

"СТОЯЧІ ХВИЛІ" ЯК ОДИН ІЗ ВИДІВ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ

Термін "стоячі хвилі", який традиційно використовується у фізиці, не відображає фізичного процесу і навіть дає хибне уявлення про нібито існування хвиль особливого виду. Насправді вираз "стоячі хвилі" відображає явище інтерференції при накладанні зустрічних хвиль, на що треба звертати увагу при розгляді хвильових процесів. Тому термін "стоячі хвилі" слід вважати жаргоном і брати його в лапки.

Ключові слова: "Стоячі хвилі", інтерференція, зустрічні хвилі, "пучності", "вузли".

Постановка проблеми. У навчальних посібниках і підручниках з фізики при розгляді питання додавання зустрічних хвиль використовується термін "стояча хвиля", відповідно також існує вислів "біжуча хвиля". Зокрема, таке тлумачення дається в "Физическом энциклопедическом словаре" [1 с. 726]. Причому, терміни "стоячая волна" і "бегущая волна" розглядаються як окремі фізичні поняття в давніх посібниках і таке розуміння переноситься в нові навчальні посібники [2, 3, 4]. Наприклад, у виданні [4, с. 517] "стоячая волна" розглядається як суперпозиція "двух бегущих навстречу гармонических волн одинаковой частоты, амплитуды и поляризации". Правда, в деяких навчальних посібниках звертається увага на те, що "стоячі хвилі" – це один із проявів інтерференції [5, 6]. При такому представленні навчального матеріалу для учнів, студентів закладається нерозуміння того, що ж таке "стояча хвиля" як фізичне явище. Хвиля – це поширення коливань у просторі. Традиційно розуміється, що хвиля поширюється як збурення певного середовища. Важливо, що при цьому переноситься енергія. Наприклад, хвилі поширюються як коливання у воді або звук – як коливання в повітрі. З цієї точки зору зрозуміло, що хвилі "біжать". А от "стоячих" хвиль бути не може і насправді термін "стоячі хвилі" не відображає фізичного процесу, навіть дає хибне уявлення про існування хвиль особливого виду. По суті термін "стоячі хвилі" є жаргоном, на що треба звертати увагу при розгляді хвильових процесів.

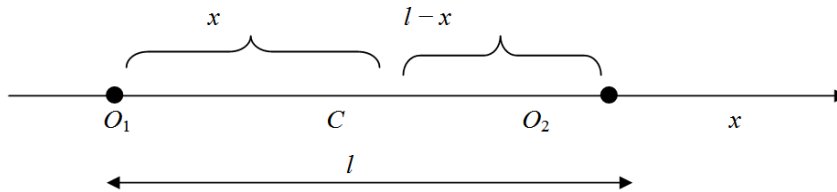
Розгляд проблеми. Так звані "стоячі хвилі" виникають при накладанні зустрічних когерентних хвиль і результатом такого накладання є **явище інтерференції**, тобто поява максимумів і мінімумів інтерференційної картини.

Розглянемо докладніше виникнення інтерференційної картини при накладанні зустрічних хвиль.

Нехай когерентні джерела O_1 і O_2 знаходяться на відстані l і їх коливання відбуваються за гармонічним законом:

$$\begin{aligned} S_1 &= A_1 \cos(\omega t + \psi_{01}), \\ S_2 &= A_2 \cos(\omega t + \psi_{02}). \end{aligned}$$

Від джерел поширюються хвилі і викликають збурення середовища (мал. 1).



Мал. 1

У деякій точці C на відстані x коливання від джерел O_1 і O_2 визначаються хвилями:

$$\begin{aligned} S_1 &= A_1 \cos(\omega t - kx + \psi_{01}), \\ S_2 &= A_2 \cos(\omega t - k(l-x) + \psi_{02}). \end{aligned}$$

Ці хвилі додаються і коливання в точці x буде:

$$S = S_1 + S_2 = A_1 \cos(\omega t - kx + \psi_{01}) + A_2 \cos(\omega t - k(l-x) + \psi_{02}), \quad (1)$$

де $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ хвильове число, ψ_{01} і ψ_{02} – початкові фази коливань в точках O_1 і O_2 . Для спрощення візьмемо амплітуди коливань однаковими, а початкові фази рівні нулеві: $A_1 = A_2 = A$, $\psi_{02} - \psi_{01} = 0$.

Тоді (1) запишемо:

$$S = A(\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t - k(l-x))). \quad (2)$$

При додаванні коливань амплітуда результуючого коливання залежить від різниці фаз $\psi_2 - \psi_1$ окремих коливань:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\psi_2 - \psi_1), \quad (3)$$

де $\psi_1 = \omega t - kx$, $\psi_2 = \cos(\omega t - k(l-x))$.

У даному випадку різниця фаз

$$\psi_2 - \psi_1 = \omega t - kl + kx - \omega t + kx = 2kx - kl = k(2x - l) = \frac{2\pi}{\lambda} (2x - l). \quad (4)$$

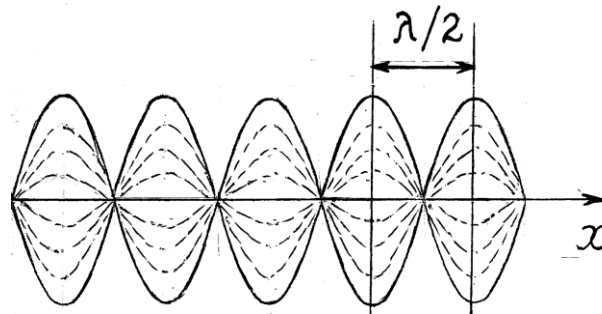
Тому амплітуда результуючого коливання (3) в точці С визначається співвідношенням:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (2x - l) \right].$$

Максимуми амплітуди будуть, коли $\frac{2\pi}{\lambda} (2x - l) = \pm 2\pi n$, де $n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$. Звідси знаходимо положення максимумів амплітуди:

$$x_{\max} = \frac{l}{2} \pm \frac{\lambda}{2} n. \quad (5)$$

Отже, починаючи від середини, спостерігаються максимуми інтерференційної картини (або пучності "стоячої" хвилі) на відстані $\lambda/2$ один від одного (рис. 2): $x_{\max} = \frac{l}{2}; \frac{l}{2} \pm \frac{\lambda}{2}; \frac{l}{2} \pm 2\frac{\lambda}{2} \dots$



Мал. 2

Очевидно, що між максимумами будуть мінімуми коливань – так звані "вузли":

$$x_{\min} = \frac{l}{2} \pm \frac{\lambda}{4}; \frac{l}{2} \pm 3\frac{\lambda}{4} \dots$$

Важливо зазначити, що області між вузлами перебувають в стані коливання, причому всі точки **середовища коливаються в одній фазі**. Тобто, у випадку "стоячої хвилі" насправді має місце коливальний, а не хвильовий процес, бо при хвильовому процесі відбувається переміщення фази коливань у просторі.

Висновки. Термін "стоячі хвилі", який традиційно використовується у фізиці, не відображає фізичного процесу, навіть дає хибне уявлення про нібито існування хвиль особливого виду. Насправді поняття "стоячі хвилі" – це явище інтерференції при накладанні зустрічних хвиль, на що треба звертати увагу при розгляді хвильових процесів. Термін "стоячі хвилі" можна залишити для відображення цієї особливості, але оскільки він є жаргоном, то його треба брати в лапки.

Використані джерела

1. Физический энциклопедический словарь / [ред. А.М. Прохорова]. – М. : Советская энциклопедия, 1983. – С. 217.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 2 / И.В. Савельев. – М. : Наука. 1978. – 480 с.
3. Paul A. Tipler. Physics for scientists and engineers. With modern physics / Paul A. Tipler, Gene Moska. New York. 2008 by W.H. Freeman and Company. – P. 248.
4. Кингсеп А.С. Курс общей физики. Основы физики. Т. 1 / А.С. Кингсеп, Г.Р. Локшин, О.А. Ольхов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 704 с.
5. Бушок Г.Ф. Курс фізики, ч. 1. / Г.Ф. Бушок, Г.Ф. Півень. – К. : Вища школа. 1969. – 130 с.
6. Борн О.Б. Электромагнитное поле как вид материи / О.Б. Борн. – М.-Л.: Гос. энерг. изд-во, 1962 – 259 с.

Sus' B.

"STANDING WAVES" AS ONE OF THE TYPES OF INTERFERENCE

The term "standing waves" which is traditionally used in physics, does not reflect the physical process and even gives a false idea of existence of special waves. In fact, the expression "standing wave" reflects the phenomenon of interference in the addition of oncoming waves and it should be taken into account during consideration of wave processes. Therefore, the term "standing waves" should be considered as jargon and taken it in quotes.

Key words: "Standing waves", interference, wave counter, "antinodes", "units".

Стаття надійшла до редакції 24.05.2015