

Fale

I. Konstruktywna

Rozwiązanie każdego zadania zapisz na oddzielnej, podpisanej kartce z wyraźnie zaznaczonym numerem zadania.

1 Zadanie – Generator fal

Zofia Drabek, update: 2018-06-01, id: pl-fale-0000900, diff: 1

Uczeń nalał wody do wanny. Na powierzchni wody położył drewnianą listewkę połączoną z generatorem drgań. Generator poruszał listewkę pionowo, ze stałą częstotliwością tak, że listewka cały czas była w kontakcie z wodą. W górnym położeniu znajdowała się co 0,18 s. Uczeń wytworzył w ten sposób na powierzchni wody falę płaską. Jej prędkość wynosi $0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz częstotliwość wytwarzanych fal oraz odległość między kolejnymi grzbietami.

Wskazówka: Czas, po jakim listewka znajdzie się ponownie w tym samym położeniu, należy zinterpretować jako okres T . Znajomość okresu umożliwia wyznaczenie częstotliwości f :

$$f = \frac{1}{T}.$$

Wskazówka: Odległość między kolejnymi grzbietami jest równa długości fali λ i zależy w następujący sposób od prędkości fali v oraz jej okresu T :

$$\lambda = Tv.$$

Odpowiedź: Częstotliwość wytwarzanych fal wynosi ok. 5,6 Hz, a odległość między kolejnymi grzbietami fali ok. 5,2 cm.

2 Zadanie – Dźwięk w piaskowcu

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-07, id: pl-fale-0001000, diff: 1

Prędkość dźwięku w piaskowcu jest równa 2800 m/s. Oblicz okres oraz częstotliwość fali rozchodzącej się w płycie z tego piaskowca, jeśli długość fali jest równa 1,4 km.

Wskazówka: $\lambda = vT$

Wskazówka: $f = 1/T$

Odpowiedź: Okres fali $T = \lambda/v \approx 0,5$ s, a jej częstotliwość $f = 1/T \approx 2$ Hz.

3 Zadanie – Częstotliwość światła

Piotr Nieżurawski, update: 2018-01-09, id: pl-fale-0002000, diff: 1

Wiązka światła o długości fali 550 nm w próżni pada na powierzchnię szkła o bezwzględnym współczynniku załamania tego światła równym 1,67. Oblicz częstotliwość i długość fali tego światła w szkłe. Przyjmij wartość prędkości światła w próżni $3 \cdot 10^8$ m/s.

Wskazówka:

$$\lambda = vT = v/f$$

λ – długość fali; v – prędkości fali; T – okres fali; f – częstotliwość fali.

Wskazówka:

$$v = c/n$$

c – prędkość światła w próżni; n – bezwzględny współczynnik załamania światła.

Odpowiedź: Częstotliwość fali w szkle $f_2 = f_1 = c/\lambda_1 \approx 545$ THz, gdzie f_1 i λ_1 to odpowiednio częstotliwość i długość fali w próżni. Długość fali w szkle $\lambda_2 = v_2 T = cT/n = \lambda_1/n \approx 329$ nm, gdzie v_2 to prędkość fali w szkle.

4 Zadanie – Fala biegnąca

Klaudia Dec, update: 2018-04-23, id: pl-fale-0003050, diff: 1

Wzdłuż sznurka biegnie fala, która opisana jest wzorem: $y(x,t) = A \cos(Bx - Ct + D)$, gdzie x to położenie, a t to czas. Stałe numeryczne wynoszą odpowiednio: $A = 4$ mm, $B = 73$ rad/m, $C = 34$ rad/s, $D = 1$ rad.

- Wyznacz amplitudę fali.
- Wyznacz długość fali.
- Wyznacz okres fali.
- Wyznacz częstotliwość fali.
- Wyznacz prędkość fali.
- Wyznacz przemieszczenie sznurka w punkcie $x = 12,5$ cm w chwili $t = 8,9$ s.

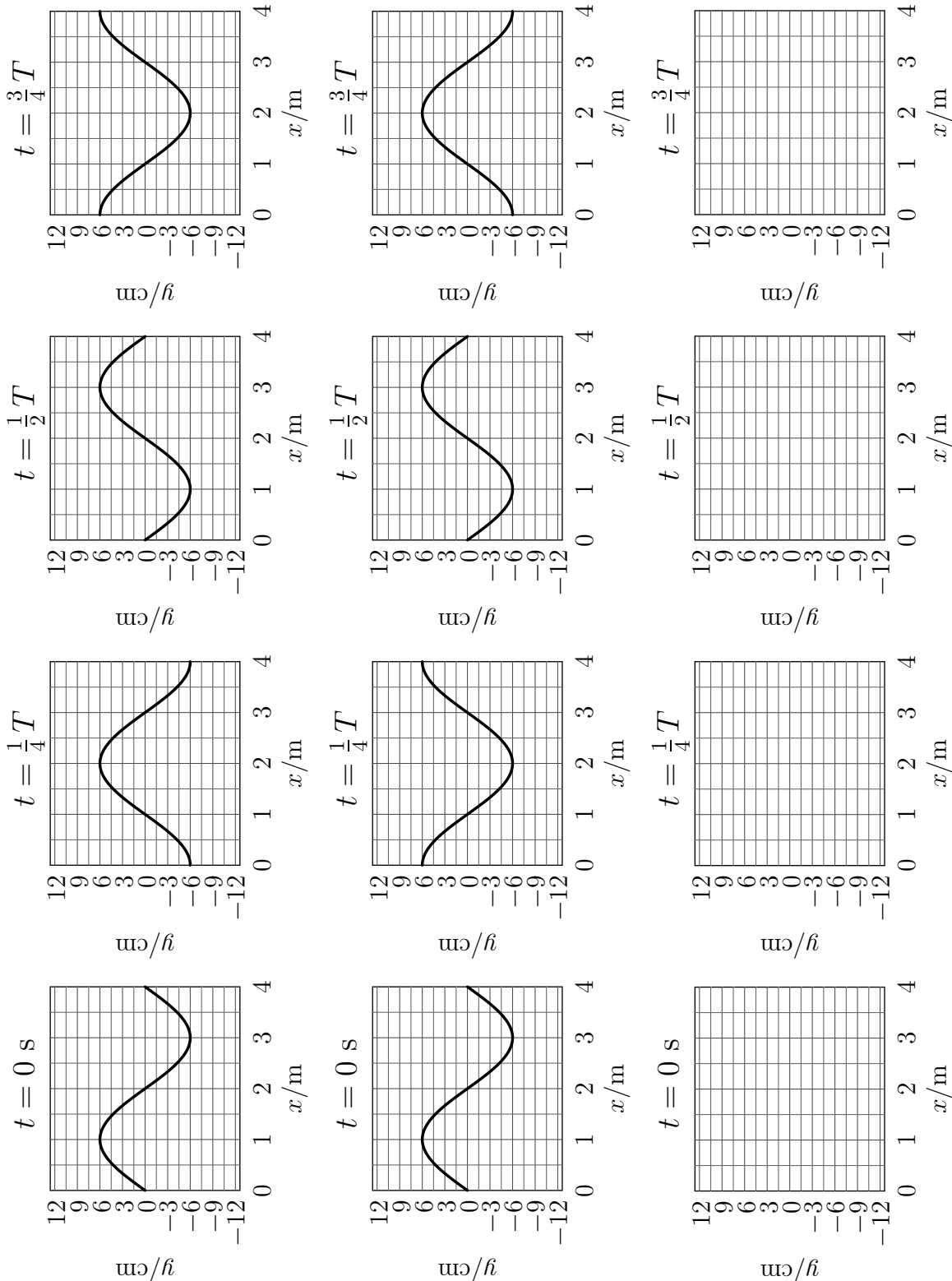
Odpowiedź:

- Amplituda fali wynosi: $y_m = 4$ mm i jest równa co do wartości parametrowi A .
- Długość fali wynosi: $\lambda = \frac{2\pi}{k} \approx 8,6$ cm, gdzie k to liczba falowa równa co do wartości parametrowi B .
- Okres fali wynosi: $T = \frac{2\pi}{\omega} \approx 0,19$ s, gdzie ω to częstość kołowa równa co do wartości parametrowi C .
- Częstotliwość fali wynosi: $f = \frac{1}{T} \approx 5,4$ Hz.
- Prędkość fali wynosi: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} \approx 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Przemieszczenie w punkcie x w chwili t wynosi:
 $y = 0,004 \cdot \cos(73 \cdot 0,125 - 34 \cdot 8,9 + 1)$ m $\approx -3,8$ mm.

5 Zadanie – Fale przeciwbieżne

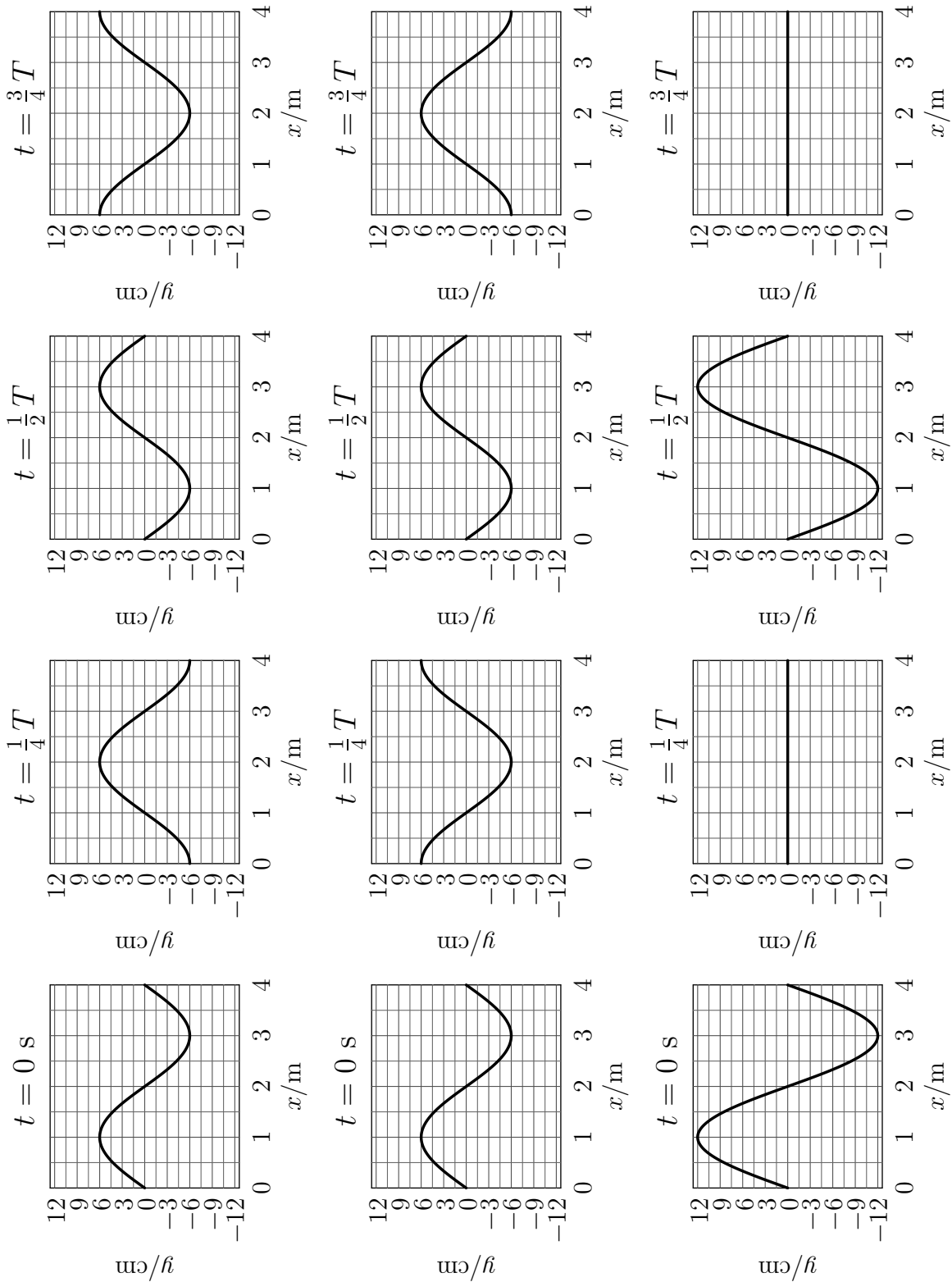
Klaudia Dec, update: 2018-07-05, id: pl-fale-0003200, diff: 1

Na poniższym rysunku umieszczono zależności wychYLENIA y od położenia x w wyróżnionych chwilach t dla dwóch fal: dla pierwszej fali w pierwszym rzędzie i dla drugiej fali w drugim rzędzie. Jak będzie wyglądała ich suma (superpozycja)? Narysuj odpowiednie zależności $y(x)$ w trzecim rzędzie.



Wskazówka: Dla tej samej chwili t i tych samych x dodaj wychylenia y pierwszej i drugiej fali.

Odpowiedź:



6 Zadanie – Kuter rybacki

Klaudia Dec, update: 2018-04-25, id: pl-fale-0003300, diff: 2

Dwóch rybaków wypłynęło kutrem rybackim na morze w poszukiwaniu ławicy ryb. Płynęli z prędkością 18 km na godzinę względem dna. Fale morskie, płynące w przeciwną stronę, uderzały w przednią część kadłuba około 75 razy w ciągu minuty. Odległość między kolejnymi grzbietami fal wynosiła 5 m.

W celu znalezienia ławicy ryb, rybacy wykorzystali sonar, czyli urządzenie, które wysyłało pionowo w głąb wody fale ultradźwiękowe o częstotliwości 160 kHz i długości 9 mm. Od chwili wysłania impulsu do chwili jego powrotu po odbiciu się od ławicy ryb upłynęło 70 ms.

- Ile wynosi szybkość przemieszczania się fal morskich względem dna?
- Ile wynosi szybkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych emitowanych przez sonar?
- Jaka jest głębokość, na której znajduje się ławica ryb?

Wskazówka:

- Uwzględnij fakt poruszania się kutra rybackiego.
- Jaka jest zależność pomiędzy długością a częstotliwością fali?
- Jaką drogę musi pokonać impuls?

Odpowiedź:

- Szybkość przemieszczania się fal morskich względem dna wynosi $v_f = \lambda_f f_f - v_k \approx 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, gdzie λ_f - odległość między grzbietami fal, f_f - częstotliwość uderzania fal morskich o kuter, v_k - prędkość kutra.
- Szybkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych wynosi $v_s = \lambda_s f_s \approx 1440 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, gdzie λ_s to długość fali, a f_s to częstotliwość fali wysłanej przez sonar.
- Ławica ryb znajduje się na głębokości $h = \lambda_s f_s \frac{t}{2} \approx 50$ m, gdzie t to czas od wysłania do powrotu impulsu.

7 Zadanie – Struna

Klaudia Dec, update: 2018-04-19, id: pl-fale-0003400, diff: 1

Rozważmy gitarową strunę o długości 0,66 m, która rozpięta jest pomiędzy dwoma zaciskami. Przy częstościach rezonansowych, w wyniku interferencji, w strunie powstaje fala stojąca. Drganie własne o najniższej częstości rezonansowej nazywamy modem podstawowym lub pierwszą harmoniczną. W przypadku powyższej struny częstotliwość modu podstawowego wynosi 335 Hz.

- Z jaką prędkością rozchodzi się fala w strunie?
- Jaką częstotliwość ma druga harmoniczna?

Wskazówka:

- Ile 'połówek fali' można zmieścić między zaciskami struny?
- Jak zależy częstotliwość od liczby harmonicznego n ?

Odpowiedź:

- Fala rozchodzi się z prędkością $v = 2lf_1 \approx 442 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, gdzie l to długość struny, a f_1 to częstotliwość modu podstawowego.
- Druga harmoniczna ma częstotliwość równą $f_2 = 670$ Hz.

8 Zadanie – Prędkość dźwięku w stali

Klaudia Dec, update: 2018-04-19, id: pl-fale-0003500, diff: 1

Paweł i Gawęł stoją na szynach kolejowych w odległości 1089 m od siebie. Paweł uderzył młotkiem w szynę. Gawęł, przykładając ucho do szyny, usłyszał dźwięk o 3 sekundy wcześniej niż dźwięk, który doleciał w powietrzu. Oblicz prędkość, z jaką rozchodzi się dźwięk w stali, z której zrobiono szyny. Prędkość dźwięku w powietrzu wynosi $339 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Wskazówka: Jak powiązać czas rozchodzenia się dźwięku w powietrzu z czasem rozchodzenia się w stali?

Odpowiedź: Prędkość rozchodzenia się dźwięku w stali wynosi: $v_s = \frac{1}{\frac{1}{v_p} - \frac{\Delta t}{s}} \approx 5130 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, gdzie v_p to prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu, Δt to różnica w czasie, s to odległość pomiędzy Pawłem a Gawłem.

9 Zadanie – Radiowóz policyjny

Klaudia Dec, update: 2018-05-03, id: pl-fale-0003600, diff: 1

Syrena radiowozu policyjnego wydaje dźwięk o częstotliwości 970 Hz. Samochód zbliża się ze stałą prędkością z oddali do ludzi stojących na przystanku, którzy odbierają dźwięk o częstotliwości 1040 Hz. Prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu wynosi $339 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

a) Ile wynosi prędkość radiowozu?

b) Znając prędkość radiowozu, oblicz częstotliwość dźwięku, jaką usłyszą ludzie na przystanku, gdy radiowóz znajdzie się w znacznej odległości, oddalając się od nich.

Wskazówka:

a) W jaki sposób częstotliwość odbieranego dźwięku zależy od prędkości źródła?

b) Jak zmienia się odbierana częstotliwość w przypadku oddalania się źródła?

Odpowiedź:

a) Prędkość radiowozu wynosi: $v_r = v_p \frac{f' - f_s}{f'} \approx 82,1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, gdzie v_p to prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu, f_s to częstotliwość syreny, f' to częstotliwość, którą odbierają ludzie na przystanku.

b) Częstotliwość dźwięku, którą odbiorą ludzie na przystanku po przejechaniu radiowozu będzie wynosić: $f'' = f_s \frac{v_p}{v_p + v_r} \approx 909 \text{ Hz}$.

10 Zadanie – Nietoperz

Klaudia Dec, update: 2018-05-03, id: pl-fale-0003700, diff: 2

Nietoperz orientuje się w przestrzeni, wysyłając i odbierając odbite fale dźwiękowe. Spoczywający nietoperz wysłał dźwięki o częstotliwości 75 kHz. Wydając ten sam dźwięk, osobnik leciał z prędkością $13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, prostopadle do pionowej ściany jaskini. Jaką częstotliwość miała odbierana przez nietoperza fala dźwiękowa, która wróciła do niego po odbiciu? Prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu wynosi $339 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Wskazówka: Jaką prędkość miało źródło dźwięku, a jaką detektor dźwięku?

Odpowiedź: Fala dźwiękowa, która wróciła do nietoperza, miała częstotliwość równą: $f' = f \frac{v_p + v_n}{v_p - v_n} \approx 81 \text{ kHz}$, gdzie f to częstotliwość fali wysłanej przez nietoperza, v_p to prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu, v_n to prędkość nietoperza.

11 Zadanie – Nietoperz i mucha [do dokończenia]

Jakub Iwański, update: 2019-09-14, id: pl-fale-0003710, diff: 1

W jednowymiarowym świecie jednowymiarowy nietoperz leci z prędkością 2 m/s względem układu współrzędnych związanym z torami naprzeciw jadącego pociągu. W chwili $t = 0 \text{ s}$ znajduje się w odległości 153 m od pociągu. Chce złapać muchę, znajdującą się między nim a pociągiem i oddaloną od niego w $t = 0 \text{ s}$ o 30 m. Wysyła sygnał echolokacyjny o częstotliwości 45 kHz. Wracają do niego dwa sygnały o częstotliwościach 45,53 kHz i 50,92 kHz. Czy nietoperzowi uda się złapać tę muchę? Odpowiedź uzasadnij odpowiednimi obliczeniami. Załóż, że prędkości nietoperza, pociągu i muchy są dużo mniejsze od prędkości dźwięku w powietrzu 340 m/s.

Wskazówka: Z jaką prędkością porusza się pociąg a z jaką mucha?

Wskazówka: W którą stronę porusza się mucha?

Wskazówka: Nietoperz złapie muchę jeśli mniej czasu zajmie mu dolecenie do niej niż dolecenie do pociągu.

Odpowiedź: Nietoperzowi nie udało się złapać muchy, ponieważ czas potrzebny na dolecenie nietoperza do muchy jest dłuższy od tego, który jest potrzebny na dolecenie nietoperza do pociągu.

12 Zadanie – Przesunięcie linii widmowej

Jakub Iwański, update: 2019-06-04, id: pl-fale-0003755, diff: 1

Długość fali dla linii widmowej wodoru wynosi $\lambda_H = 656,28 \text{ nm}$. Na niebie zaobserwowano gwiazdę, która emituje między innymi falę o długości $\lambda = 674,66 \text{ nm}$. Wiedząc, że jest to ta sama, lecz przesunięta linia widmowa, oblicz z jaką prędkością względem ziemskiego obserwatora porusza się ta gwiazda.

Wskazówka: Dlaczego obserwujemy zmienioną długość fali? Pamiętaj, żeby uwzględnić efekt relatywistyczny.

Odpowiedź: Gwiazda porusza się z prędkością $V = \frac{\lambda^2 - \lambda_H^2}{\lambda^2 + \lambda_H^2} c = 8283941 \text{ m/s}$.

13 Zadanie – Odkurzacz

Klaudia Dec, update: 2018-04-26, id: pl-fale-0003810, diff: 1

Natężenie fali dźwiękowej I to moc fali przypadająca na jednostkę powierzchni, przez którą przechodzi fala. Poziom natężenia dźwięku β definiujemy jako $\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0}$, gdzie I_0 to standardowe natężenie odniesienia, $I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Jednostką natężenia dźwięku jest decybel. Poziom natężenia szeptu wynosi 21 dB, a odpowiadające mu natężenie I_1 jest 10000 razy mniejsze niż natężenie I_2 pracującego odkurzacza. Oblicz poziom natężenia dźwięku w decybelach pracującego odkurzacza.

Wskazówka: Zapisz definicję natężenia dźwięku dla odkurzacza.

Odpowiedź: Poziom natężenia pracującego odkurzacza wynosi $\beta_{odku} = (10 \text{ dB}) \log \frac{I_2}{I_0} = (10 \text{ dB}) \log \frac{10000 I_1}{I_0} = (10 \text{ dB}) \log 10^4 + (10 \text{ dB}) \log \frac{I_1}{I_0} = 40 \text{ dB} + 21 \text{ dB} = 61 \text{ dB}$.

14 Zadanie – Fala podłużna w pręcie

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-19, id: pl-fale-0004000, diff: 1

Oblicz prędkość rozchodzenia się podłużnej fali w długim, metalowym pręcie. Długość fali jest znacznie większa od średnicy pręta. Gęstość metalu, z którego wykonano pręt, jest równa 7700 kg/m^3 , a moduł Younga tego metalu jest równy 171 GPa . Jeśli nie pamiętasz zależności prędkości fali od modułu Younga i gęstości, to w opisanym przypadku możesz ją uzyskać, rozważając wymiary tych wielkości.

Wskazówka: $\text{Pa} = \text{N/m}^2$

Wskazówka: $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

Wskazówka: $\text{Pa} = \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$

Wskazówka: $\text{Pa}/(\text{kg/m}^3) = \text{m}^2/\text{s}^2$

Odpowiedź: Prędkość fali jest równa $v = \sqrt{E/\rho} \approx 4710 \text{ m/s}$.

15 Zadanie – Interferencja fal dźwiękowych

Piotr Nieżurawski, update: 2018-01-09, id: pl-fale-0005000, diff: 1

W jednorodnym ośrodku umieszczono dwa głośniki. Pierwszy głośnik znajduje się w odległości $7,5 \text{ m}$, a drugi w odległości 4 m od mikrofonu. Każdy z głośników oddzielnie wytwarzał w okolicy mikrofonu falę o takiej samej amplitudzie, a w obszarze między tym głośnikiem a mikrofonem zmiany ciśnienia można było w przybliżeniu opisać jako falę płaską o długości fali 140 cm . Następnie włączono oba głośniki. Drgają one w taki sam sposób, czyli w zgodnej fazie. Na podstawie odpowiednich obliczeń określ, czy w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, nastąpi wzmocnienie czy osłabienie dźwięku w porównaniu z sytuacją, gdy był włączony tylko jeden z głośników.

Wskazówka:

$$|d_1 - d_2|/\lambda = ?$$

d_1 oraz d_2 – odległość od mikrofonu odpowiednio pierwszego oraz drugiego głośnika; λ – długość fali.

Odpowiedź: Iloczyn wartości bezwzględnej różnicy odległości i długości fali $|d_1 - d_2|/\lambda = 2,5$, a więc w miejscu, gdzie znajduje się mikrofon, fale spotykają się w przeciwnej fazie – nastąpi osłabienie.

16 Zadanie – Siatka dyfrakcyjna

Klaudia Dec, update: 2018-05-02, id: pl-fale-0005200, diff: 1

Wiązka monochromatycznego światła oświetla siatkę dyfrakcyjną posiadającą 500 rys na jednym milimetrze. Na ekranie zaobserwowano prążek pierwszego rzędu pod kątem 16° .

- Jaka jest długość fali światła?
- Jaka to barwa światła?

Wskazówka:

- W jaki sposób wyznaczyć stałą siatki dyfrakcyjnej?
- W jakim zakresie widma światła widzialnego znajduje się barwa czerwona, a w jakim zielona?

Odpowiedź: Długość fali światła wynosi: $\lambda = \frac{\sin \alpha}{mn} \approx 551 \text{ nm}$, gdzie α to kąt pod jakim obserwuje się prążek, m to liczba rys na jednym milimetrze siatki dyfrakcyjnej, n to numer rzędu. Dana długość fali odpowiada barwie zielonej.

17 Zadanie – Doświadczenie Younga

Klaudia Dec, update: 2018-05-03, id: pl-fale-0005300, diff: 1

Zielone światło o długości fali 550 nm oświetla dwie bardzo wąskie szczeliny odległe o 1,2 mm. Ekran, na którym obserwujemy obraz interferencyjny, jest odległy od szczelin o 5,7 m. Ile wynosi odległość między jasnymi prążkami?

Wskazówka: Jaki jest warunek powstania jasnych prążków?

Odpowiedź: Odległość między jasnymi prążkami wynosi: $x \approx \frac{nL\lambda}{d} \approx 2,6 \text{ mm}$, gdzie n to numer rzędu, L odległość ekranu od szczelin, λ długość fali i d odległość między szczelinami.

18 Zadanie – Czy to fala?

Piotr Nieżurawski, Andrzej Twardowski, update: 2019-02-01, id: pl-fale-0008000, diff: 2

W strefie subdukcji miało miejsce trzęsienie ziemi. Po analizie danych sejsmicznych stwierdzono, że wychylenie skorupy ziemskiej można opisać następującą funkcją zależną od położenia x oraz czasu t :

$$f(x, t) = N \cdot \sin\left(\frac{x}{L} + a\right) \cdot \cos\left(\frac{t}{T} + b\right) + K$$

gdzie N , L , T , a , b , K są stałymi. Funkcja opisywała wychylenie dla $x \in (0, L)$ oraz $t \in (0, T)$. Sprawdź, czy ta funkcja spełnia równanie falowe, a więc czy opisywane wychylenie było falą.

Wskazówka:

$$v^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

Odpowiedź:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = -N \cdot \sin\left(\frac{x}{L} + a\right) \cdot \cos\left(\frac{t}{T} + b\right) / L^2$$

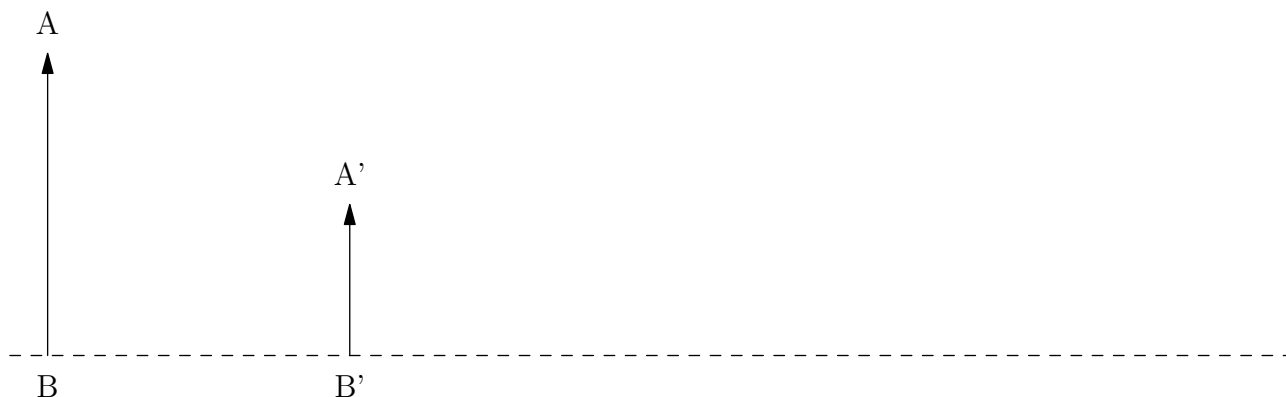
$$\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = -N \cdot \sin\left(\frac{x}{L} + a\right) \cdot \cos\left(\frac{t}{T} + b\right) / T^2$$

Funkcja $f(x, t)$ spełnia równanie falowe, a więc opisuje falę.

19 Zadanie – Gdzie ta soczewka?

Zofia Drabek, update: 2018-05-31, id: pl-optyka-0001000, diff: 1

Poniższy rysunek przedstawia w schematyczny sposób przedmiot AB oraz obraz A'B' powstały po przejściu przez cienką soczewkę światła emitowanego przez przedmiot AB. Zaznaczono też oś optyczną BB'. Wypisz 3 cechy obrazu. Znajdź położenie soczewki oraz rozstrzygnij, czy użyto soczewki skupiającej, czy rozpraszającej.

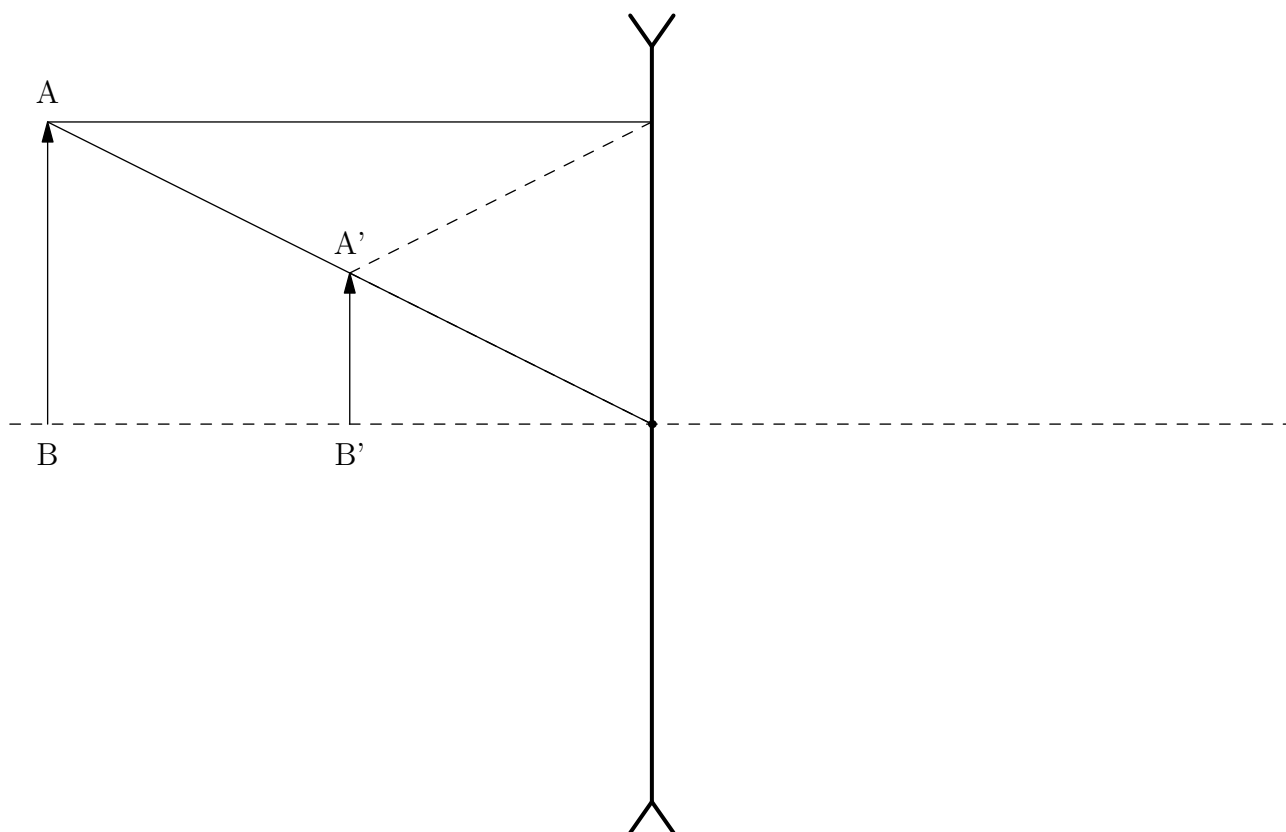


Wskazówka: Zastanów się, czy obraz jest większy, czy mniejszy od przedmiotu. Czy obraz jest odwrócony? Czy obraz powstaje przez przecięcie promieni, czy ich przedłużeń?

Wskazówka: Aby znaleźć soczewkę, wystarczy narysować prostą AA'. Przecięcie tej prostej z osią optyczną wskazuje położenie soczewki. Jest ona ułożona prostopadle do osi optycznej.

Wskazówka: Aby rozstrzygnąć, czy jest to soczewka skupiająca, czy rozpraszająca, dobrze jest sprawdzić, w jaki sposób zachowa się promień padający na soczewkę równoległe do osi optycznej.

Odpowiedź: Obraz jest pomniejszony, prosty i pozorny.



Soczewka jest rozpraszająca.

20 Zadanie – Odległość do diody

Piotr Nieżurawski, update: 2018-01-11, id: pl-optyka-0002000, diff: 1

Cienka soczewka o ogniskowej 15 cm musi być odsunięta na odległość 18 cm od ekranu, aby uzyskać na nim ostry obraz świecącej diody znajdującej się na osi optycznej soczewki.

- Oblicz odległość od soczewki do diody.
- Oblicz stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu.

Wskazówka:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$

f – ogniskowa; x – odległość od soczewki do diody; y – odległość od soczewki do obrazu (ekranu).

Wskazówka:

$$h_o/h_i = x/y$$

h_o – wysokość diody (*object*); h_i – wysokość obrazu (*image*)

Odpowiedź:

- Odległość od soczewki do diody to 90 cm.
- Stosunek wysokości diody do wysokości jej obrazu to 5.

21 Zadanie – Płytką równoległościenna

Klaudia Dec, update: 2018-04-23, id: pl-optyka-0003000, diff: 1

Wiązka światła pada na szklaną płytkę równoległościenną znajdującą się w powietrzu. Promień padający tworzy z powierzchnią graniczną kąt 45° . Bezwzględne współczynniki załamania światła dla powietrza i szklanej płytki wynoszą odpowiednio: $n_1 = 1,003$ i $n_2 = 1,662$.

- Ile wynosi kąt odbicia przy pierwszej powierzchni?
- Ile wynosi kąt załamania przy pierwszej powierzchni?
- Ile wynosi kąt odbicia przy drugiej powierzchni?
- Ile wynosi kąt załamania przy drugiej powierzchni?
- Czy wychodząca wiązka jest równoległa do wchodzącej?

Wskazówka:

- Ile wynosi kąt padania?
- Zastosuj prawo załamania.
- Skorzystaj z własności kątów naprzemianległych.
- Zastosuj prawo załamania.
- Porównaj kąty promienia wchodzącego i wychodzącego.

Odpowiedź:

- Kąt odbicia przy pierwszej powierzchni wynosi: $\alpha_{\text{odb,I}} = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$.
- Kąt załamania przy pierwszej powierzchni wynosi: $\alpha_{\text{zał,I}} = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_{\text{pad,I}})\right) \approx 25^\circ$.
- Kąt odbicia przy drugiej powierzchni wynosi: $\alpha_{\text{odb,II}} = \alpha_{\text{pad,II}} = \alpha_{\text{zał,I}} = 25^\circ$.
- Kąt załamania przy drugiej powierzchni wynosi: $\alpha_{\text{zał,II}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin(\alpha_{\text{pad,II}})\right) = \alpha_{\text{pad,I}} = 45^\circ$.
- Tak, wychodząca wiązka jest równoległa do wchodzącej.

22 Zadanie – Kij w basenie

Klaudia Dec, update: 2018-05-01, id: pl-optyka-0004000, diff: 2

Z poziomego dna basenu, prostopadle do dna, wystaje kij o długości 2,1 m. Ponad powierzchnią wody znajduje się 27% jego długości. Padają na niego promienie słoneczne pod kątem 56° do powierzchni wody. Ile wynosi długość cienia kija na dnie basenu? Współczynnik załamania wody wynosi 1,33, a powietrza 1.

Wskazówka: Jak biegnie promień przechodzący tuż nad wierzchołkiem kija?

Odpowiedź: Długość cienia na dnie basenu wynosi: $x = a + b \approx 1,09$ m.

Zmienna a to długość cienia na powierzchni wody: $a = \frac{lp}{\text{tg } \phi} \approx 0,38$ m, gdzie l to długość kija, p to procent jego długości, która wystaje ponad wodę, ϕ to kąt padania promieni do powierzchni wody.

Zmienna b to długość fragmentu cienia na dnie basenu: $b = l(1 - p) \text{tg } \beta \approx 0,71$ m, gdzie β to kąt załamania uzyskany z prawa załamania: $\sin \beta = \frac{n_p}{n_w} \sin(90^\circ - \phi) \approx 0,4204$, gdzie n_p to współczynnik załamania powietrza, a n_w to współczynnik załamania wody.

23 Zadanie – Polaryzacja odbitego światła

Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-24, id: pl-optyka-0008000, diff: 1

Studenci powinni określić materiał, z którego została wykonana sześcienna bryła. Mają tego dokonać tylko na podstawie badania polaryzacji odbitego od jej ściany światła. Dysponują wiązką światła o długości fali 589 nm. Maksymalną polaryzację liniową odbitej wiązki uzyskali, gdy kąt między normalną do ściany a odbitą wiązką był równy $55,6^\circ$. Na podstawie odpowiednich obliczeń wskaż, z którego z następujących materiałów najprawdopodobniej wykonano bryłę (w nawiasach podano bezwzględny współczynnik załamania światła dla referencyjnej próbki): korund (1,77), szkło kwarcowe (1,46), fluorek sodu (1,33). Bryła znajduje się w powietrzu, dla którego przyjmij bezwzględny współczynnik załamania światła równy 1.

Wskazówka: Kąt między wiązką odbitą a załamaną musi być kątem prostym.

Wskazówka: Kąt padania jest równy kątowi odbicia.

Wskazówka:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 = n_2 \sin(90^\circ - \alpha_1)$$

n_1 oraz n_2 – bezwzględny współczynnik załamania światła odpowiednio dla powietrza oraz materiału; α_1 oraz α_2 – kąt padania oraz załamania światła.

Wskazówka: $\sin(90^\circ - \alpha_1) = \cos \alpha_1$

Odpowiedź: Bezwzględny współczynnik załamania jest równy $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,46$. A więc materiałem jest najprawdopodobniej szkło kwarcowe.

24 Zadanie – Polaryzacja i geolog

Andrzej Twardowski, Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-24, id: pl-optyka-0008005, diff: 1

Młoda geolog podczas wycieczki w Sudetach znalazła fragment kryształu. W celu jego identyfikacji badała polaryzację odbitego od ściany kryształu światła. Dysponowała wiązką światła o długości fali 589 nm. Maksymalną polaryzację liniową odbitej wiązki uzyskała, gdy kąt między normalną do ściany kryształu a odbitą wiązką był równy 57° . Na podstawie odpowiednich obliczeń określ najbardziej prawdopodobny minerał, którego fragment był badany. Wybierz spośród (w nawiasach podano bezwzględny współczynnik załamania światła dla referencyjnej próbki): fluoryt (1,43), halit (1,54), szkło kwarcowe (1,46). Kryształ znajdował się w powietrzu, dla którego przyjmij bezwzględny współczynnik załamania światła równy 1.

Wskazówka: Kąt między wiązką odbitą a załamaną musi być kątem prostym.

Wskazówka: Kąt padania jest równy kątowi odbicia.

Wskazówka:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 = n_2 \sin(90^\circ - \alpha_1)$$

n_1 oraz n_2 – bezwzględny współczynnik załamania światła odpowiednio dla powietrza oraz minerału; α_1 oraz α_2 – kąt padania oraz załamania światła.

Wskazówka: $\sin(90^\circ - \alpha_1) = \cos \alpha_1$

Odpowiedź: Bezwzględny współczynnik załamania jest równy $n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 1,54$.
A więc minerałem jest najprawdopodobniej halit.