

9. Drgania i fale

9.1. Ruch harmoniczny

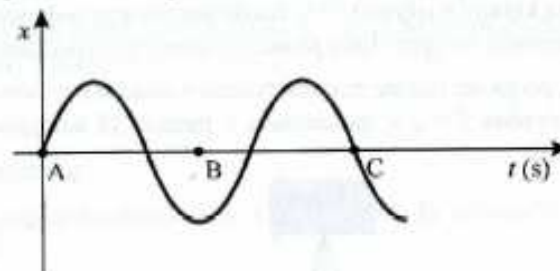
Uwaga: W zadaniach przyjmujemy następującą zależność wychYLENIA od czasu:

$$x(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

- Po jakim czasie od chwili początkowej punkt materialny wykonujący drgania harmoniczne przesunie się na odległość równą połowie amplitudy, jeżeli faza początkowa φ jest równa zero, a okres $T = 6$ s?
- Oblicz okres drgań punktu materialnego, jeżeli dla czasu $t = 1$ s jego wychylenie z położenia równowagi $x = \frac{\sqrt{2}}{2}A$, gdzie A – amplituda. Faza początkowa $\varphi = 0$.
- Zapisz równanie ruchu harmonicznego, dla którego amplituda $A = 0,02$ m, a częstotliwość $f = 2$ Hz. Fazę początkową przyjmujemy za zero.
- Przyjmując, że wychylenie w ruchu harmonicznym dane jest wzorem:
a) $x = 0,04 \sin \pi t$;
b) $x = 2a \sin 3\pi t$;
oblicz amplitudę, okres, oraz wartości prędkości maksymalnej i maksymalnego przyspieszenia w tym ruchu.
- Oblicz średnią szybkość w ruchu harmonicznym, dla którego amplituda $A = 0,02$ m, a okres $T = 1$ s.
- Oblicz fazę początkową w ruchu harmonicznym, jeżeli wychylenie w tym ruchu dla czasu $t = 0$ jest równe amplitudzie.
- Oblicz, po jakim czasie od chwili rozpoczęcia ruchu wychylenie będzie maksymalne, jeżeli wyraża się ono wzorem $x = 0,2 \sin(\pi t - \pi/3)$.

9.1. RUCH HARMONICZNY

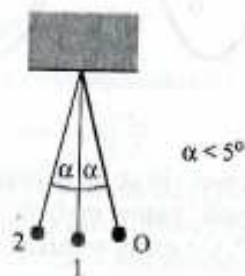
- Oblicz przedziały czasu odpowiadające odcinkom AB i AC na rys. 109, jeżeli częstotliwość w tym ruchu harmonicznym $f = 250$ Hz.



Rys. 109

- Sporządź tabelkę wartości $\sin \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$ oraz kąta α (w radianach) co 1 stopień dla tak zwanych "kątów małych", to znaczy dla kątów leżących w przedziale $0-5^\circ$. Co z niej wynika?
- Przyspieszenie na Księżycu jest 6 razy mniejsze niż na Ziemi. Ile wynosi tam okres drgań wahadła, które na Ziemi ma okres $T_Z = 2$ s?
- Jakim wzorem będzie się wyrażał okres drgań wahadła matematycznego o długości l , jeżeli umieścimy je:
a) w windzie poruszającej się ze stałą prędkością;
b) w windzie poruszającej się w dół z przyspieszeniem $a = \text{constans}$, zwróconym w dół;
c) w windzie poruszającej się do góry z przyspieszeniem $a = \text{constans}$ zwróconym do góry;
d) w hamującym wagonie ($a = \text{constans}$)?
- Kulka wahadła matematycznego o długości $l = 2$ m została wychylona z położenia równowagi o $0,25$ m. Czy drgania tego wahadła będą drganiami harmonicznymi?
- Z jakim przyspieszeniem winda opadała w dół, jeżeli okres drgań wahadła matematycznego zwiększył się o $\frac{1}{3}$ w stosunku do okresu mierzonego w nieruchomej windzie?
- Ile wynosi okres drgań wahadła sekundowego w spadającej swobodnie windzie? Odpowiedź uzasadnij.

15. Mamy dwie kulki zawieszona na niciach o jednakowej długości. Pierwszą z nich odchylamy o kąt α , drugą o $\beta = 3\alpha$, przy czym zarówno α , jak i β są kątami małymi ($< 5^\circ$). Kulki puszczone jednocześnie. Która z nich pierwsza osiągnie linię pionu? Odpowiedź uzasadnij.
16. Oblicz, po jakim czasie matematyczne wahadło harmoniczne, którego okres wynosi $T = 2$ s, puszczone z punktu O osiągnie punkt 1 i 2 (rys. 110).



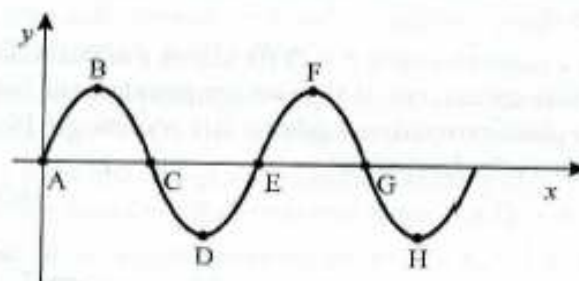
Rys. 110

17. Oblicz okres drgań obręczy zawieszona na gwoździu. Promień obręczy jest R .
18. Oblicz okres drgań tarczy (traktowanej jako wahadło fizyczne), którą oś obrotu przebija w połowie promienia R .
19. Czy ręczny zegarek mechaniczny będzie "chodził" na stacji orbitalnej?
20. Oblicz energię potencjalną ciała drgającego ruchem harmonicznym dla czasu $t = T/4$ od chwili rozpoczęcia ruchu, jeżeli amplituda $A = 0,1$ m, częstotliwość $f = 20$ Hz, a masa drgającego ciała $m = 0,05$ kg. Faza początkowa $\varphi = 0$.
21. Jaką część całkowitej energii ruchu harmonicznego stanowi energia potencjalna dla wychylenia $x = \frac{A}{2}$?
22. Oblicz stosunek energii potencjalnej do kinetycznej ciała drgającego ruchem harmonicznym dla wychylenia $x = \frac{A}{3}$ (A – amplituda).

23. Narysuj zależność energii kinetycznej i potencjalnej od czasu w ruchu harmonicznym.
24. W jaki sposób energia kinetyczna w ruchu harmonicznym zależy od wychylenia z położenia równowagi?

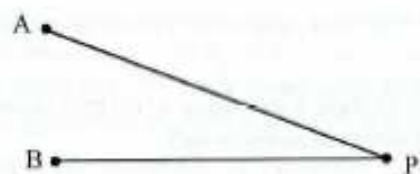
9.2. Ruch falowy

1. Którym parom punktów (rys. 111) odpowiada odległość równa długości fali?



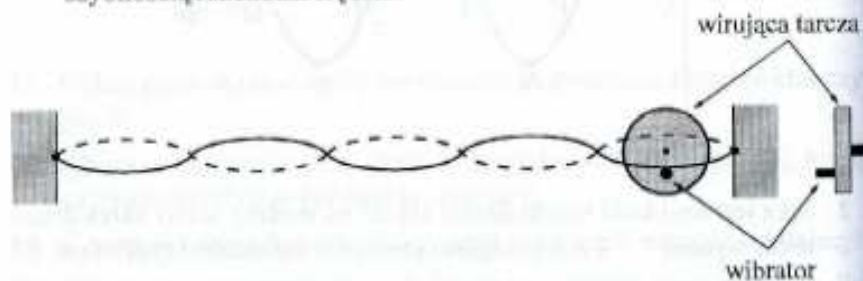
Rys. 111

2. Jaka jest szybkość rozchodzenia się fal na wodzie, jeżeli okres drgań fódki wynosi $T = 4$ s, a odległość pomiędzy sąsiednimi grzbietami fal $l = 8$ m?
3. Fala głosowa przechodzi z powietrza ($v_1 = 330$ m/s) do wody ($v_2 = 1450$ m/s). Jaki jest stosunek długości fali w wodzie do długości fali w powietrzu?
4. Identyczne fale wychodzące z punktów A i B (rys. 112) do punktu spotkania P przebywają odpowiednio drogi $AP = 7,5$ m i $BP = 5$ m. Czy w punkcie P nastąpi wzmocnienie czy wygaszenie fali, jeżeli długość fal wychodzących z punktów A i B wynosi $\lambda = 1$ m? Rozważ dwa przypadki:
- źródła drgają w zgodnych fazach;
 - fazy drgań źródeł są przeciwne.



Rys. 112

- Z dwóch źródeł punktowych, drgających w zgodnych fazach, rozchodzą się fale o długości $\lambda = 0,2$ m. Różnica odległości punktu P od obu źródeł wynosi $\Delta x = 5$ cm. Oblicz różnicę faz obu fal, spotykających się w punkcie P.
- Wirujący z częstotliwością $f = 20$ Hz krążek z mimosrodowo umieszczonym wibratorem (rys. 113) powoduje powstanie na lince fali stojącej. Odległość pomiędzy węzłami fali wynosi $l = 10$ cm. Z jaką szybkością rozchodzi się fala?



Rys. 113

- Jaka jest maksymalna prędkość cząsteczek wody, kiedy przez wodę przechodzi fala podłużna o amplitudzie $A = 0,2$ mm i długości $\lambda = 10$ m? Szybkość rozchodzenia się fali w wodzie $v = 1450$ m/s.

9.3. Akustyka

- Szybkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu wynosi $v = 330$ m/s. Oblicz długości fal o częstotliwościach granicznych dla ludzkiego ucha: $f_1 = 20$ Hz oraz $f_2 = 20000$ Hz.

- Sygnal wysyłany przez echosondę łodzi podwodnej powrócił po czasie $t = 3,7$ s. W jakiej odległości od łodzi znajduje się przeszkoda, jeżeli szybkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie $v = 1450$ m/s?
- Kolejarz uderza młotem w szynę. Znajdujący się w odległości l człowiek rejestruje dźwięk biegnący przez szynę i powietrze w chwilach różniących się o $\Delta t = 0,5$ s. Szybkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu $v = 330$ m/s, w stali $v = 5300$ m/s. Oblicz odległość l .
- Oblicz długość fali emitowanej przez sondę ultradźwiękową w powietrzu, jeżeli częstotliwość wytworzonych przez nią fal wynosi $f = 5 \cdot 10^6$ Hz.
- Jaką minimalną moc może zarejestrować ludzkie ucho, jeżeli powierzchnia czynna ucha wynosi $S = 5$ cm², a natężenie progu słyszalności dla 1000 Hz wynosi $I_0 = 10^{-12}$ W/m²?
- Poziom natężenia pewnego dźwięku wynosi 40 dB. Jaki będzie poziom natężenia tego dźwięku, jeżeli jego natężenie wzrośnie tysiąc razy?
- Ile razy natężenie dźwięku o poziomie natężenia $I_1 = 90$ dB jest większe od natężenia dźwięku o poziomie natężenia $I_2 = 40$ dB?
- Długość fali akustycznej w powietrzu wynosi $\lambda_p = 1$ m. Oblicz długość tej fali w wodzie. Szybkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu $v = 330$ m/s, w wodzie $v = 1450$ m/s.
- Jaka będzie częstotliwość tonu wydanego podczas przepuszczania strumienia powietrza nad zamkniętą z dołu rurą o wysokości $h = 0,5$ m? Szybkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu $v = 330$ m/s.
- Pewien dźwięk słyszymy raz z odległości $r_1 = 1$ m, drugi raz z odległości $r_2 = 4$ m od punkowego źródła dźwięku. Ile razy natężenie dźwięku słyszanego w pierwszym przypadku jest większe od natężenia dźwięku słyszanego w przypadku drugim?
- Mamy otwartą z obu stron rurą o zmiennej długości. Przykładamy do niej kamerton wydający ton o częstotliwości $f = 660$ Hz. Przy jakiej długości rury nastąpi rezonans?
- Długość struny wynosi $l = 0,5$ m, a dźwięk wydawany przez nią ma częstotliwość $f = 3000$ Hz. Jaka jest szybkość rozchodzenia się dźwięku w strunie?