

Fale w ośrodkach sprężystych

1. Prędkość fali głosowej w powietrzu zależy od jego temperatury i przy 20°C jest równa 344 m/s. Obliczyć długość fali λ o częstotliwości $f = 262\text{Hz}$ (dźwięk środkowego c na klawiaturze pianina).
2. Równanie poprzecznej fali monochromatycznej biegnącej w dodatnim kierunku osi OX ma postać: $y(x, t) = A\cos[\omega(t - x/c)]$. Wiadomo, że wektor falowy $\mathbf{k} = 2\pi/\lambda$, $\omega = 2\pi f$, $f = 1/T$ i $\omega = c\mathbf{k}$. Przekształcić $y(x, t)$ do postaci: $y(x, t) = A\cos[2\pi(t/T - x/\lambda)]$, $y(x, t) = A\cos(\omega t - \mathbf{k}x)$.
3. Na dnie szybu o głębokości $d = 80\text{m}$ znajduje się geolog szarpiący za nylonowy sznur (strunę) zwisający w szybie; masa sznurka 2 kg. Do dolnego końca sznurka przyczepiono masę $m = 20\text{ kg}$ pewnego minerału. Ile wynosi prędkość fazowa c i długość poprzecznej fali rozchodzącej się w sznurku, jeśli geolog będzie periodycznie z częstotliwością $f = 2\text{ Hz}$ szarpał za dolny koniec sznurka? Po jakim czasie fala dotrze do znajdującego się na powierzchni geologa, którego ręka dotyka górnego końca sznura?
4. Wyznaczyć moduły Younga aluminium, stali i ołowiu, jeśli prędkości dźwięku dla tych materiałów wynoszą odpowiednio 6420 m/s, 5941 m/s i 1960 m/s. Gęstość $\rho_{\text{Al}} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{stali}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, a gęstość ołowiu $\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
5. Wyznaczyć moduły B rtęci i ołowiu, jeśli prędkości dźwięku w tych ośrodkach wynoszą odpowiednio 1451 m/s i 1402 m/s. Gęstość $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, gęstość wody $\rho_{\text{wody}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
6. Wyznaczyć prędkość dźwięku w prętach z aluminium, stali i ołowiu, jeśli ich moduły Younga są równe odpowiednio $7,0 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$, $20,0 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$ i $1,6 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$. Gęstość $\rho_{\text{Al}} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{stali}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, a gęstość ołowiu $\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
7. Okręt rybacki używa sonaru do lokalizacji ławicy ryb. Wyznaczyć prędkość dźwięku w wodzie oraz długość jego fali, jeśli $f = 262\text{ Hz}$. Przyjąć $B = 2,0 \cdot 10^9 \text{ Pa}$.
8. Obliczyć prędkość dźwięku w powietrzu przy temperaturze 20°C. Przyjąć, że ciężar jednego mola powietrza $28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ i $\kappa = 7/5$. Ucho człowieka słyszy dźwięki o częstotliwościach od 20 Hz do 20 000 Hz. Jakie są długości fal słyszalnych przez ucho?
9. Fala o częstotliwości 500 Hz rozchodzi się z prędkością 350 m/s. (a) O ile oddalone są od siebie punkty, dla których różnica faz drgań wynosi 60° ? (b) Jaka jest różnica faz dwóch przemieszczeń w pewnym punkcie przestrzeni odpowiadająca odstępowi czasu 10^{-3} s .
10. Drgania kamertonu nastrojonego na częstotliwość 600 Hz wywołują falę stojącą w strunie unieruchomionej na obu końcach. Prędkość rozchodzenia się fali w strunie wynosi 400 m/s. (a) napisać równanie przedstawiające wychylenie struny w funkcji czasu i położenia. Na strunie powstały cztery strzałki. (b) Jaka jest długość struny?
11. Gwizdek o częstotliwości 540 Hz porusza się po torze kołowym o promieniu 61 cm z prędkością kątową 15 rad/s. Jaka jest (a) najniższa i (b) najwyższa częstość odbierana przez obserwatora, który pozostaje nieruchomy w dużej odległości od środka koła?
12. Dwa źródła drgań odległe od siebie o d wykonują ruch opisany tym samym wzorem: $y = y_0 \sin \omega t$. Wyznaczyć równanie drgań w punkcie A leżącym na prostej łączącej źródła, w odległości x od drugiego z nich. Przyjąć, że fale są płaskie.
13. Fala poprzeczna biegnąca wzdłuż długiego sznura jest opisana równaniem: $y = 6,0 \sin(0,02\pi x + 4\pi t)$, gdzie y i x wyrażone są w cm, a t w s. Znaleźć: (a) amplitudę, (b) długość fali, (c) częstość, (d) prędkość, (e) kierunek rozchodzenia się fali oraz (f) maksymalną prędkość poprzeczną cząstki sznura.

14. Napisać równanie fali, biegnącej w ujemnym kierunku osi x , której amplituda wynosi 0.01 m, częstość 550 Hz, a prędkość rozchodzenia 330 m/s.
15. Gęstość liniowa drgającego sznura wynosi $1.3 \cdot 10^{-4}$ kg/m. W sznurze rozchodzi się fala poprzeczna opisana równaniem: $y = 0.021 \sin(x + 30t)$, gdzie x i y są wyrażone w m, a t w sek. Jakie jest naprężenie sznura?
16. Ile razy zmieni się długość fali ultradźwiękowej przy przejściu ze stali do miedzi, jeżeli prędkość rozchodzenia się tej fali w miedzi i stali są równe odpowiednio $v_1 = 3600$ m/s i $v_2 = 5500$ m/s.
17. Studnia o pionowych ścianach z wodą na dnie, rezonuje przy częstości 7 Hz i nie rezonuje przy częstościach niższych. Gęstość powietrza w studni wynosi $1. \text{ kg/m}^3$, a ciśnienie $9.5 \cdot 10^4$ Pa, a stosunek ciepła właściwych wynosi 7/5. Jaka jest głębokość studni?
18. Poziom wody znajdującej się w szklanej rurze o długości 1 m można dowolnie regulować. Tuż nad otwartym górnym końcem rury znajduje się kamerton, drgający z częstością 660 Hz. Przy jakim poziomie wody pojawi się efekt rezonansu?
19. Wyznaczyć zależność prędkości fali głosowej, rozchodzącej się w powietrzu, od temperatury. Obliczyć jej wartość dla temperatury pokojowej.
20. W jednorodnym ośrodku sprężystym rozchodzi się fala płaska opisana równaniem $y(x,t) = A \cos(\omega t - kx)$. Wykreślić dla $t = 0$ zależność wychylenia $y(x)$, prędkości $u = dy/dt$ oraz względnego odkształcenia $\Theta = dy/dx$.
21. W powietrzu rozchodzi się fala płaska opisana równaniem: $y(x,t) = 0,05 \sin(2000t - 6x)$ [m].
Oblicz częstotliwość fali, prędkość rozchodzenia się, długość fali, amplitudę zmian prędkości cząsteczki.
22. Fala płaska-rozchodząca się w pewnym ośrodku opisana jest równaniem:
$$y = 0,04 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi x}{15}\right)$$

(wszystkie wielkości wyrażone są w jednostkach podstawowych SI). Oblicz:
a) szybkość rozchodzenia się fali w ośrodku,
b) maksymalną szybkość drgań cząsteczek ośrodka podczas rozchodzenia się fali.
23. Zapisz równanie fali płaskiej (wyrażając wszystkie wielkości fizyczne w jednostkach podstawowych SI) powodującej, że cząsteczki ośrodka, w którym się rozchodzi, wykonują 50 drgań w ciągu minuty. W tym czasie każda cząsteczka przebywa drogę 120 cm, a fala przebywa drogę 1200 cm.
24. Kamerton drga z częstotliwością 435 Hz. Szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s. Oblicz:
a) najmniejszą wzajemną odległość punktów, w których fala głosowa w powietrzu otaczającym kamerton ma przeciwne fazy,
b) różnicę faz drgań dwóch punktów w otaczającym powietrzu, których wzajemna odległość wynosi 19cm.
25. Gwizdek (piszczalka jednostronnie otwarta) ma długość 23,5 cm. Oblicz podstawową częstotliwość rezonansową dźwięku wydawanego przez ten gwizdek. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi 340 m/s.

26. Oblicz, ile razy natężenie dźwięku wydawanego przez startujący samolot o poziomie natężenia 130 dB jest większe od natężenia dźwięku wydawanego przez rozpędzony pociąg o poziomie natężenia 80 dB.

27. Oblicz, o ile wzrósł poziom natężenia dźwięku, jeśli jego natężenie wzrosło od 10^{-12} W/m^2 do 10^{-7} W/m^2 .

28. Poziom natężenia dźwięku motocykla bez tłumika jest równy 100 dB. Oblicz poziom natężenia dźwięku stu identycznych motocykli.

29. Podczas lekcji wychowania fizycznego uczeń biegnie w kierunku nauczyciela z szybkością 4 m/s. Dźwięk w powietrzu rozchodzi się z szybkością 340 m/s. Oblicz częstotliwość dźwięku gwizdka użytego przez nauczyciela, jeśli uczeń odbiera dźwięk o częstotliwości 5868 Hz.

30. Dwie karetki pogotowia jadą do wypadku. Pierwsza jedzie z szybkością 120 km/h, a druga, która usiłuje ją dogonić, jedzie z szybkością 150 km/h i wysyła sygnał o częstotliwości 10 000 Hz. Przyjmij, że szybkość dźwięku w powietrzu jest równa 330 m/s.

a) Oblicz częstotliwość dźwięku odbieranego przez kierowcę pierwszej karetki.

b) Oblicz częstotliwość dźwięku, który odbierałby kierowca drugiej karetki, gdyby sygnał o częstotliwości 10 000 Hz wysyłała pierwsza karetka. Przyjmij, że obydwie karetki jadą z takimi samymi szybkościami jak poprzednio.

31. W bieżącej fali akustycznej względna zmiana ciśnienia jest równa: $dp/p = \kappa u/c$, gdzie:

$\kappa = C_p/C_v$ – wykładnik równania adiabaty, u – prędkość cząstki, c – prędkość dźwięku. Oblicz względną zmianę ciśnienia dla podanej fali, jeżeli wykładnik równania przemiany adiabatycznej $\kappa = 1,4$.

Fale elektromagnetyczne

32. Prędkość fal radiowych $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Wyznaczyć długości fal radiowych długich o częstotliwości $f = 540 \text{ kHz}$ oraz ultrakrótkich o $f = 104,5 \text{ MHz}$.

33. W próżni wzdłuż osi Ox biegną naprzeciw siebie dwie płaskie fale elektromagnetyczne, o amplitudach E_0 i długościach λ . W wyniku interferencji tych fal powstała fala stojąca. Napisać i przedyskutować równanie opisujące rozkład pola elektrycznego w powstałej fali stojącej. (K35-13)

34. W próżni wzdłuż osi Ox rozchodzą się dwie płaskie fale elektromagnetyczne w tym samym kierunku o częstotliwościach ν_1 i ν_2 i o amplitudzie E_0 . Napisać równanie opisujące pole elektryczne fali powstałej w wyniku interferencji tych dwóch fal (K35-14).

35. Źródło o mocy 1 W emituje w otaczający je, jednorodny i nie pochłaniający ośrodek. Jakie jest natężenie fali w odległości 1 m od źródła ?

36. Obserwator znajduje się w odległości r od punktowego źródła światła o mocy promieniowania P_0 . Obliczyć wielkości pola magnetycznego i elektrycznego zakładając, że źródło jest monochromatyczne, że promieniuje w sposób jednorodny we wszystkich kierunkach i że w punktach odległych od źródła promieniowanie można uważać za falę płaską. (H p41-6)