

ZDEŇKA KOUPILOVÁ
DANA MANDIKOVÁ
KRZYSZTOF ROCHOWICZ
GRZEGORZ KARWASZ

Sbirka zadań z **FIZYKI**

ZBIÓR ZADAŃ Z ROZWIĄZANAMI
MECHANIKA



WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIWERSYTETU MIKOŁAJA KOPERNIKA

Zdeňka Koupilová, Dana Mandíková,
Krzysztof Rochowicz, Grzegorz Karwasz

Sbirka zadań z fizyki

Zbiór z rozwiązaniami
Mechanika



WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIwersytetu MIKOŁAJA KOPERNIKA

RNDr Zdeňka Koupilová, Ph.D, RNDr Dana Mandíková, M.Sc.,
dr Krzysztof Rochowicz, prof. dr hab. Grzegorz Karwasz

Katedra Didaktiki Fizyki, Matematyczno-Fizykální Fakulta, Univerzita Karlova v Praze
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Zakład Dydaktyki Fizyki UMK,
ul. Grudziądzka 5, 87 – 100 Toruń
Tel: (056) 61-13-291, fax: (056) 62-25-397

Recenzent:

dr hab. Grażyna Staszewska

Współpraca:

mgr Krzysztof Służewski
dr Andrzej Karbowski
dr Kamil Fedus
mgr inż. Dorota Stolarz

Okładka:

Ewa Beniak-Haremska

Skład:

Krzysztof Rochowicz
Krzysztof Służewski

Korekta: Andrzej Karbowski, Elżbieta Kossarzecka

Rysunki: Katedra Didaktiki Fizyki MFF UK i ZDF UMK
Oryginalne źródło zbioru: <http://physicstasks.eu/>

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
Toruń 2014

ISBN 978-83-231-3291-2

Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
Redakcja: ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń
tel. +48 (56) 611 42 38, books@umk.pl

Dystrybucja: ul. Reja 25, 87-100 Toruń
tel./fax +48 (56) 611 42 38, books@umk.pl
www.wydawnictwoumk.pl
Druk: Drukarnia Wydawnictwa Naukowego UMK

Spis treści

Część I – zadania dla gimnazjalistów	5
Kinematyka	7
1.1. Gajowy i pies.....	7
1.2. Średnia prędkość samochodu I	8
1.3. Obserwacja samolotu	9
1.4. Jadący pociąg I	10
1.5. Jadący pociąg II	11
1.6. Tramwaj.....	13
1.7. Łódka	14
1.8. Wycieczka rowerowa Ani	16
1.9. Kometa Halleya.....	18
Część II – zadania dla licealistów.....	19
Kinematyka	21
2.1. Jak długi jest basen?	21
2.2. Średnia prędkość samochodu II	23
2.3. Droga hamowania pociągu.....	25
2.4. Spadający swobodnie kamień	26
2.5. Rzut pionowy piłki	28
2.6. Rzut pionowy w górę.....	30
Dynamika	33
2.7. Przyspieszenie dośrodkowe rakiety	33
2.8. Przyspieszający samochód.....	35
2.9. Sześcian w wodzie	37
2.10. Drewniana kulka w wodzie.....	39
2.11. Wózek.....	40
2.12. Dziewczynka ciągnie sanki.....	42
2.13. Kulka na równi	46
2.14. Ciężarówka na stoku.....	48
2.15. Blok nieruchomy.....	51
2.16. Wózek na torze powietrznym	54
2.17. Bloczki.....	58
2.18. Klocek na równi pochyłej.....	62
2.19. Skrzynka na równi pochyłej z bloczkiem obrotowym	65
2.20. Równia pochyła – trzy ciała	68
2.21. Pocisk i klocek.....	73
2.22. Łódka i żeglarz	75
2.23. Wyścig walca i kuli	76

Część III – zadania dla studentów	79
Kinematyka	81
3.1. Człowiek na łódce	81
3.2. Środek masy układu Ziemia – Księżyc	83
3.3. Koszykarz	84
3.4. Wąż ogrodowy	88
3.5. Ruch po okręgu	92
3.6. Obracający się pręt	93
Dynamika	94
3.7. Rurka, bloczek i cegła	94
3.8. Kot i szpulka nici	96
3.9. Szpula Pana Hieronima	100
3.10. Drabina oparta o ścianę	102
3.11. Człowiek na drabinie	103
3.12. Chłopiec na wyciągu	104
Część IV – zadania dla doktorantów	109
Kinematyka	111
4.1. Wahadło matematyczne	111
4.2. Kulka w miodzie	113

Część I – zadania dla gimnazjalistów

Kinematyka

1.1. Gajowy i pies

Gajowy wraca równym krokiem, z prędkością 5 km/h z patrolu w lesie do swojej leśniczówki odległej o 500 m. W czasie powrotu do domu jego pies, który siedział w tym czasie w leśniczówce, biega cały czas od leśniczówki do swojego pana i z powrotem z prędkością 18 km/h dopóty, dopóki gajowy nie dojdzie do domu. Jaką drogę pokona pies, zanim gajowy dojdzie do swojej leśniczówki?

Podpowiedź 1: Wypisać dane z zadania.

ROZWIĄZANIE

Odległość gajowego od leśniczówki wynosi: $L = 500$ m.

Prędkość, z jaką biega pies, wynosi: $v_p = 18$ km/h.

Prędkość, z jaką gajowy wraca do domu, wynosi: $v_g = 5$ km/h.

Podpowiedź 2: Jak długo będzie biegał pies? Jak długo będzie biegał pies od leśniczówki do gajowego i z powrotem?

ROZWIĄZANIE

Tak długo, jak długo będzie wracał do leśniczówki gajowy.

Podpowiedź 3: Czas wędrówki gajowego. Spróbuj obliczyć, jak długo będzie szedł gajowy do swojej leśniczówki.

ROZWIĄZANIE

Czas wędrówki gajowego do swojej leśniczówki jest taki sam, jak czas, w którym pies biegnie od leśniczówki do gajowego i z powrotem.

Zatem:

$$t_g = t_p = t.$$

Można więc obliczyć, jak długo gajowy będzie szedł do leśniczówki:

$$t = \frac{L}{v_g}.$$

Podstawiając do wzoru wartości liczbowe mamy:

$$t = \frac{0,5 \text{ km}}{5 \text{ km/h}} = 0,1 \text{ h} = 6 \text{ minut}.$$

Podpowiedź 4 Droga, którą pokonał pies, zanim gajowy doszedł do swojej leśniczówki. Jaką drogę przebiegł pies w czasie 6 minut?

ROZWIĄZANIE

Wiemy, jak długo i z jaką prędkością biega pies. Zatem drogę, jaką przebiegnie, liczymy ze wzoru:

$$s = v_p t.$$

Podstawiając dane liczbowe, mamy:

$$s_p = 18 \text{ km/h} \cdot 0,1 \text{ h} = 1,8 \text{ km}.$$

Odpowiedź

W czasie, w którym gajowy szedł do leśniczówki, pies przebiegł 1,8 km.

1.2. Średnia prędkość samochodu I

Prędkość samochodu na stromej równi pod górę jest równa $v_1 = 30\text{km/h}$, a przy zjeździe z niej prędkość ta jest równa $v_2 = 90\text{ km/h}$. Jaka jest średnia prędkość tego samochodu?

Podpowiedź 1: Czas potrzebny do wjazdu i zjazdu z równi. Samochód pokonał taką samą drogę w pierwszym i drugim przypadku, gdy wjeżdżał i zjeżdżał z równi. Zatem $s_1 = s_2 = s$.

ROZWIĄZANIE

Czas t_1 potrzebny do jazdy pod górę będzie liczony ze wzoru:

$$t_1 = \frac{s}{v_1}.$$

Czas t_2 potrzebny do zjazdu z równi liczony będzie ze wzoru:

$$t_2 = \frac{s}{v_2}.$$

Podpowiedź 2: Średnia prędkość samochodu. Należy pamiętać, że średnia prędkość samochodu to nie średnia arytmetyczna prędkości v_1 oraz v_2 .

ROZWIĄZANIE

Średnia prędkość to całkowita droga przebyta przez samochód podzielona przez całkowity czas trwania ruchu.

$$v_{\text{sr}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2s}{t_1 + t_2} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}.$$

Podstawiając dane liczbowe, mamy:

$$v_p = \frac{(2 \cdot 30 \cdot 90)\text{km}}{(30 + 90)\text{h}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Średnia prędkość samochodu jest równa tylko 45 km/h. Jest więc bliższa mniejszej z dwóch prędkości, z jaką porusza się samochód.

W naszym przypadku (kiedy droga w górę i w dół jest taka sama) można pokazać, że:

$$\frac{v_{\text{sr}} - v_1}{v_2 - v_{\text{sr}}} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Zatem:

$$\frac{30\text{km/h}}{90\text{km/h}} = \frac{1}{3}.$$

Uwaga: Zadanie sugeruje natychmiastową odpowiedź, że średnia prędkość wynosi 60 km/h (średnia arytmetyczna z obu wartości). Oczywiście jest to mylna odpowiedź. Prowadzenie samochodu z prędkością 30 km/h pod górę wymaga trzy razy więcej czasu niż sprowadzenie go na dół z prędkością 90 km/h!

Zauważmy też, że zachodzi związek $\frac{1}{v_{\text{sr}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right)$.

Odpowiedź

Średnia prędkość samochodu wynosi 45 km/h.

1.3. Obserwacja samolotu

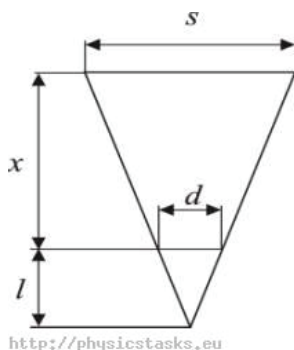
W odległości l od okna o szerokości d siedzi obserwator samolotu. Obserwator widzi samolot w oknie przez czas t . Jeśli założymy, że samolot leci ze stałą prędkością v w kierunku równoległym do okna, to w jakiej odległości l_1 od samolotu znajduje się obserwator?

Rozwiązać zadanie dla wartości: $l = 1$ m, $d = 50$ cm, $t = 3$ s, $v = 340$ m/s.

Podpowieź 1: Narysuj obraz sytuacji.

ROZWIĄZANIE

Rysunek:



Podpowieź 2: Tor samolotu. Jaką drogę pokona samolot od czasu pojawienia się w oknie do chwili, gdy obserwator straci go z oczu?

ROZWIĄZANIE

Drogę przebytą przez samolot policzymy ze wzoru:

$$s = vt.$$

Podpowieź 3: Odległość od obserwatora. Odległość samolotu od obserwatora policzymy, korzystając z własności trójkątów podobnych.

ROZWIĄZANIE

Z powyższego rysunku wynika, że:

$$\frac{l}{d} = \frac{x + l}{s}.$$
$$x + l = l_1.$$

Aby znaleźć odległość l_1 , należy policzyć:

$$l_1 = x + l = \frac{ls}{d} = \frac{lvt}{d}.$$

Podstawiając dane liczbowe ($d = 50$ cm = 0,5 m), mamy:

$$l_1 = \frac{(1 \cdot 340 \cdot 3)}{0,5} = 2040 \text{ m}.$$

Zauważmy, że przyjęta prędkość $v = 340$ m/s, to prędkość dźwięku.

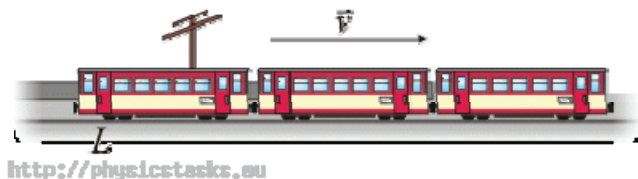
Odpowiedź

Samolot znajduje się w odległości 2040 m od obserwatora.

1.4. Jadący pociąg I

Pociąg towarowy o długości $L=120$ m porusza się z prędkością $v = 30 \text{ km/h}$. Ile czasu zajmie pociągowi minięcie:

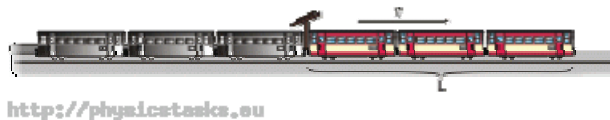
- a) słupa wysokiego napięcia? b) peronu kolejowego o długości $d=50\text{m}$?



Podpowiedź 1: Droga lokomotywy. Pomyśl, jaką drogę musi przebyć czoło lokomotywy, by minąć słup wysokiego napięcia lub peron kolejowy? Narysuj schemat sytuacji w obu przypadkach.

ROZWIĄZANIE

a) Zakładamy, że szerokość słupa jest niewielka w stosunku do długości pociągu. Czoło lokomotywy przebyło odcinek równy całej długości pociągu i równocześnie pociąg minął słup wysokiego napięcia.



b) Czoło lokomotywy przebyło odcinek równy całej długości pociągu plus długość peronu.



Podpowiedź 2: Czas. Sprawdź, czy zmienne wyrażone są w podstawowych jednostkach.

ROZWIĄZANIE

Prędkość lokomotywy w podstawowych jednostkach (układu SI) wynosi:

$$v = 30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}.$$

Pozostałe wartości wyrażone są w jednostkach podstawowych.

Czas to stosunek przebytej drogi do prędkości pociągu. Zatem:

$$\text{a) } t_1 = \frac{L}{v} = \frac{120}{8,3} = 14,4 \text{ s},$$

$$\text{b) } t_2 = \frac{L+d}{v} = \frac{120+50}{8,3} = 20,4 \text{ s}.$$

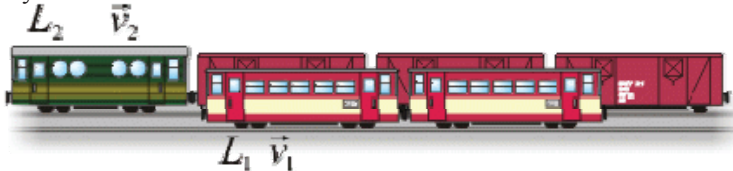
Odpowiedź

Pociąg towarowy minie słup wysokiego napięcia w czasie 14,4 s; a peron w czasie 20,4 s.

1.5. Jadący pociąg II

Pociąg osobowy o długości $L_1 = 60$ m jechał z prędkością $v_1 = 80$ km/h. Po jakim czasie pociąg ten minie pociąg towarowy o długości $L_2 = 120$ m, który porusza się z prędkością $v_2 = 30$ km/h w przypadku, gdy oba pociągi jadą po prostoliniowych torach:

- w tym samym kierunku?
- w przeciwnych kierunkach?



<http://physicstasks.eu>

Podpowiedź 1: Zamiana jednostek.

Przed przystąpieniem do rozwiązania zadania należy upewnić się, czy dane w zadaniu są zapisane przy użyciu jednostek podstawowych.

ROZWIĄZANIE

Prędkości obu pociągów zapisane w jednostkach podstawowych mają wartości:

$$\text{pociąg osobowy: } v_1 = 80 \text{ km/h} = 22,2 \text{ m/s},$$

$$\text{pociąg towarowy: } v_2 = 30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}.$$

Podpowiedź 2: Wzajemna prędkość obu pociągów.

Narysować schemat sytuacji w obu przypadkach. Wyobraź sobie, że jesteś maszynistą pociągu osobowego. Jaka jest wzajemna szybkość, z jaką poruszają się oba pociągi?

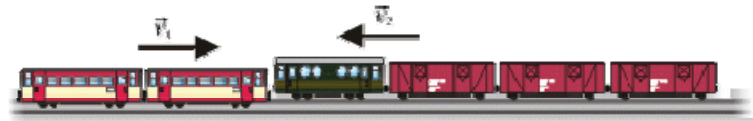
ROZWIĄZANIE:



a) <http://physicstasks.eu>

Pociągi jadą w tym samym kierunku. Z punktu widzenia maszynisty pociągu osobowego prędkość względna obu pociągów jest równa:

$$v_a = v_1 - v_2 = 13,9 \text{ m/s}$$



b) <http://physicstasks.eu>

Pociągi jadą w przeciwnych kierunkach. Z punktu widzenia maszynisty pociągu osobowego względna prędkość obu pociągów jest równa:

$$v_b = v_1 + v_2 = 30,5 \text{ m/s}.$$