

Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW

Adam Babiński, Krzysztof Korona, Andrzej Gołębiewski
„Drgania i fale”

(16 października 2004)

Codziennie obserwujemy zjawiska okresowe, powtarzające się periodycznie. Część z nich dostrzegamy, z periodycznego charakteru innych nie zdajemy sobie sprawy. Ukazanie ich istnienia będzie celem tego wykładu.

Najprostsze, a zarazem najbardziej rozpowszechnione w przyrodzie są drgania harmoniczne, a więc takie, które wywołwane są siłą \vec{F} proporcjonalną do wychylenia \vec{x} i przeciwnie do niego skierowaną. Można tę zależność zapisać w postaci $\vec{F} = -k\vec{x}$. Tego typu drania to np. ruch wahadła matematycznego, którego okres T zależy od długości l i przyspieszenia ziemskiego g , a więc $T = 2\pi\sqrt{l/g}$. Podobny charakter mają równania opisujące okres drgań sprężyny ($T = 2\pi\sqrt{m/k}$, gdzie m jest masą drgającego ciała, zaś k stałą siłową sprężyny) i elektrycznego układu drgającego ($T = 2\pi\sqrt{LC}$, gdzie L jest indukcyjnością, a C pojemnością).

Drgania zachodzące w jakimś układzie często powodują powstawanie fal. Fale rozchodzącą się w przestrzeni można przedstawić w postaci wyidealizowanej, gładkiej krzywej sinusoidalnej. Amplituda A jest maksymalnym wychyleniem z położenia równowagi, długość fali λ jest odległością pomiędzy sąsiednimi grzbietami (lub minimami) fali. Okres $T = \lambda/v$, gdzie v jest prędkością rozchodzenia się fali.

Pewne fale potrzebują materialnego ośrodka, w którym się rozchodzą. Inne jak promieniowanie elektromagnetyczne mogą rozchodzić się w próżni.

Niektóre własności fal, takie jak odbicie czy załamanie można zaobserwować także w przypadku cząstek. Inne jak dyfrakcja i interferencja są charakterystyczne tylko dla fal. Falę będącą wynikiem nałożenia dwóch innych fal można otrzymać dodając po prostu odpowiednie wychylenia w każdym punkcie wzdłuż ich drogi. **Zasada superpozycji fal** jest prawdziwa dla wszystkich rodzajów fal i stosuje się także do więcej niż dwóch fal. Tam, gdzie fale przybywają w fazie tak, że ich amplitudy się dodają mówimy o **interferencji konstruktywnej**. W punktach, w których przybywające fale znoszą się zachodzi interferencja destrukcyjna.

Innym zjawiskiem falowym, które można wyjaśnić korzystając z zasady superpozycji jest **dyfrakcja**. Kiedy fala płaska dochodzi do przerwy w barierze, każdy punkt w tej szczelinie staje się źródłem nowej fali rozchodzącej się w przestrzeń poza barierą. Aby znaleźć falę wypadkową musimy dodać amplitudy tych wielu fal. Obraz jaki dostaniemy jest obrazem dyfrakcyjnym. Dyfrakcja najsilniej wpływa na fale gdy szczelina, przez którą przechodzi ma szerokość rzędu długości fali.

Jeśli dodamy do siebie dwie identyczne fale biegnące w przeciwnych kierunkach otrzymamy **falę stojącą**:

$$y = A \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right) + A \sin\left(2\pi\left(-\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right) = 2A \sin\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right) \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right) = A' \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right)$$

Fala stojąca to fala, w której amplituda wychylenia $A' = A \sin\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right)$ zależy tylko od położenia. Istnieją zatem punkty pozostające (prawie) bez ruchu nazywane węzłami oraz punkty, w których drgania następują z maksymalną amplitudą – strzałki. Sąsiednie węzły (lub strzałki) fali stojącej odległe są o połowę długości fali. Jeśli ograniczymy ruch fali wymuszając powstanie w pewnych miejscach węzłów (np. mocując w nich końce falującej gumki) zobaczymy, że powstałe w ten sposób fale stojące mogą mieć jedynie pewne określone długości. Ograniczenie przestrzeni, w której rozchodzi się fala prowadzi do **kwantyzacji** (powstania zbioru dyskretnych parametrów opisujących tę falę). Ta bardzo ogólna zasada prowadzi na przykład do istnienia dyskretnych wartości energii elektronów w atomach.

W taki sposób zaczynając od rozważań nad wahadłem możemy dojść do fizyki kwantowej i wszystkich jej konsekwencji. Ale to już inna historia.

Zapraszamy na kolejne wykłady PTF!

Informacja: Dr Andrzej Wysmolek, tel. 5532166, e-mail: wysmolek@fuw.edu.pl
oraz <http://www.fuw.edu.pl/>

Organizacja wykładów została wsparta przez Miasto Stołeczne Warszawa