość, z jaką może jechać pan Wiktor:

$$u_{1\max} = \frac{s_1}{t} = \frac{45\,000 \text{ m}}{2000 \text{ s}} = 22,5 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

co można wyrazić w km/h:

$$u_{1\max} = 22,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 22,5 \frac{1000}{3600} \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 81 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

**Odpowiedź:** Największa szybkość, z jaką może jechać pan Wiktor, aby pan Tymoteusz dogonił go jeszcze przed Wrocławiem, wynosi 22,5 m/s.

- c) Dojeżdżając do punktu poboru opłat na autostradzie, pan Wiktor zwolnił – w ciągu 5 sekund wartość jego prędkości malała jednostajnie od 30 m/s do 20 m/s.
- Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim poruszał się samochód pana Wiktora na tym etapie ruchu.

**Dane:**

$$\Delta t = 5 \text{ s}$$

$$u_1 = 30 \text{ m/s}$$

$$u_2 = 20 \text{ m/s}$$

**Szukane:**

$$a$$

**Rozwiązanie:**

Skorzystamy ze wzoru na wartość przyspieszenia:

$$a = \left| \frac{\Delta u}{\Delta t} \right| = \left| \frac{20 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} \right| = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

**Odpowiedź:** Samochód pana Wiktora podczas hamowania poruszał się z przyspieszeniem (opóźnieniem) o wartości 2 m/s<sup>2</sup>.

- Określ kierunek i zwrot siły wypadkowej (względem kierunku i zwrotu prędkości pojazdu) działającej wtedy na samochód wraz z pasażerami.

**Odpowiedź:** Wypadkowa siła działająca na samochód ma kierunek poziomy i jest zwrócona do tyłu (przeciwnie do zwrotu prędkości).

- Oblicz wartość siły wypadkowej działającej wtedy na samochód wraz z pasażerami. Całkowita masa pojazdu wraz z pasażerami wynosi 1,5 tony.

**Dane:**

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$m = 1,5 \text{ tony} = 1500 \text{ kg}$$

**Szukane:**

$$F_{\text{wypadkowa}}$$

**Rozwiązanie:**

Skorzystamy z II zasady dynamiki Newtona:

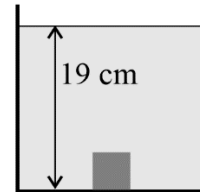
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{wypadkowa}}}{m},$$

$$\text{a stąd } F_{\text{wypadkowa}} = m \cdot a = 1500 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 = 3000 \text{ N}.$$

**Odpowiedź:** Wypadkowa siła działająca na samochód podczas hamowania miała wartość 3000 N.

**Zadanie 2. (19 pkt.)**

W naczyniu z wodą znajduje się bryłka wykonana z aluminium o gęstości  $2700 \text{ kg/m}^3$  (rysunek). Bryłka ma kształt sześcianu o krawędzi 4 cm, a jej objętość jest równa  $64 \text{ cm}^3$ .



- a) Wyjaśnij, dlaczego aluminiowa bryłka zanurzona w wodzie tonie.

**Odpowiedź:**

Aluminiowa bryłka zanurzona w wodzie tonie, ponieważ gęstość aluminium jest większa od gęstości wody, a więc działająca na bryłkę siła wyporu ma mniejszą wartość niż siła ciężkości bryłki.

- b) Oblicz masę bryłki.

**Dane:**

$$d = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 64 \text{ cm}^3 = 64 \cdot 0,000001 \text{ m}^3 = 0,000064 \text{ m}^3$$

**Szukane:**  $m$ **Rozwiązanie:**

Gęstość to iloraz masy ciała i jego objętości:

$$d = \frac{m}{V},$$

$$\text{zatem } m = d V = 2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,000064 \text{ m}^3 = 172,8 \text{ g} \approx 173 \text{ g} = 0,173 \text{ kg}.$$

**Odpowiedź:** Masa bryłki jest równa 0,173 kg.

- c) Oblicz wartość siły ciężkości działającej na bryłkę.

**Dane:**

$$m = 0,173 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

**Szukane:**

$$F_c$$

**Rozwiązanie:**

Zastosujemy wzór wyrażający zależność wartości siły ciężkości ciała od jego masy:

$$F_c = m \cdot g,$$

skąd otrzymujemy  $F_c = 0,173 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 1,73 \text{ N}$ .

**Odpowiedź:** Siła ciężkości działająca na bryłkę ma wartość 1,73 N.

- d) Oblicz wartość siły parcia na górną ściankę bryłki. Ciśnienie atmosferyczne wynosi 1000 hPa.

**Dane:**

$$a = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$d_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$h = 19 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$p_0 = 1000 \text{ hPa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

**Szukane:**

$$F_{\text{parcia}}$$

**Rozwiązanie:**

Ciśnienie cieczy przy górnej ściance bryłki obliczymy ze wzoru

$$p = d_w g h + p_0,$$

gdzie  $p_0$  to ciśnienie powietrza przy powierzchni cieczy. Otrzymujemy:

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,15 \text{ m} + 100\,000 \text{ Pa} = 101\,500 \text{ Pa}.$$

Pole powierzchni ścianki jest równe  $S = a^2 = (0,04 \text{ m})^2 = 0,0016 \text{ m}^2$ .

Siła parcia cieczy na górną ściankę bryły ma wartość

$$F_{\text{parcia}} = p \cdot S = 101\,500 \text{ Pa} \cdot 0,0016 \text{ m}^2 \approx 162 \text{ N}.$$

**Odpowiedź:** Na górną ściankę bryłki działa siła parcia o wartości ok. 162 N.

- e) Oblicz wartość siły, jaką należy działać pionowo do góry na bryłkę całkowicie zanurzoną w wodzie, aby bryłka nie dotykała dna naczynia.

**Dane:**

$$d_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$V = 64 \text{ cm}^3 = 0,000064 \text{ m}^3$$

**Szukane:**

$$F$$

**Rozwiązanie:**

Na bryłkę całkowicie zanurzoną w wodzie działa, oprócz zwróconej w dół siły ciężkości o wartości  $F_c = 1,73 \text{ N}$  obliczonej w punkcie c), także zwrócona do góry siła wyporu o wartości

$$F_{\text{wyporu}} = d_w g V_{\text{zan}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,000064 \text{ m}^3 = 0,64 \text{ N}.$$

Bryłka nie będzie dotykać dna naczynia, gdy wypadkowa wyżej wymienionych sił oraz dodatkowej siły, którą należy działać na bryłkę, będzie równa zero (I zasada dynamiki Newtona), a więc szukana siła powinna mieć wartość  $F = F_c - F_{\text{wyporu}} = 1,73 \text{ N} - 0,64 \text{ N} = 1,09 \text{ N}$ .

**Odpowiedź:** Na bryłkę należy działać pionowo do góry siłą o wartości 1,09 N.

- f) Oblicz pracę, jaką należy wykonać, aby bryłkę początkowo spoczywającą na dnie naczynia bardzo powoli podnieść pionowo do góry o 10 cm. Pomiń opory ruchu.

**Dane:**

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

**Szukane:**

$$W$$

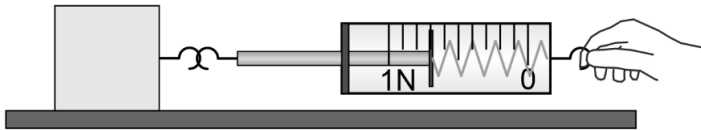
**Rozwiązanie:**

Zastosujemy wzór na pracę:  $W = F \cdot s$ , podstawiając wartość siły obliczoną w punkcie e)

$$W = 1,09 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,109 \text{ J}.$$

**Odpowiedź:** Aby podnieść bryłkę, trzeba wykonać pracę 0,109 J.

- g) Bryłkę wyjęto z wody, osuszono i położono na poziomym stole. Do bryłki zaczepiono siłomierz, za pomocą którego ciągnięto bryłkę w prawo ruchem jednostajnym (rysunek).



- Zapisz wynik pomiaru wartości siły, uwzględniając niepewność pomiaru.

**Odpowiedź:** Wynik pomiaru wartości siły to 0,7 N, a niepewność pomiaru wynosi 0,1 N.

- Oblicz wartość współczynnika tarcia kinetycznego aluminium o powierzchnię stołu.

**Dane:**

$$F_{\text{nacisku}} = F_c = 1,73 \text{ N}$$

$$F = 0,7 \text{ N}$$

**Szukane:**

$$\mu$$

**Rozwiązanie:**

Ciągnięta bryłka porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, a więc zgodnie z I zasadą dynamiki Newtona działające na nią siły równoważą się. A zatem działająca na bryłkę siła tarcia kinetycznego  $T$  ma wartość taką samą, jak wskazanie  $F$  siłomierza, natomiast siła reakcji podłoża taką samą wartość, jak siła ciężkości bryłki ( $F_c = R$ ). Współczynnik tarcia kinetycznego bryłki o podłoże jest więc równy

$$\mu = \frac{T}{F_{\text{nacisku}}} = \frac{F}{F_{\text{nacisku}}} = \frac{0,7 \text{ N}}{1,73 \text{ N}} \approx 0,4.$$

**Odpowiedź:** Współczynnik tarcia kinetycznego aluminium o powierzchnię stołu wynosi ok. 0,4.

- h) Napisz, jaką wartość ma siła wypadkowa działająca na bryłkę podczas jej jednostajnego ruchu.

**Odpowiedź:** Zgodnie z I zasadą dynamiki Newtona wypadkowa siła działająca na bryłkę ma wartość 0 N.

**Zadanie 3. (9 pkt.)**

- a) Jeżeli ciało poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej w pierwszej sekundzie ruchu przebyło drogę 2 m, to w drugiej sekundzie ruchu przebędzie drogę

- A. 2 m.
- B. 4 m.
- C. 6 m.
- D. 8 m.

**Odpowiedź: C**

**Uzasadnienie:**

Droga przebyta w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej jest wprost proporcjonalna do kwadratu czasu, więc w czasie pierwszych dwóch sekund ruchu ciało przebyło  $2^2=4$  razy większą drogę, czyli 8 m. Zatem w ciągu drugiej sekundy ruchu (od zakończenia 1 s do zakończenia 2 s) przebyło  $8 \text{ m} - 2 \text{ m} = 6 \text{ m}$ .

- b) W którym stanie skupienia substancja zachowuje swoją objętość, ale można zmienić jej kształt?

- A. Stałym.
- B. Ciekłym.
- C. Gazowym.
- D. Żadnym z wymienionych.

**Odpowiedź: B**

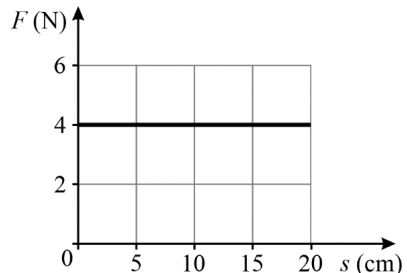
**Uzasadnienie:**

Ciecze są nieściśliwe (w rzeczywistości bardzo trudno ściśliwe), do zmiany objętości cieczy (bez zmiany jej temperatury) potrzebne jest bardzo duże ciśnienie. Kształt cieczy można zmienić, np. przelewając ją do innego naczynia.

- c) Podczas przesuwania klocka siła  $F$  wykonuje pracę. Na rysunku przedstawiono wykres zależności wartości tej siły od drogi.

Wykonana przez siłę  $F$  praca jest równa

- A. 0,2 J.
- B. 0,8 J.
- C. 5 J.
- D. 80 J.



**Odpowiedź: B**



**Uzasadnienie:**

Praca stałej siły równoległej do przemieszczenia i mającej ten sam zwrot co ono jest równa iloczynowi wartości siły i drogi, a więc  $W = 4 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,8 \text{ J}$ .

- d) Samochód zwiększył swoją prędkość z wartości 36 km/h do 72 km/h. Energia kinetyczna tego samochodu wzrosła
- 2 razy.
  - 4 razy.
  - 8 razy.
  - Bez znajomości masy pojazdu nie można stwierdzić, ile razy zwiększyła się energia kinetyczna.

**Odpowiedź: B****Uzasadnienie:**

Energia kinetyczna wyraża się wzorem  $E_k = \frac{mU^2}{2}$ , jest więc wprost proporcjonalna do kwadratu wartości prędkości. Dwukrotny wzrost wartości prędkości oznacza czterokrotny ( $2^2$ ) wzrost energii kinetycznej.

- e) Po tej samej prostej drodze poruszają się w przeciwne strony dwa pojazdy z prędkościami o wartościach 10 m/s i 72 km/h. Prędkość względna pojazdów ma wartość
- 10 m/s.
  - 20 m/s.
  - 30 m/s.
  - 82 m/s.

**Odpowiedź: C****Uzasadnienie:**

W rozważanym przypadku wartość prędkości względnej pojazdów jest równa sumie wartości ich prędkości, a  $72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ .

- f) Na ciało działają równocześnie dwie siły o wartościach 10 N i 15 N. Siła wypadkowa działająca na to ciało może mieć wartość
- 7 N.
  - 4 N.
  - 0 N.
  - 30 N.

**Odpowiedź: A****Uzasadnienie:**

Jeśli dwie siły mają ten sam kierunek i ten sam zwrot, to wypadkowa siła ma wartość równą sumie wartości sił składowych i jest to największa wartość siły wypadkowej. Jeśli dwie siły mają ten sam kierunek i przeciwne zwroty, to wypadkowa siła ma wartość równą różnicy wartości sił składowych i jest to najmniejsza wartość siły wypadkowej.

g) Wypadkowa siła działająca na piórko o masie 1 g opadające ruchem jednostajnym prostoliniowym ma wartość

- A. 10 N.
- B. 1 N.
- C. 0,01 N.
- D. 0 N.

**Odpowiedź: D**

**Uzasadnienie:**

Zgodnie z I zasadą dynamiki ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, gdy nie działa na nie żadna siła lub działające siły się równoważą (wypadkowa siła ma wartość równą zero).

h) Janek ma masę 42 kg i siedzi na huśtawce (dźwigni dwustronnej) w odległości 1,2 m od osi obrotu huśtawki, a jego brat Franek siedzi po drugiej stronie huśtawki w odległości 0,8 m od osi obrotu. Chłopcy nie dotykają nogami ziemi. Jeżeli huśtawka jest w równowadze, to znaczy, że masa Franka jest równa

- A. 63 kg.
- B. 28 kg.
- C. 40 kg.
- D. 84 kg.

**Odpowiedź: A**

**Uzasadnienie:**

Rozwiązując to zadanie, należało skorzystać z prawa równowagi dźwigni dwustronnej: dźwignia dwustronna jest w równowadze, jeśli iloczyn siły i ramienia siły ma taką samą wartość dla obu stron punktu podparcia dźwigni. Stosując dodatkowo zależność wartości siły ciężkości od masy, otrzymamy równanie  $m_1 \cdot r_1 = m_2 \cdot r_2$ , a stąd można obliczyć wynik:  $m_2 = \frac{m_1 \cdot r_1}{r_2}$ .

i) Jeden niuton (1 N) to

- A.  $1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ .
- B.  $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ .
- C.  $1 \frac{\text{m}}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ .
- D.  $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Odpowiedź: D**

**Uzasadnienie:**

Z drugiej zasady dynamiki wynika, że 1 N to wartość takiej siły, która ciału o masie 1 kg nadaje przyspieszenie o wartości 1 m/s<sup>2</sup>. Ze wzoru  $F = ma$  wynika więc prawidłowa odpowiedź.

## Etap rejonowy (czas rozwiązywania: 120 minut)

### Zadania i rozwiązania

#### Zadanie 1. (2 pkt.)

W książce „Wielka Księga Eksperymentów” (wyd. Elżbieta Jarmońkiewicz, Zielona Góra 2008 r.) opisano następujące doświadczenie: należy przygotować szklankę, widokówkę lub kartonik o gładkiej powierzchni, wodę i umywalkę. Szklankę napełniamy wodą, a następnie widokówkę starannie przykładamy do krawędzi szklanki – tak, aby widokówka dotknęła wody. Przytrzymując widokówkę otwartą dłonią należy odwrócić szklankę do góry dnem (nad umywalką) i cofnąć rękę przytrzymującą kartkę. Można zaobserwować, że kartka nie odpada i woda nie wypływa ze szklanki.



- a) Kartka nie odpada od szklanki i woda nie wylewa się z niej dlatego, że oprócz siły przylegania kartki do zwilżonej szklanki, na kartkę działa również
- siła nacisku wody,
  - siła grawitacji działająca na kartkę,
  - siła parcia powietrza znajdującego się pod kartką,
  - siła grawitacji działająca na wodę.

**Odpowiedź: C**

**Uzasadnienie:**

Na kartkę działają m. in.: siła ciężkości kartki i siła parcia wody (obie zwrócone pionowo w dół). Siły te są równoważone przez siłę parcia znajdującego się pod kartką powietrza atmosferycznego. W rzeczywistości na kartkę działają również siły przylegania kartki do wody, ale wartość tej siły jest znacznie mniejsza niż wartość siły parcia powietrza.

- b) Napisz, jaki jest kierunek i zwrot tej siły.

**Odpowiedź:** Siła ta ma kierunek pionowy i jest zwrócona do góry.

#### Zadanie 2. (4 pkt.)

Marynarz na statku płynącym w kierunku jego macierzystego portu co 24 godziny wysłał do czekającej tam swej lubej gołębia pocztowego z listem. Statek płynie ze stałą prędkością o wartości 20 km/h, a gołębie lecą ze stałą prędkością o wartości 80 km/h. Co ile luba marynarza otrzymuje od niego listy?

**Dane:**

$$t_1 = 24 \text{ h}$$

$$u_1 = 20 \text{ km/h}$$

$$u_2 = 80 \text{ km/h}$$

**Szukane:**

$$t$$

**Rozwiązanie:**

Korzystając ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnym, obliczymy odległość, jaką przebywa statek pomiędzy wysłaniem kolejnych gołębi:

$$s_1 = u_1 \cdot t_1 = 20 \text{ km/h} \cdot 24 \text{ h} = 480 \text{ km.}$$

O tyle krótszą drogę przebywa każdy kolejny gołąb w porównaniu z poprzednim. Czas lotu gołębia skraca się więc o

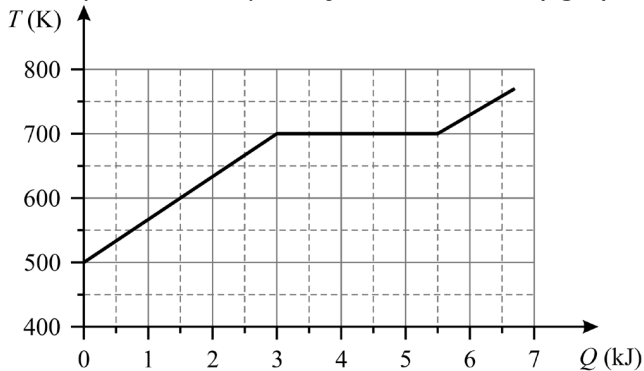
$$t_2 = \frac{s_1}{u_2} = \frac{480 \text{ km}}{80 \text{ km/h}} = 6 \text{ h.}$$

$$t = 24 \text{ h} - 6 \text{ h} = 18 \text{ h}$$

**Odpowiedź:** Luba marynarza otrzymuje od niego listy co 18 godzin.

**Zadanie 3. (7 pkt.)**

Bryłce pewnego metalu dostarczano ciepło. Poniższy wykres przedstawia zależność temperatury metalu od ilości dostarczonej energii. Ciepło właściwe tego metalu w stałym stanie skupienia jest równe  $150 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .



a) Odczytaj z wykresu i zapisz temperaturę topnienia tego metalu.

**Odpowiedź:** Z treści zadania wynika, że początkowo mamy do czynienia z metalem w stałym stanie skupienia. Zjawisku topnienia odpowiada poziomy odcinek wykresu. Temperatura metalu wynosiła wtedy 700 K.

b) Odczytaj z wykresu i zapisz energię dostarczoną bryłce metalu podczas jej podgrzewania od temperatury 600 K do temperatury 700 K.

**Odpowiedź:** Z wykresu odczytujemy, że temperatura bryłki była równa 600 K po dostarczeniu 1,5 kJ energii, a 700 K po dostarczeniu 3,0 kJ energii. Podczas rozważanej zmiany temperatury bryłce dostarczono  $3,0 \text{ kJ} - 1,5 \text{ kJ} = 1,5 \text{ kJ} = 1500 \text{ J}$  energii.

c) Odczytaj z wykresu i zapisz energię, którą należało dostarczyć bryłce, aby cała uległa stopieniu.

**Odpowiedź:** Z wykresu odczytujemy, że topnienie bryłki następowało od chwili, gdy dostarczono jej 3,0 kJ energii, do chwili, gdy bryłce dostarczono

5,5 kJ energii. A zatem podczas topnienia bryłki dostarczono jej  $5,5 \text{ kJ} - 3,0 \text{ kJ} = 2,5 \text{ kJ} = 2500 \text{ J}$  energii.

d) Oblicz masę bryłki.

**Dane:**

$$c_w = 150 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$\Delta T = 700 \text{ K} - 600 \text{ K} = 100 \text{ K}$$

$$Q = 1500 \text{ J}$$

**Szukane:**

$$m$$

**Rozwiązanie:**

Skorzystamy z wyników zadania 3b) oraz wzoru na ilość energii pobranej podczas podgrzewania:  $Q = mc_w\Delta T$ . Po przekształceniu tego wzoru otrzymujemy

$$m = \frac{Q}{c_w\Delta T} = \frac{1500 \text{ J}}{150 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 100 \text{ K}} = 0,1 \text{ kg}.$$

**Odpowiedź:** Masa bryłki jest równa 0,1 kg.

e) Oblicz ciepło topnienia tego metalu.

**Dane:**

$$Q = 2500 \text{ J}$$

$$m = 0,1 \text{ kg}$$

**Szukane:**

$$c_t$$

**Rozwiązanie:**

Ciepło topnienia jest równe ilorazowi energii pobranej przez ciało podczas jego topnienia i masy tego ciała:

$$c_t = \frac{Q}{m},$$

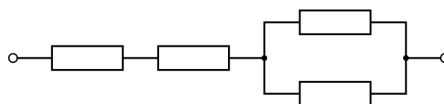
a zatem

$$c_t = \frac{2500 \text{ J}}{0,1 \text{ kg}} = 25000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

**Odpowiedź:** Ciepło topnienia metalu, z którego wykonana jest bryłka, wynosi 25 000 J/kg.

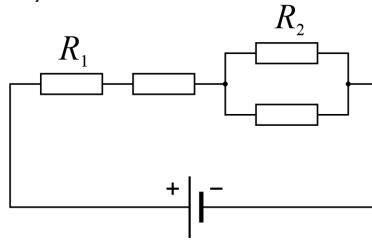
**Zadanie 4. (30 pkt.)**

Do dyspozycji mamy cztery jednakowe oporniki, każdy o oporze  $12 \Omega$ . Oporniki połączono tak, jak na poniższym rysunku.



Rys. 1

Układ oporników podłączono do źródła napięcia 6 V, tworząc obwód elektryczny przedstawiony na poniższym schemacie.



Rys. 2

- a) Oblicz opór zastępczy układu oporników z rys. 1. pomiędzy zaciskami (puste kółeczka).

**Dane:**

$$R = 12 \Omega$$

**Szukane:**

$$R_z$$

**Rozwiązanie:**

Najpierw obliczymy opór zastępczy dwóch oporników po prawej stronie, które są połączone równolegle. Skorzystamy z zależności

$$\frac{1}{R_{z12}} = \frac{1}{12 \Omega} + \frac{1}{12 \Omega} = \frac{2}{12 \Omega} = \frac{1}{6 \Omega}$$

Stąd otrzymujemy  $R_{z12} = 6 \Omega$ . Następnie skorzystamy ze wzoru na opór zastępczy połączenia szeregowego:

$$R_z = 12 \Omega + 12 \Omega + 6 \Omega = 30 \Omega$$

**Odpowiedź:** Opór zastępczy rozważanego układu jest równy  $30 \Omega$ .

- b) W którą stronę (w prawo czy w lewo) poruszają się elektrony w odbiorniku oznaczonym  $R_1$  podczas przepływu prądu?

**Odpowiedź:** Ukierunkowany ruch elektronów biorących udział w przepływie prądu w obwodzie elektrycznym odbywa się od ujemnego do dodatniego bieguna baterii. A zatem przez odbiornik  $R_1$  elektrony poruszają się w lewo.

- c) Oblicz natężenie prądu płynącego przez obwód.

**Dane:**

$$U = 6 \text{ V}$$

$$R_z = 30 \Omega$$

**Szukane:**

$$I$$

**Rozwiązanie:**

Skorzystamy ze wzoru wyrażającego prawo Ohma oraz obliczonego wcześniej oporu zastępczego:

$$I = \frac{U}{R_z} = \frac{6 \text{ V}}{30 \Omega} = 0,2 \text{ A.}$$

**Odpowiedź:** Natężenie prądu płynącego w obwodzie wynosi 0,2 A.

d) Oblicz ładunek elektryczny, który przepłynął przez obwód w ciągu 1 minuty.

**Dane:**

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

**Szukane:**

$$q$$

**Rozwiązanie:**

Natężenie prądu  $I$  to iloraz ładunku  $q$ , który przepłynął w czasie  $t$  i czasu  $t$ , a więc  $q = I \cdot t = 0,2 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 12 \text{ C}$ .

**Odpowiedź:** W ciągu 1 minuty przez obwód przepłynął ładunek 12 C.

e) Oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik oznaczony  $R_2$ .

**Dane:**

$$I = 0,2 \text{ A}$$

**Szukane:**

$$I_2$$

**Rozwiązanie:**

Opornik  $R_2$  jest jednym z dwóch oporników połączonych równolegle. Ich opory są jednakowe, więc przez każdy z nich płynie prąd o takim samym natężeniu równym połowie natężenia prądu płynącego przez układ. Wynika to z I prawa Kirchhoffa.

**Odpowiedź:** Natężenie prądu płynącego przez opornik oznaczony  $R_2$  wynosi 0,1 A.

f) Oblicz napięcie na oporniku oznaczonym  $R_1$ .

**Dane:**

$$R_1 = 12 \Omega$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

**Szukane:**

$$U_1$$

**Rozwiązanie:**

Przez opornik płynie prąd o natężeniu obliczonym w zadaniu 4c). Napięcie na oporniku jest równe

$$U_1 = R_1 \cdot I = 0,2 \text{ A} \cdot 12 \Omega = 2,4 \text{ V}.$$

**Odpowiedź:** Napięcie na oporniku  $R_1$  jest równe 2,4 V.

g) Oblicz moc opornika oznaczonego  $R_1$ .

**Dane:**

$$I_1 = 0,2 \text{ A}$$

$$U_1 = 2,4 \text{ V}$$

**Szukane:**

$$P_1$$

**Rozwiązanie:**

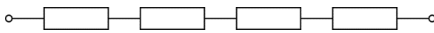
Moc ciepła wydzielanego na oporniku  $R_1$  obliczymy ze wzoru na moc:  $P = UI$ :

$$P_1 = 2,4 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} = 0,48 \text{ W}.$$

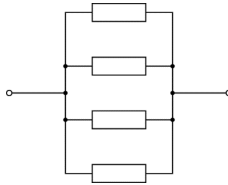
**Odpowiedź:** Moc ciepła wydzielanego na oporniku  $R_1$  jest równa 0,48 W.

h) Zaproponuj pięć różnych, innych niż przedstawiony na rys. 1, sposobów połączenia tych czterech oporników. Narysuj schemat każdego połączenia. Każdy układ powinien zawierać wszystkie cztery oporniki, a przez każdy z oporników musi przepływać prąd po podłączeniu napięcia do zacisków. Oblicz opór zastępczy każdego z układów. Każdy układ musi mieć inny opór zastępczy, różny od przedstawionego w zadaniu 4 a).

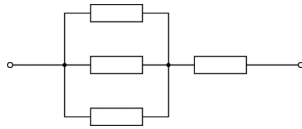
**Rozwiązanie** (do wyboru 5 sposobów spośród ośmiu):



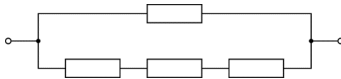
$$R_z = 48 \Omega$$



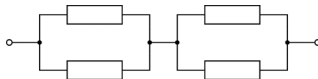
$$R_z = 3 \Omega$$



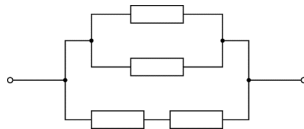
$$R_z = 16 \Omega$$



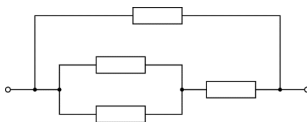
$$R_z = 9 \Omega$$



$$R_z = 12 \Omega$$

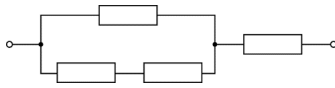


$$R_z = 4,8 \Omega$$



$$R_z = 7,2 \Omega$$





$$R_z = 20 \Omega$$

**Zadanie 5. (17 pkt.)**

a) Który z podanych wyników pomiarów posiada dwie cyfry znaczące?

- A. 1,32 s
- B. 5,0006 V
- C. 3,200 mA
- D. 0,073 m

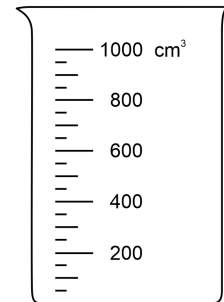
**Odpowiedź: D**

**Uzasadnienie:**

Cyfry znaczące to cyfry począwszy od pierwszej od lewej strony niezerowej cyfry aż do ostatniej cyfry. Tak więc liczba A. posiada 3 cyfry znaczące. Liczba B. posiada 5 cyfr znaczących, liczba C. – 4 (tak, zera po cyfrze 2 też uznaje się za znaczące), a liczba D. właśnie 2 cyfry znaczące.

b) Jaką najmniejszą objętość cieczy można odmierzyć zlewką przedstawioną na rysunku?

- A. 50 cm<sup>3</sup>
- B. 200 cm<sup>3</sup>
- C. 100 dm<sup>3</sup>
- D. 1000 cm<sup>3</sup>



**Odpowiedź: A**

**Uzasadnienie:**

Najmniejsza podziałka jest równa  $200 \text{ cm}^3 / 4 = 50 \text{ cm}^3$ .

c) Która spośród podanych gęstości jest najmniejsza?

- A. 5 kg/dm<sup>3</sup>
- B. 4 g/cm<sup>3</sup>
- C. 0,003 kg/cm<sup>3</sup>
- D. 2500 kg/m<sup>3</sup>

**Odpowiedź: D**

**Uzasadnienie:**

Aby porównać podane wartości, trzeba je wyrazić w tych samych jednostkach, na przykład w kg/dm<sup>3</sup>:

- B.  $4 \text{ g/cm}^3 = 0,004 \text{ kg}/(0,001 \text{ dm}^3) = 4 \text{ kg/dm}^3$
- C.  $0,003 \text{ kg/cm}^3 = 0,003 \text{ kg}/(0,001 \text{ dm}^3) = 3 \text{ kg/dm}^3$
- D.  $2500 \text{ kg/m}^3 = 2500 \text{ kg}/(1000 \text{ dm}^3) = 2,5 \text{ kg/dm}^3$

d) W waniencie znajdowało się 5 l wody o temperaturze 40 °C. Jaką temperaturę ma woda w waniencie po dolaniu 10 l wody o temperaturze 10 °C i dokładnym wymieszaniu, przy założeniu, że straty energii cieplnej oraz masa wanienki są pomijalnie małe?

- A. 15 °C
- B. 20 °C
- C. 25 °C
- D. 30 °C

**Odpowiedź: B**

**Uzasadnienie:**

Zadanie można rozwiązać, zapisując i rozwiązując równanie bilansu cieplnego:  $m_1 c_w (t_1 - t_3) = m_2 c_w (t_3 - t_2)$ , gdzie:

$m_1 = 5$  kg (zakładamy gęstość wody  $1 \text{ kg/dm}^3$ , choć konkretna wartość nie jest niezbędna do rozwiązania zadania),

$t_1 = 40$  °C

$m_2 = 10$  kg

$t_2 = 10$  °C

$c_w$  – ciepło właściwe wody (również zbędne, bo skraca się po obu stronach równania)

Z równania otrzymamy wzór na temperaturę końcową  $t_3$ :

$$t_3 = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2},$$

Skąd po podstawieniu danych i wykonaniu obliczeń otrzymamy  $t_3 = 20$  °C.

Zadanie to można również rozwiązać następująco:

Po zmieszaniu 5 l wody o temperaturze 40 °C i na razie 5 l wody o temperaturze 10 °C otrzymamy 10 l wody o temperaturze równej średniej arytmetycznej temperatur początkowych, czyli  $(40 \text{ °C} + 10 \text{ °C})/2 = 25$  °C. Gdyby tę ilość wody zmieszać z taką samą ilością wody o temperaturze 10 °C, otrzymamy wodę o temperaturze równej średniej arytmetycznej temperatur przed zmieszaniem, czyli  $(25 \text{ °C} + 10 \text{ °C})/2 = 17,5$  °C. Ale wody zimniejszej jest tylko 5 l, więc temperatura po zmieszaniu będzie wyższa niż ta średnia, ale niższa niż 25 °C. Wśród podanych odpowiedzi warunek ten spełnia tylko wartość 20 °C.

- e) Suchy lód to zestalony dwutlenek węgla. Jest stosowany na przykład w chłodnictwie. W warunkach normalnych substancja ta zmienia stan skupienia ze stałego bezpośrednio na gazowy. Proces ten to
- A. parowanie.
  - B. topnienie.
  - C. sublimacja.
  - D. resublimacja.

**Odpowiedź: C**

- f) Pewien przewodnik ma opór  $10 \Omega$ . Przewodnik wykonany z tego samego materiału, ale mający dwa razy większe pole przekroju poprzecznego i dwa razy większą długość ma opór
- A.  $5 \Omega$ .
  - B.  $10 \Omega$ .
  - C.  $20 \Omega$ .
  - D.  $40 \Omega$ .

**Odpowiedź: B**

**Uzasadnienie:**

Opór właściwy odcinka przewodu wykonanego z danego materiału jest wprost proporcjonalny do długości przewodu i odwrotnie proporcjonalny do pola przekroju poprzecznego. Zatem dwukrotne zwiększenie obu tych wielkości nie zmienia oporu przewodu.

g) Jednostką ciepła parowania wyrażoną w jednostkach podstawowych SI jest

A.  $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ .

B.  $1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ .

C.  $1 \frac{\text{kg}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ .

D.  $1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{°C}}$ .

**Odpowiedź: B****Uzasadnienie:**

Ciepło parowania to wielkość fizyczna równa liczbowo ilości ciepła potrzebnej do zamiany masy 1 kg cieczy w parę o tej samej temperaturze. Bardziej formalnie: jest to iloraz energii  $Q$  potrzebnej do zamiany masy  $m$  cieczy w parę i masy  $m$ , co wyraża wzór:

$$c_p = \frac{Q}{m}.$$

Wykonamy rachunek jednostek:

$$[c_p] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg}} = 1 \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}.$$

h) Kamień został upuszczony swobodnie (bez prędkości początkowej) z wysokości  $h$ . Na jakiej wysokości nad podłożem energia kinetyczna kamienia jest dwa razy większa niż energia potencjalna grawitacji (liczona względem podłoża), jeśli opory ruchu są pomijalnie małe?

A.  $\frac{1}{3}h$ .

B.  $\frac{1}{2}h$ .

C.  $\frac{2}{3}h$ .

D.  $\frac{1}{5}h$ .

**Odpowiedź: A**

**Uzasadnienie:**

Skoro energia kinetyczna kamienia jest dwa razy większa niż jego energia potencjalna grawitacji, a suma tych energii jest równa początkowej energii potencjalnej (początkowa energia kinetyczna wynosi zero), to energia potencjalna grawitacji na szukanej wysokości stanowi  $\frac{1}{3}$  początkowej energii potencjalnej. Analizując wzór  $E_p = mgh$ , otrzymamy jako odpowiedź wartość  $\frac{1}{3} h$ .

- i) Metalowy pręt o długości 1 m w wyniku podgrzania o  $10^\circ\text{C}$  wydłużył się o 0,15 mm. Pręt wykonany z tego samego metalu, o tym samym przekroju poprzecznym, ale o długości 2 m, podgrzany o  $30^\circ\text{C}$  wydłuży się o
- A. 0,15 mm.
  - B. 0,3 mm.
  - C. 0,45 mm.
  - D. 0,9 mm.

**Odpowiedź: D**

**Uzasadnienie:**

Wydłużenie (bezwzględne) termiczne jest wprost proporcjonalne do początkowej długości pręta oraz wprost proporcjonalne do zmiany temperatury. Przy podgrzaniu o  $30^\circ\text{C}$  pręt wydłuży się o odcinek 3 razy dłuższy niż przy podgrzaniu o  $10^\circ\text{C}$ . Dwa razy dłuższy pręt wydłuży się o odcinek dwa razy dłuższy.

- j) Aby dwukrotnie zmniejszyć okres drgań wahadła matematycznego, długość wahadła należy
- A. zmniejszyć dwukrotnie.
  - B. zwiększyć dwukrotnie.
  - C. zmniejszyć czterokrotnie.
  - D. zwiększyć czterokrotnie.

**Odpowiedź: C**

**Uzasadnienie:**

Okres drgań  $T$  wahadła matematycznego (przy założeniu małej amplitudy drgań) jest wprost proporcjonalny do długości  $l$  wahadła i wyraża się wzorem

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

w którym  $g$  to wartość przyspieszenia ziemskiego.

- k) Gdy fala dźwiękowa przechodzi z powietrza do wody, to jej częstotliwość
- A. nie zmienia się.
  - B. maleje.
  - C. wzrasta.

**Odpowiedź: A****Uzasadnienie:**

Częstotliwość fali mechanicznej to liczba pełnych cykli drgań, jakie wykonują cząsteczki ośrodka w ciągu 1 s. Ta liczba drgań jest taka sama w każdym ośrodku, przez który rozchodzi się dana fala.

- l) W pewnym ośrodku rozchodzi się fala mechaniczna o częstotliwości 1 kHz i długości fali równej 2 m. Prędkość rozchodzenia się tej fali ma wartość
- 0,001 m/s.
  - 2 m/s.
  - 500 m/s.
  - 2000 m/s.

**Odpowiedź: D****Uzasadnienie:**

Długość fali  $\lambda$  jest równa odległości, jaką przebędzie fala w czasie równym jednemu okresowi drgań  $T$ :

$$\lambda = uT = \frac{u}{f},$$

gdzie  $f$  to częstotliwość fali. Prędkość fali można więc obliczyć, korzystając ze wzoru  $u = \lambda \cdot f = 2 \text{ m} \cdot 1000 \text{ 1/s} = 2000 \text{ m/s}$ .

- m) Pocisk o masie 200 g posiada energię kinetyczną 10 J, gdy porusza się z prędkością o wartości
- 5 m/s.
  - 10 m/s.
  - 31,6 m/s.
  - 50 m/s.

**Odpowiedź: B****Uzasadnienie:**

Energia kinetyczna  $E_k$  ciała o masie  $m$  poruszającego się z prędkością  $u$  wyraża się wzorem

$$E_k = \frac{m u^2}{2}.$$

Szukaną wartość prędkości można zatem obliczyć ze wzoru

$$u = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \text{ J}}{0,2 \text{ kg}}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- n) Dwie małe, metalowe kulki są naelektryzowane ładunkami:  $q_1 = 1 \text{ mC}$  i  $q_2 = 4 \text{ mC}$ . Iloraz wartości siły, którą pierwsza kulka działa na drugą przez wartość siły, którą druga kulka działa na pierwszą, jest równy
- 1/4.
  - 1/2.
  - 1.
  - 4.

**Odpowiedź: C****Uzasadnienie:**

Korzystamy z trzeciej zasady dynamiki – siły wzajemnego oddziaływania ciał zawsze mają takie same wartości.

- o) W schronisku wysokogórkim temperatura wrzenia wody jest, w porównaniu z temperaturą wrzenia wody na poziomie morza,
- A. taka sama,
  - B. mniejsza,
  - C. większa.

**Odpowiedź: B****Uzasadnienie:**

Temperatura wrzenia maleje, gdy ciśnienie atmosferyczne maleje, a im wyżej n.p.m., tym mniejsze ciśnienie.