

ZESTAW 1

ELEKTROMAGNETYZM I OPTYKA FISIS-FT-1 S2 GR. 1

Kontakt: Radosław Strzałka, pok. 315/D10, mail: strzalka@fis.agh.edu.pl

Zestawy dostępne pod adresem: http://galaxy.agh.edu.pl/~strzalka/#dydaktyka#eio_ft

Tematyka: fale mechaniczne, równanie fali; fale akustyczne.

- [por. HRW 17.6] Fala na linii opisana jest równaniem: $y(x,t) = 0,15 \sin(\pi x/8 - \pi t)$, gdzie x i y wyrażono w metrach, a t w sekundach. Podać: amplitudę, długość, prędkość i częstotliwość fali, oraz maksymalne wartości prędkości poprzecznej i przyspieszenia poprzecznego punktu liny. Jeśli gęstość liniowa liny wynosi 0,3 g/m, to jakie jest naprężenie liny?
- [por. HRW 17.29, 17.30] Dwie fale harmoniczne o jednakowej długości fali i częstości rozchodzą się w tym samym kierunku. Ich amplitudy wynoszą odpowiednio 4 mm i 7 mm, a fazy początkowe są równe 0 i $0,8\pi$ rad. Wyznacz równanie fali wypadkowej i podaj jej amplitudę.
- Pokaż, że fala harmoniczna o równaniu $y(x,t) = A \sin(kx - \omega t)$ spełnia jednowymiarowe równanie d'Alemberta. Następnie pokaż, że dowolna fala o stałym kształcie opisana równaniem $y(x,t) = f(x - vt)$ też spełnia to równanie.
- Prędkość rozchodzenia się fal podłużnych w stali wynosi $v_{||} = 5100$ m/s. Jaka jest prędkość fal poprzecznych v_{\perp} , jeśli liczba Poissona dla stali wynosi $\mu = 0,25$? *Wskazówka.* Współczynnik Poissona μ , moduł sztywności G i moduł Younga E są powiązane tożsamością: $E = 2G \cdot (1 + \mu)$.
- Drgająca struna, napięta siłą $F_1 = 150$ N, daje z drgającym kamertonem dudnienie: 8 dudnień na sekundę. Po naprężeniu struny siłą $F_2 = 160$ N częstotliwości drgań struny i kamertonu pokrywają się. Znaleźć częstotliwość drgań kamertonu.
- Jaki jest stosunek grubości skrajnych strun gitarowych (czyli e^1 , dającej dźwięk o częstotliwości 330 Hz oraz E - dźwięk 82 Hz), jeśli są naciągnięte tą samą siłą?
- [por. Irodow 1.237] Pręt miedziany o długości $l = 50$ cm jest zamocowany w środku. Moduł Younga dla miedzi $E = 128$ GPa, a gęstość $\rho = 8920$ kg/m³. Znaleźć liczbę drgań własnych pręta w przedziale częstotliwości od 20 do 50 kHz. Ile wynoszą odpowiadające im częstotliwości? Jak zmieniłyby się wynik, gdyby pręt zamocować w jednym z końców?
- Podstawowa częstotliwość klaksonu w pewnym pojeździe wynosi $f = 600$ Hz. Załóż prędkość dźwięku w powietrzu $v_{d\acute{z}} = 340$ m/s. Jaką częstotliwość odbierze obserwator, jeżeli:
 - obserwator jest nieruchomy, a pojazd zbliża się z prędkością 72 km/h?
 - obserwator jest nieruchomy, a pojazd oddala się z prędkością 72 km/h?
 - obserwator biegnie z prędkością 15 km/h w stronę zbliżającego się z prędkością 72 km/h pojazdu?
 - obserwator ucieka z prędkością 15 km/h od oddalającego się z prędkością 72 km/h pojazdu?
 - Jak uogólnić wzór Dopplera na przypadek uwzględniający kierunki ruchu źródła i obserwatora względem ośrodka inne niż równoległe?
- Rozchodzenie się fali akustycznej w gazie doskonałym opisujemy jako proces adiabatyczny (dlaczego?).
 - Oblicz dla tego procesu moduł ściśliwości gazu β , zdefiniowany jako: $\frac{1}{\beta} = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p}$. *Wskazówka.* Równanie stanu gazu doskonałego ma postać: $pV = nRT$. (Wynik: $\frac{1}{\beta} = \frac{1}{\kappa \cdot p}$).
 - Szybkość rozchodzenia się fali akustycznej w gazie wynosi: $v_{d\acute{z}} = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$, gdzie ρ jest gęstością gazu. Wyprowadź zależność szybkości dźwięku od parametrów gazu.
 - Oblicz stosunek szybkości dźwięku w czystym wodorze do szybkości dźwięku w czystym tlenie (gazy te mają tę samą stałą κ). Przyjmij, że temperatury obu gazów są takie same.
- [Orear 28/197] Amplituda pewnej fali dźwiękowej jest 1000 razy większa niż minimalna amplituda dźwięku, który można jeszcze usłyszeć. Jaki jest poziom natężenia (w decybelach) tej fali dźwiękowej? W jakim stosunku musiałyby pozostawać moc źródła w dwóch przypadkach, w odległości 10 m i 10 cm od źródła emisji, aby utrzymać takie samo natężenie dźwięku?

11. [Skrypt R.7] Jakie jest całkowite natężenie fali dźwiękowej wytwarzanej przez strunę drgającą z częstotliwością tonu podstawowego 369 Hz i o amplitudzie 3 mm, jeśli widmo dźwięku zawiera jeszcze 10 wyższych harmonicznych - każda o amplitudzie 5 razy mniejszej od poprzedniej. Przyjmij prędkość dźwięku w powietrzu równą 340 m/s i gęstość powietrza 1,2 kg/m³.
12. [por. Skrypt R.7.4] Wyprowadź wzór na średnią moc (moc przenoszoną w czasie 1 okresu) fali biegnącej w strunie. Następnie uogólnij ten wzór na dowolny ośrodek sprężysty i pokaż związek średniej mocy ze średnią gęstością energii (jest to wielkość średnia energii przenoszonej przez falę liczona na jednostkę objętości). Ostatecznie wyprowadź zależność natężenia fali od amplitudy i częstotliwości.
13. [Irodow 1.251] Punkt X znajduje się w odległości $r = 1,5$ m od punkowego źródła dźwięku o częstotliwości $\nu = 600$ Hz. Moc źródła dźwięku wynosi $P = 0,80$ W. Zaniedbując tłumienie dźwięku i przyjmując, że prędkość dźwięku w powietrzu wynosi $v = 340$ m/s, znaleźć dla punktu X :
- amplitudę zmian ciśnienia $(\Delta p)_{max}$ i jej stosunek do ciśnienia powietrza (załóż warunki normalne);
 - amplitudę drgań A i jej stosunek do długości fali λ .
14. [por. Irodow 1.235.] Znaleźć równanie fali wypadkowej powstałej w wyniku interferencji dwóch fal o różnych amplitudach, które wyszły z tego samego źródła, ale podróżowały różnymi drogami x_1, x_2 . Jaki jest warunek interferencji destruktywnej? Jeżeli przy częstotliwości źródła dźwięku $f = 2000$ Hz obserwuje się dwa sąsiednie minima interferencyjne w odległości $l = 8,5$ cm, to ile wynosi prędkość dźwięku? *Wskazówka. Wykorzystaj metodę wskazów do znalezienia amplitudy fali wypadkowej.*
15. [por. Irodow 1.226] Punktowe źródło dźwięku wysyła falę o częstotliwości $\nu = 1,45$ kHz, która rozchodzi się w ośrodku z oporem z prędkością $v = 340$ m/s. W odległości $r_0 = 5$ m od źródła amplituda drgań cząsteczek ośrodka jest równa $A_0 = 5 \cdot 10^{-2}$ mm, a w punkcie P , znajdującym się w odległości $r_P = 10$ m od źródła, amplituda ta jest $\eta = 3$ razy mniejsza od A_0 . Znaleźć:
- współczynnik tłumienia fali β
 - maksymalną prędkość drgań cząsteczek ośrodka, $v_{max} = \left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)_{max}$, oraz maksymalną prędkość rozchodzenia się względnego odkształcenia w punkcie P , $\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{max}$ ($y(x,t)$ jest równaniem fali).
 - związek między v_{max} a $\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{max}$
- * 16. [Irodow 1.252] W odległości $r = 100$ cm od punkowego źródła dźwięku o częstotliwości $\nu = 200$ Hz poziom głośności wynosi $L = 50$ fonów¹. Próg słyszalności dla tej częstotliwości odpowiada natężeniu dźwięku $I_0 = 10^{-10}$ W/m². Współczynnik tłumienia fali dźwiękowej $\beta = 0,05$ cm⁻¹. Znaleźć moc źródła dźwięku.

¹Poziom głośności (w fonach) można powiązać z poziomem natężenia dźwięku (w decybelach) dla danej częstotliwości dźwięku przy pomocy empirycznych wykresów. Proszę wykorzystać poniższy:

