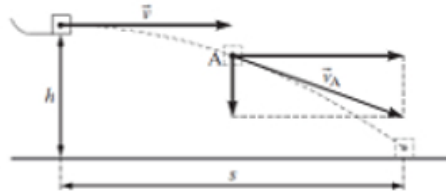


Zad. 1.1

- a) Poprawny rysunek wektora prędkości i jego składowych. Wektor prędkości powinien być styczny do toru ruchu, a składowa pozioma powinna mieć taką samą długość jak początkowa prędkość kostki.



- b) Wartość składowej poziomej prędkości obliczamy, stosując zasadę zachowania energii dla kostki, która zsunęła się bez tarcia z wysokości $(H - h) = 0,4$ m.

$$v_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h)} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,4 \text{ m}} \approx 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wartość prędkości kostki w punkcie A obliczamy z zasady zachowania energii dla kostki, która przebyła w pionie odległość $(H - h_A) = 0,45$ m.

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h_A)} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,45 \text{ m}} \approx 2,97 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wartość składowej pionowej prędkości w punkcie A można obliczyć na dwa sposoby.

I. Stosujemy twierdzenie Pitagorasa $v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2} \approx 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

II. Obliczamy prędkość po spadku swobodnym z wysokości 5 cm.

$$v_y = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,05 \text{ m}} \approx 0,99 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)

3 p. – poprawne obliczenie wartości prędkości v_A i wartości jej dwóch składowych v_x i v_y .

2 p. – obliczenie wartości dwóch prędkości.

1 p. – obliczenie wartości jednej prędkości.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Zad. 1.2

Obliczamy czas spadania z wysokości $h = 20$ cm.

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 0,2 \text{ s}$$

Obliczamy zasięg $s = v_x \cdot t = 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,2 \text{ s} = 0,56 \text{ m}$.

Schemat punktowania

2 p. – obliczenie zasięgu rzutu $s = 0,6$ m.

1 p. – obliczenie czasu trwania rzutu $t = 0,2$ s lub podanie poprawnej metody obliczenia zasięgu.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Zad. 1.3

1 - P, 2 - P, 3 - F

Komentarz (nie jest wymagany):

1. Prawda. Czas spadania zależy od wysokości zgodnie ze wzorem $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$.
2. Prawda. Zwiększenie wysokości h spowoduje zmniejszenie wysokości, z jakiej kostka zsuwa się po równi, dlatego osiągnięta prędkość będzie mniejsza.
3. Falsz. Wartość końcowej prędkości kostki zależy tylko od wysokości H , która jest stała.

C-2

Komentarz (nie jest wymagany):

Przyspieszenie ciała zsuwającego się bez tarcia po równi pochyłej jest równe $a = g \cdot \sin\alpha$, czyli nie zależy od masy ciała.

Zad. 2

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie D.

Zad. 3

Zderzenie jest doskonale sprężyste, więc powinny być spełnione zasady zachowania pędu i zachowania energii.

Sprawdzamy, czy po przyjęciu hipotezy ucznia te zasady są spełnione.

Zasada zachowania pędu: $3m \cdot v = m \cdot 3v$ jest spełniona.

Zasada zachowania energii: $\frac{3m \cdot v^2}{2} \neq \frac{m \cdot (3v)^2}{2}$ nie jest spełniona.

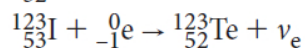
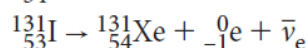
Hipoteza ucznia jest fałszywa, ponieważ nie jest spełniona zasada zachowania energii.

Schemat punktowania

2 p. – sprawdzenie, że zasada zachowania energii nie jest spełniona i stwierdzenie, że hipoteza ucznia jest fałszywa.

1 p. – stwierdzenie, że muszą być spełnione zasady zachowania pędu i zachowania energii.

Zad. 4.1

a) ${}_{52}^{123}\text{Te}$ b) ${}_{54}^{131}\text{Xe}$ **Schemat punktowania**

2 p. – poprawne uzupełnienie dwóch reakcji.

1 p. – poprawne uzupełnienie jednej reakcji.

Zad. 4.2

Izotopy mają różne czasy połowicznego rozpadu.

Po 16 dniach izotopu ^{123}I praktycznie już nie będzie, gdyż upłynie ok. 29 czasów połowicznego rozpadu.

Dla izotopu ^{131}I czas 16 dni to 2 czasy połowicznego rozpadu. Po tym czasie pozostanie 25% początkowej liczby jąder tego izotopu.

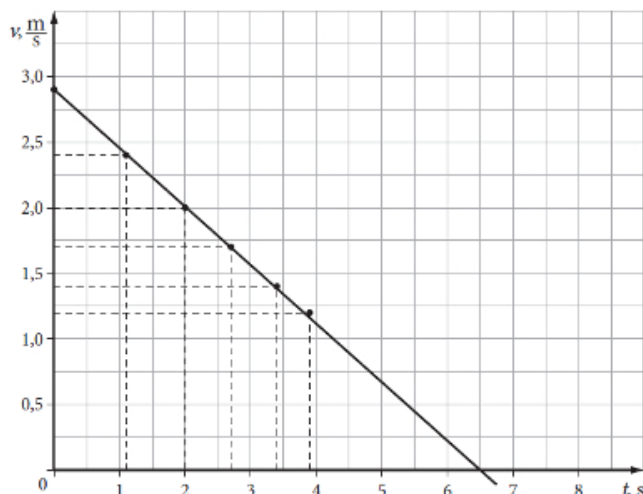
Biorąc pod uwagę, że jądra izotopu ^{131}I stanowiły 50% początkowej liczby jąder jodu, obliczamy, że po 16 dniach w preparacie będzie 12,5% początkowej liczby jąder.

3 p. – obliczenie, że pozostanie 12,5% początkowej liczby jąder jodu.

2 p. – zauważenie, że liczba jąder izotopu ^{123}I będzie już bardzo mała (ewentualnie podanie wyniku 2^{-29} lub $1,86 \cdot 10^{-9}$, czyli 0,00000000186) i obliczenie, że pozostanie 25% jąder izotopu ^{131}I .

1 p. – zauważenie, że liczba jąder izotopu ^{123}I będzie już bardzo mała lub obliczenie, że pozostanie 25% jąder izotopu ^{131}I .

Zad. 5.1



Schemat punktowania

3 p. – narysowanie wykresu i prostej oraz odczytanie czasu $t \approx 6,5$ s (dopuszczalne od 6,3 s do 6,7 s).

2 p. – zaznaczenie punktów pomiarowych i narysowanie najlepiej dopasowanej prostej.

1 p. – wyskalowanie i opisanie osi.

Zad. 5.2

Względna strata energii jest równa $\frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\%$, gdzie E_1 jest energią kinetyczną klocka w chwili zderzenia nr 1, a E_2 – energią kinetyczną klocka w chwili zderzenia nr 2.

$$\frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\% = \frac{\frac{m \cdot v_1^2}{2} - \frac{m \cdot v_2^2}{2}}{\frac{m \cdot v_1^2}{2}} \cdot 100\% = \frac{v_1^2 - v_2^2}{v_1^2} \cdot 100\% = \frac{2,9^2 - 2,4^2}{2,9^2} \cdot 100\% \approx 31,5\%$$

Zad. 6 Obliczamy energię zużyta przez silnik spalinowy

$$E_s = 8 \text{ dm}^3 \cdot 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 42 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 252 \text{ MJ}.$$

Obliczamy energię zużyta przez silnik elektryczny

$$E_e = \frac{100 \text{ km}}{150 \text{ km}} \cdot 22 \cdot 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 52,8 \text{ MJ}.$$

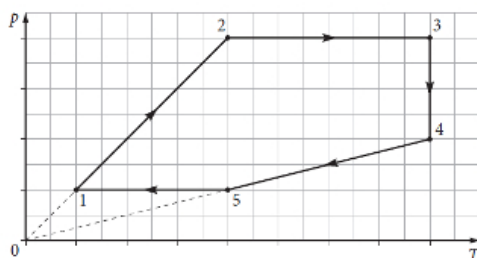
$$\text{Obliczamy iloraz } \frac{E_s}{E_e} \approx 4,8.$$

2 p. – obliczenie ilorazu $\frac{E_s}{E_e} \approx 4,8$.

1 p. – obliczenie energii zużytej przez silnik spalinowy lub silnik elektryczny albo poprawna metoda obliczenia obu wielkości.

Zad. 7.1 Korzystając z równania Clapeyrona, wyznaczamy $T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R}$. Ciśnienie i objętość (w jednostkach umownych) w kolejnych stanach odczytujemy z wykresu. Obliczając iloczyny $p \cdot V$ w kolejnych stanach, otrzymujemy $T_1 < T_2 = T_5 < T_3 = T_4$.

Zad. 7.2



2 p. – poprawne narysowanie wykresów dla wszystkich przemian cyklu.

1 p. – poprawne narysowanie przemian izobarycznych i izotermicznej, ale niedokładne narysowanie wykresów przemiany izochorycznej – odcinki nie leżą na prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Zad. 7.3 Gaz oddawał ciepło w przemianach $4 \rightarrow 5$ i $5 \rightarrow 1$.

Korzystamy z I zasady termodynamiki $\Delta U = Q + W$.

W przemianie $4 \rightarrow 5$ energia wewnętrzna gazu maleje $\Delta U < 0$, a praca nie jest wykonywana $W = 0$. Oznacza to, że $Q < 0$, czyli gaz oddaje ciepło.

W przemianie $5 \rightarrow 1$ energia wewnętrzna gazu maleje $\Delta U < 0$ pomimo wykonywania pracy nad gazem $W > 0$. Oznacza to, że $Q < 0$, czyli gaz oddaje ciepło.

Schemat punktowania

1 p. – poprawne wskazanie przemian $4 \rightarrow 5$ i $5 \rightarrow 1$ oraz brak wskazania innych przemian.

Zad. 8 W opisanej sytuacji gaz podlega przemianie izobarycznej.

Obliczamy zmianę objętości gazu na skutek podgrzania $\Delta V = 2 \text{ cm} \cdot 4 \text{ dm}^2 = 0,8 \text{ dm}^3$.

Stosujemy równanie Clapeyrona i obliczamy przyrost temperatury gazu $\Delta T = \frac{p \cdot \Delta V}{n \cdot R}$ (wartość liczbową $\Delta T \approx 9,6 \text{ K}$).

Obliczamy ciepło molowe przy stałym ciśnieniu $C_p = C_v + R = \frac{5}{2} R$.

$$\text{Obliczamy ciepło } Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T = n \cdot \frac{5}{2} R \cdot \frac{p \cdot \Delta V}{n \cdot R} = \frac{5}{2} p \cdot \Delta V = 200 \text{ J}$$

$$(\text{lub } Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T = 1 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 9,6 \text{ K} \approx 200 \text{ J}).$$

Schemat punktowania

4 p. – obliczenie dostarczonego ciepła 200 J.

3 p. – doprowadzenie do końcowego wzoru $Q = \frac{5}{2} p \cdot \Delta V$, błędy w obliczeniu ciepła Q

lub

poprawna metoda obliczeń kolejno ΔV , ΔT , Q, ale z błędami rachunkowymi lub błędami podczas przeliczania jednostek.

2 p. – obliczenie zmiany objętości gazu oraz wyznaczenie (za pomocą wzoru lub obliczenie wartości) przyrostu temperatury z równania Clapeyrona oraz obliczenie / zapisanie ciepła molowego przy stałym ciśnieniu.

1 p. – obliczenie zmiany objętości gazu lub wyznaczenie (za pomocą wzoru) przyrostu temperatury z równania Clapeyrona lub obliczenie / zapisanie ciepła molowego przy stałym ciśnieniu.

Zad. 9.1

Korzystamy z III prawa Keplera i obliczamy wyrażenie $\frac{T^2}{R^3}$ dla księżyców.

$$\text{Leda: } \frac{T^2}{R^3} = \frac{240,9^2}{11,165^3} \approx 41,7$$

$$\text{Febe: } \frac{T^2}{R^3} = \frac{550,5^2}{12,952^3} \approx 139,5$$

$$\text{Ananke: } \frac{T^2}{R^3} = \frac{629,8^2}{21,276^3} \approx 41,2$$

Wokół tej samej planety krążą księżyce: Leda i Ananke, ponieważ wartość wyrażenia $\frac{T^2}{R^3}$ jest dla nich w przybliżeniu równa.

2 p. – wykonanie obliczeń i ustalenie, że tymi księżycami są: Leda i Ananke, podkreślenie ich nazw w tabeli.

1 p. – zastosowanie III prawa Keplera i poprawne obliczenie wyrażenia przynajmniej dla jednego z księżyców.

Zad. 9.2

Siłą dośrodkową, która działa na księżyc jest siła grawitacji.

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}, \text{ gdzie } v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

(lub korzystamy ze wzorów: $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ i $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$).

$$\text{Po przekształceniach otrzymujemy wzór: } M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot T^2},$$

$$\text{z którego obliczamy masę: } M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (12,952 \cdot 10^9 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot (550,5 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s})^2} \approx 5,7 \cdot 10^{26} \text{ kg.}$$

Schemat punktowania

3 p. – obliczenie masy planety: około $5,7 \cdot 10^{26}$ kg.

2 p. – wyprowadzenie wzoru na masę planety.

1 p. – zastosowanie odpowiednich wzorów na siłę lub prędkość.

Zad. 10

Przez ścianę boczną światło przechodzi bez zmiany kierunku, ponieważ kąt padania światła jest równy 0° .

Przekrój pryzmatu jest trójkątem równobocznym, można obliczyć kąt padania promienia na podstawę pryzmatu. Kąt ten jest równy 60° .

Sposób I.

Sprawdzamy, czy na podstawie pryzmatu wystąpi całkowite wewnętrzne odbicie.

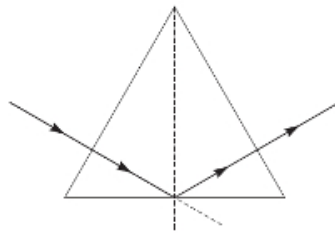
Obliczamy sinus kąta granicznego $\sin \alpha_{gr} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} \approx 0,667$ i kąt graniczny $\alpha_{gr} \approx 42^\circ$

(można też porównać sinus kąta granicznego z sinusem kąta 60°).

Ponieważ kąt padania 60° jest większy od kąta granicznego 42° , to od podstawy pryzmatu promień się odbije, nie ulegając załamaniu.

Sposób II.

Stosujemy prawo załamania $1,5 \cdot \sin 60^\circ = 1 \cdot \sin \beta$ i obliczamy kąt załamania β . Otrzymujemy $\sin \beta \approx 1,3$, co oznacza, że kąt załamania nie istnieje i występuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.

**Schemat punktowania**

- 3 p. – poprawne narysowanie wszystkich promieni, obliczenie kąta padania 60° oraz kąta granicznego 42° (lub wykazanie, że kąt załamania nie istnieje).
- 2 p. – poprawne narysowanie promieni:
- przechodzącego przez pierwszą ścianę boczną pryzmatu
 - odbitego od podstawy pryzmatu
 - przechodzącego bez zmiany kierunku przez drugą ścianę boczną pryzmatu
- oraz
- obliczenie kąta padania promienia na podstawę pryzmatu 60° i zapisanie, że jest on większy od kąta granicznego (bez obliczeń).
- 1 p. – poprawne narysowanie promienia przechodzącego przez pierwszą ścianę boczną.

Zad. 11 D Ciało pływa całkowicie zanurzone w cieczy, jeżeli jego gęstość jest równa gęstości cieczy. Gęstość cieczy po dosypaniu soli o masie m będzie równa $d = \frac{(500 \text{ g} + m)}{500 \text{ cm}^3} = 1,05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

W wyniku rozwiązania równania otrzymujemy $m = 25 \text{ g}$.

Zad. 12.1 faz (ewentualnie: pełni, kwadry, nowiu)

Zad. 12.2 Do zaćmienia Księżyca może dojść tylko podczas nowiu / pełni. Może być ono obserwowane w danej chwili tylko z niewielkiego obszaru powierzchni Ziemi / z prawie całej półkuli, na której jest noc.

Zad. 13.1 paralaksą lub paralaksą geocentryczną

Zad. 13.2 A

Zad. 14 Obliczenie oporów zastępczych.

1. R_{DB} - obliczamy $\frac{1}{R_{DB}} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{2\Omega} = 2\frac{1}{\Omega}$, skąd $R_{DB} = 0,50 \Omega$.

2. R_{AC} - obliczamy $\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{2\Omega} = \frac{1}{\Omega}$, skąd $R_{AC} = 1 \Omega$, bo w takim połączeniu prąd przez gałąź BD nie popłynie.

3. R_{AB} - obliczamy najpierw opór między BD: $\frac{1}{R_{BD}} = \frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{2\Omega} = \frac{3}{2} \frac{1}{\Omega}$, skąd $R_{BD} = \frac{2}{3} \Omega$

Następnie $\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{(1 + \frac{2}{3})\Omega} = \frac{8}{5} \frac{1}{\Omega}$, skąd $R_{AB} = \frac{5}{8} \Omega = 0,625 \Omega$.

3 p. – poprawne obliczenie trzech oporów.

2 p. – poprawne obliczenie dwóch oporów.

1 p. – poprawne obliczenie jednego oporu.

Zad. 15.1

Można obliczyć, że w czasie 1 sekundy pomiarów jest 5, więc miernik wykonywał pomiary z częstotliwością 5 Hz.

Częstotliwość dźwięku kamertonu można odczytać z wykresu, np. w chwili $t = 0$ s, ponieważ wtedy kamerton był w spoczynku i miernik rejestrował niezmienną częstotliwość dźwięku: 512 Hz.

Okres drgań wahadła można odczytać z wykresu jako czas między kolejnymi maksimami rejestrowanej częstotliwości. Wynosi on około 2,8 s, czyli częstotliwość drgań wahadła to około 0,36 Hz.

3 p. – poprawne zapisanie trzech częstotliwości: 5 Hz, 512 Hz, 0,36 Hz.

2 p. – poprawne zapisanie dwóch częstotliwości.

1 p. – poprawne zapisanie jednej częstotliwości.

Zad. 15.2 Wahadło (kamerton) ma największą prędkość v_{\max} wtedy, gdy przechodzi przez położenie równowagi, zbliżając się do miernika częstotliwości lub oddalając się od niego.

Sposób I. Wahadło zbliża się do miernika.

Odczytujemy z wykresu maksymalną częstotliwość dźwięku $f_{\max} = 512,65$ Hz i korzystamy ze wzoru na efekt Dopplera $f_{\max} = f_0 \frac{v_d}{v_d - v_{\max}}$.

Po przekształceniach otrzymujemy $v_{\max} = v_d \cdot \left(1 - \frac{f_0}{f_{\max}}\right) = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left(1 - \frac{512 \text{ Hz}}{512,65 \text{ Hz}}\right) \approx 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Sposób II. Wahadło oddala się od miernika.

Odczytujemy z wykresu minimalną częstotliwość dźwięku $f_{\min} = 511,35$ Hz i korzystamy ze wzoru na efekt Dopplera $f_{\min} = f_0 \frac{v_d}{v_d + v_{\max}}$.

Po przekształceniach otrzymujemy $v_{\max} = v_d \cdot \left(\frac{f_0}{f_{\min}} - 1\right) = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left(\frac{512 \text{ Hz}}{511,35 \text{ Hz}} - 1\right) \approx 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Uwaga. Różnica $|f_{\max} - f_0|$ jest nieco inna niż różnica $|f_0 - f_{\min}|$, ale nie można jej dostrzec na wykresie. Z wykresu wystarczy odczytać częstotliwości z dokładnością do $\pm 0,10$ Hz, a obliczona wartość prędkości powinna należeć do przedziału $(0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}; 0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}})$.

2 p. – obliczenie wartości prędkości: $v_{\max} \in (0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}; 0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}})$.

1 p. – zastosowanie odpowiedniej do wybranej częstotliwości (f_{\max} lub f_{\min}) wersji wzoru na efekt Dopplera i podjęcie próby przekształcenia wzoru w celu obliczenia v_{\max} .

Zad. 15.3

Korzystając ze wzoru na prędkość w ruchu drgającym $v(t) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$ (karta wzorów), można ustalić, że $v_{\max} = A \cdot \omega = A \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$. Stąd otrzymujemy $A = \frac{v_{\max}}{2 \cdot \pi \cdot f}$.

Zad. 15.4

1 – F, 2 – P, 3 – P

Komentarz (nie jest wymagany):

1. Fałsz. Okres drgań wahadła nie zależy od amplitudy (dla małych kątów).

2. Prawda. Długość fali wyraża się wzorem $\lambda = \frac{v_d}{f}$.

3. Prawda. Jeśli energia potencjalna wahadła jest maksymalna, to wahadło jest w spoczynku i efekt Dopplera nie występuje.

Zad. 16.1 C1

Pomiędzy pałeczką ebonitową i stalową igielką nie występuje oddziaływanie magnetyczne. Igielka jest przewodnikiem – pod wpływem ładunku na pałeczce elektryzuje się przez indukcję. Koniec igielki, który jest bliżej pałeczki (biegun północny) elektryzuje się dodatnio i przyciągany przez pałeczkę obraca się w jej stronę.

Zad. 17.1 Obliczamy pęd fotonu $p = \frac{h}{\lambda} \approx 1,33 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Zad. 17.2 Siłę oddziaływania fotonu na łopatkę można przedstawić zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona za pomocą wzoru $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$, gdzie $\Delta \vec{p}$ jest zmianą pędu fotonu oddziałującego na łopatkę.

Czarna powierzchnia pochłania fotony i wartość zmiany pędu jest równa $|\Delta \vec{p}| = p$.

Powierzchnia srebrna odbija fotony i dlatego $|\Delta \vec{p}| = 2 \cdot p$, co oznacza większą siłę oddziaływania fotonów na srebrną stronę łopatki.

2 p. – zauważenie, że czarna powierzchnia pochłania, a srebrna odbija światło oraz powołanie się na II zasadę dynamiki Newtona i fakt, że wartość zmiany pędu fotonu jest większa przy odbiciu.

1 p. – zauważenie, że czarna powierzchnia pochłania, a srebrna odbija światło.

Zad. 17.3

Gdy usuniemy z bańki powietrze i skierujemy na nią światło ze źródła światła umieszczonego jak na rysunku, to wiatraczek będzie obracał się zgodnie z ruchem wskazówek zegara / przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, ponieważ moment siły działającej na posrebrzoną stronę wiatraczka jest mniejszy / większy niż moment siły działającej na jego czarną stronę.

Zad. 17.4 1 – P, 2 – P, 3 – F, 4 – P

1. Prawda. W próżni wszystkie fotony (fale elektromagnetyczne) mają prędkość c .
2. Prawda. Energia fotonu wyraża się wzorem np. $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$. Barwa światła jest związana z długością fali (w próżni od 350 nm – fioletowa do 750 nm – czerwona), dlatego energia fotonu też zależy od barwy światła.
3. Fałsz. Odpowiedź wynika z treści artykułu. Gdy wypompowano z bańki radiometru powietrze, to wiatraczek obracał się w przeciwną stronę.
4. Prawda. Światło, odbijając się od żagla–lustra, wywiera na żagiel siłę i może stanowić napęd dla statku kosmicznego.

2 p. – zaznaczenie czterech poprawnych odpowiedzi.

1 p. – zaznaczenie trzech poprawnych odpowiedzi.