Фізика 10

Урок 43 Механічні хвилі

Мета уроку:

Навчальна: Формувати уявлення учнів про хвильові явища, характерні риси повздовжніх і поперечних хвиль, механізм поширення механічних хвиль; формувати знання про характеристики хвилі й формули, які виражають зв'язок між цими величинами; формувати вміння встановлювати причинно-наслідкові зв’язки, обґрунтовувати твердження, моделювати ситуації.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп’ютер, підручник.

Хід уроку

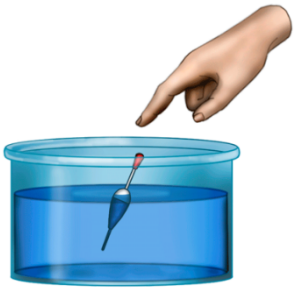
I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Коливальний рух – це рух, який повторюється через рівні інтервали часу.

Чи можуть коливання, які виникнули в одному місці, поширюватися в сусідні ділянки простору? (Так, можуть. Наприклад, коливання поплавка передаються частинкам води, і ви бачите хвилі на поверхні води).

Що ж називають хвилею? Які причини виникнення хвиль?



III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Механічні хвилі

Хвиля – це поширення в просторі коливань речовини або поля.

Механічна хвиля – це поширення коливань у пружному середовищі*.

(*Середовище називають *пружним*, якщо під час його деформації виникають сили, які протидіють цій деформації, – *сили пружності*).

Проблемне питання

• Як і чому в середовищі поширюється механічна хвиля?

Механічна хвиля створюється тілом, яке коливається, – *джерелом хвилі* (поплавок). Здійснюючи коливальний рух, джерело хвилі деформує прилеглі до нього шари середовища (стискає та розтягує їх або зсовує). У результаті виникають *сили пружності*, які діють на сусідні шари середовища та спонукають їх здійснювати *вимушені коливання*. Ці шари, у свою чергу, деформують наступні шари та змушують їх коливатися. Поступово, один за одним, усі шари середовища долучаються до коливального руху – середовищем поширюється механічна хвиля.

2. Основні властивості хвиль

Властивості хвиль

1. Хвилі поширюються в середовищі зі скінченною швидкістю.
2. Частота коливань кожної частини середовища дорівнює частоті коливань джерела хвилі.
3. Механічні хвилі не можуть поширюватись у вакуумі.
4. Хвильовий рух не супроводжується перенесенням речовини.
5. Під час поширення хвилі відбувається перенесення енергії.

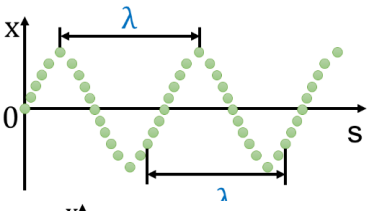
3. Фізичні величини, які характеризують хвилю

Амплітуда коливань – максимальна відстань, на яку відхиляється точка від положення рівноваги. $[A] = \text{м}$

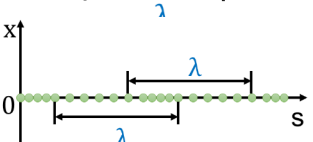
Період коливань – час одного повного коливання. $T = \frac{t}{N}$; $[T] = \text{с}$

Частота коливань – кількість коливань за одиницю часу. $\nu = \frac{N}{t}$; $[\nu] = \text{Гц}$

Довжина хвилі λ – це відстань між двома найближчими точками, які коливаються синхронно; відстань, на яку поширюється хвиля за час, що дорівнює періоду T: $\lambda = vT$ $[\lambda] = 1\ \text{м}$



$\lambda = vT$ $\Rightarrow$ $v = \frac{\lambda}{T}$; $\frac{1}{T} = \nu$; $v = \lambda\nu$



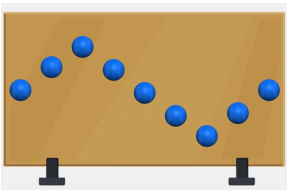
Формула хвилі: $v = \lambda\nu$

Якщо хвиля переходить з одного середовища в інше:

- *швидкість її поширення змінюється*
- *частота хвилі залишається незмінною* (визначається джерелом хвилі)
- *довжина хвилі змінюється*

4. Види механічних хвиль

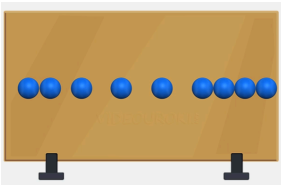
Поперечні хвилі – це хвилі, у яких частинки коливаються в напрямку, перпендикулярному до напрямку їх поширення.



Поперечні хвилі:

- хвилі зсуву (відбувається зсув одних шарів середовища відносно інших);
- поширюються тільки в твердих тілах.

Поздовжні хвилі – це хвилі, у яких частинки коливаються вздовж напрямку поширення хвилі.

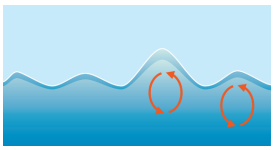


Поздовжні хвилі:

- хвилі стиснення та розтягнення (вздовж напрямку поширення хвилі густина середовища почергово то збільшується, то зменшується);
- поширюються в усіх середовищах.

Проблемне питання

• Якими є хвилі на поверхні рідини?



Хвилі на поверхні рідини не є ані поздовжніми, ані поперечними. Вони мають *складний поздовжньо-поперечний характер*, при цьому частинки рідини рухаються по еліпсах.

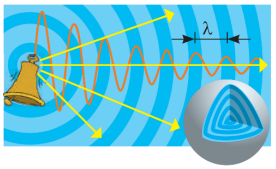
Фронт хвилі – це поверхня, до якої дійшли коливання на даний момент.

Усі частинки фронту хвилі коливаються однаково (в одній фазі).

Хвильові поверхні – це поверхні однієї фази.

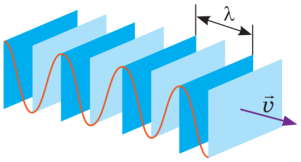
Фронт хвилі – це гранична хвильова поверхня.

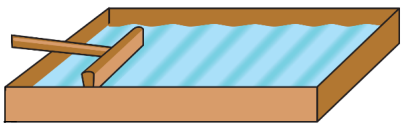
За формою хвильової поверхні розрізняють: *сферичні, циліндричні, плоскі хвилі.*



Сферична хвиля виникає, якщо джерелом хвилі є матеріальна точка або сфера, що пульсує. У цьому випадку енергія, яку прилеглі шари середовища отримали від джерела хвилі, розподіляється по дедалі більшій площі, тому зі збільшенням відстані від джерела амплітуда хвилі зменшується. Те саме стосується й ***циліндричної хвилі*** (таку хвилю створює, наприклад, стрижень, що пульсує).

Плоску хвилю можна отримати, якщо коливати пластинку перпендикулярно до її поверхні. У цьому випадку енергія буде розподілятися такою самою площею, тому, якщо сили тертя в середовищі нехтовно малі, амплітуда хвилі залишатиметься незмінною.

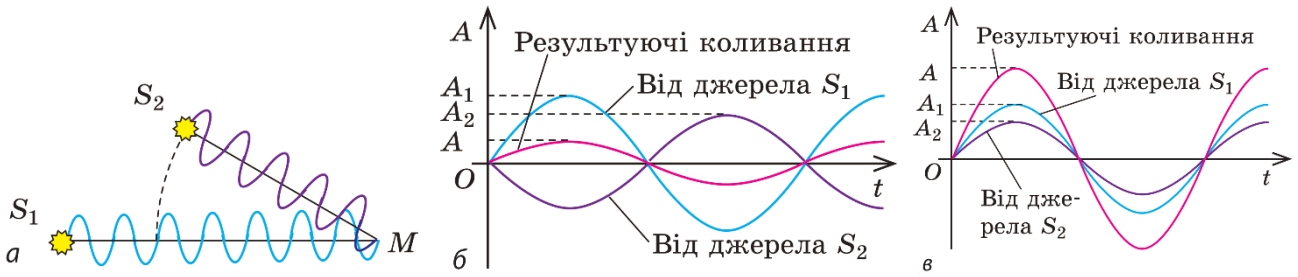




5. Інтерференція хвиль

Інтерференція – це явище накладання хвиль, унаслідок якого в певних точках простору спостерігається стійке в часі посилення або послаблення результуючих коливань.

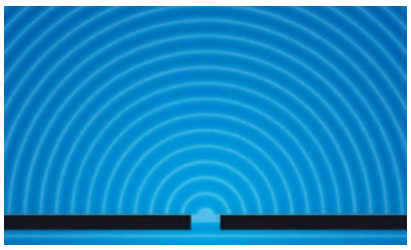
Якщо хвилі надійшли в точку M у протилежних фазах, амплітуда результуючих коливань зменшується: $A = A_1 - A_2$ (*б*), а якщо в однаковій фазі, амплітуда результуючих коливань збільшується: $A = A_1 + A_2$ (*в*)

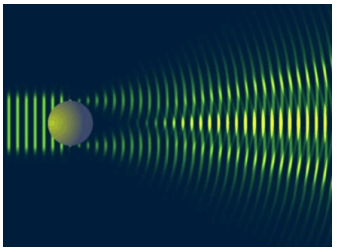


6. Дифракція хвиль

Дифракція (від латин. difractus – розламаний) – це явище огинання хвилями перешкод.

Дифракція механічних хвиль на *отворі* та *перешкоді*.





Дифракція спостерігається у двох випадках:

1) коли лінійні розміри перешкод, на які падає хвиля (або розміри отворів, через які хвиля поширюється), порівнянні з довжиною хвилі;

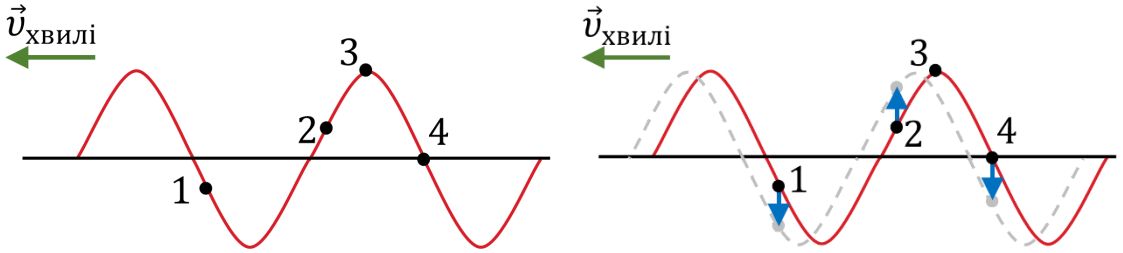
2) коли відстань від перешкоди до місця спостереження набагато більша за розмір перешкоди.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Як дізнаються про землетрус, що насувається представники фауни сейсмонебезпечних районів?

В земній корі перед землетрусом розповсюджуються повздовжні хвилі, які відчувають представники фауни.

2. Графік поперечної хвилі, що поширюється ліворуч, у певний момент часу має вигляд, як подано на рисунку. Визначте напрямками швидкості та прискорення руху частинок.



Для визначення напрямку швидкості руху частинки слід поряд із заданим графіком поширення хвилі накреслити графік поширення цієї хвилі через певний невеликий інтервал часу. Графік матиме той самий вигляд, що й заданий, але буде зміщений у напрямку поширення хвилі на невелику відстань.

Оскільки в поперечній хвилі частинки рухаються перпендикулярно до напрямку поширення хвилі, то за новим положенням частинки можна визначити, у якому напрямку вона рухалася.

Для визначення напрямку прискорення руху частинки слід пам'ятати, що прискорення завжди напрямлене до положення рівноваги.

У положенні рівноваги швидкість руху частинки є максимальною, а прискорення дорівнює нулю.

У точках максимального відхилення частинки від положення рівноваги швидкість руху дорівнює нулю, а прискорення с максимальним.

1) Точка 1 розташована нижче за положення рівноваги, отже, прискорення руху частинки напрямлене вгору $\left(\vec{a}\uparrow\right)$, у наступний момент часу частинка опиниться нижче від свого початкового положення, отже, швидкість руху частинки напрямлена вниз $\left(\vec{v}\downarrow\right)$.

2) Точка 2 розташована вище від положення рівноваги, отже, прискорення руху частинки напрямлене вниз $\left(\vec{a}\downarrow\right)$, у наступний момент часу частинка опиниться вище від свого початкового положення, отже, швидкість руху частинки напрямлена вгору $\left(\vec{v}\uparrow\right)$.

3) Точка 3 розташована вище від положення рівноваги, отже, прискорення руху частинки напрямлене вниз $\left(\vec{a}\downarrow\right)$, частинка максимально відхилена від положення рівноваги, отже, швидкість руху частинки дорівнює нулю $\left(\vec{v}=0\right)$.

4) Точка 4 розташована на положенню рівноваги, отже, прискорення руху частинки дорівнює нулю $\left(\vec{a}=0\right)$, у наступний момент часу частинка опиниться нижче від свого початкового положення, отже, швидкість руху частинки напрямлена вниз $\left(\vec{v}\downarrow\right)$.

3. Визначте найменшу відстань між двома точками, що коливаються з однаковими фазами, якщо хвиля поширюється зі швидкістю 665 м/с, а частота коливань становить 190 Гц.

Дано:

$v = 665\frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\nu = 190$ Гц

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$v = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{665}{190} = 3,5\ (\text{м})$$

Відповідь: $\lambda = 3,5$ м.

4. Хвиля від катера, що рухається по озеру, дійшла до берега за одну хвилину. Відстань між сусідніми гребенями хвилі дорівнює 1,5 м, а проміжок часу між послідовними ударами хвилі об берег становить 2 с. Визначте відстань від катера до берега.

Дано:

$t = 1$ хв $= 60$ с

$\lambda = 1,5$ м

$T = 2$ с

$l - ?$

Розв'язання

$$\lambda = vT \quad => \quad v = \frac{\lambda}{T}$$

$$l = vt = \frac{\lambda t}{T} \qquad [l] = \frac{\text{м}\cdot\text{с}}{\text{с}} = \text{м}$$

$$l = \frac{1,5\cdot 60}{2} = 45\ (\text{м})$$

Відповідь: $l = 45$ м.

5. Швидкість поширення хвиль у морі – 2 м/с. Якщо катер іде назустріч хвилям, то за 1 с вони вдаряють у нього 6 разів. Якщо катер зупиниться, то хвилі за 5 с вдаряться в борт 5 разів. Визначте довжину хвилі та швидкість катера відносно води.

Дано:

$v_{\text{хв.}} = 2\frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t_{\text{зустр.}} = 1$ с

$N_{\text{зустр.}} = 6$

$t_{\text{зуп.}} = 5$ с

Розв'язання

$$v_{\text{зустр.}} = \lambda\frac{N_{\text{зустр.}}}{t_{\text{зустр.}}}; \qquad v_{\text{зуп.}} = \lambda\frac{N_{\text{зуп.}}}{t_{\text{зуп.}}}$$

$$v_{\text{зустр.}} = v_{\text{кат.}} + v_{\text{хв.}}; \qquad v_{\text{зуп.}} = v_{\text{хв.}}$$

$$\{\lambda\frac{N_{\text{зустр.}}}{t_{\text{зустр.}}} = v_{\text{кат.}} + v_{\text{хв.}}\ \lambda\frac{N_{\text{зуп.}}}{t_{\text{зуп.}}} = v_{\text{хв.}}$$

$\lambda = v_{\text{хв.}}\frac{t_{\text{зуп.}}}{N_{\text{зуп.}}}$ $\qquad [\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \bullet \frac{1}{\text{с}} = \text{м}$ $\qquad \lambda = 2\cdot\frac{5}{5} = 2\ (\text{м})$

$N_{\text{зуп.}} = 5$	$v_{\text{кат.}} = \lambda\frac{N_{\text{зустр.}}}{t_{\text{зустр.}}} - v_{\text{хв.}}$ $\left[v_{\text{кат.}}\right] = \text{м}\cdot\frac{1}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $v_{\text{кат.}} = 2\cdot\frac{6}{1} - 2 = 10\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$
$\lambda - ?$	
$v_{\text{кат.}} - ?$	***Відповідь:*** $\lambda = 2$ м; $v_{\text{кат.}} = 10\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Дайте означення механічної хвилі, опишіть механізм її утворення.

2. Назвіть основні особливості хвильового руху.

3. Які фізичні величини характеризують хвилю?

4. Що таке довжина хвилі? Від чого вона залежить?

5. Як пов'язані довжина, частота та швидкість поширення хвилі?

6. Які хвилі називають поздовжніми? поперечними? У яких середовищах вони поширюються?

7. Які хвилі називають сферичними? плоскими? Як із віддаленням від джерела змінюється енергія хвилі?

8. У чому полягає явище інтерференції? У яких випадках хвилі посилюють одна одну? послаблюють одна одну?

9. Наведіть приклади дифракції механічних хвиль.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 22, Вправа № 22 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Людина, стоячи на березі моря, визначила, що відстань між двома сусідніми гребенями хвиль дорівнює 8 м і що за 1 хв повз неї пройшло 45 гребенів. Визначте швидкість поширення хвиль.

Дано:

$\lambda = 8$ м

$t = 1$ хв $= 60$ с

$N = 45$

$v - ?$

Розв'язання

$$v = \lambda\nu = \lambda\frac{N}{t} \qquad [v] = \text{м}\cdot\frac{1}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \qquad v = 8\cdot\frac{45}{60} = 6\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $v = 6\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2. Рибалка помітив, що за 10 с поплавок зробив 20 коливань на хвилях. При цьому відстань між берегом і рибалкою 12 м і в цій відстані укладається 10 гребенів хвилі. Знайдіть швидкість хвилі. *(3 бали)*

Дано:

$t = 10$ с

$N = 20$

$l = 12$ м

$n = 10$

$v - ?$

Розв'язання

$$v = \lambda\nu; \qquad \nu = \frac{N}{t}; \qquad \lambda = \frac{l}{n}$$

$$v = \frac{l}{n} \bullet \frac{N}{t}; \qquad [v] = \frac{\text{м}}{1} \bullet \frac{1}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{12}{10} \bullet \frac{20}{10} = 2,4\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $v = 2,4\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

3. Відстань між гребнями хвиль дорівнює 5 м. Якщо моторний човен рухається проти течії, то частота ударів хвиль становить 4 Гц, якщо за течією – 2 Гц. Визначте швидкість моторного човна і швидкість поширення хвиль. *(3 бали)*

Дано:

$\lambda = 5$ м

$\nu_{\text{пр. теч.}} = 4$ Гц

$\nu_{\text{за теч.}} = 2$ Гц

$v_{\text{хв.}} - ?$

$v_{\text{ч.}} - ?$

Розв'язання

$$v_{\text{пр. теч.}} = \lambda\nu_{\text{пр. теч.}}; \qquad v_{\text{за теч.}} = \lambda\nu_{\text{за теч.}}$$

$$v_{\text{пр. теч.}} = v_{\text{ч.}} + v_{\text{хв.}}; \qquad v_{\text{за теч.}} = v_{\text{ч.}} - v_{\text{хв.}}$$

$$\{\lambda\nu_{\text{пр. теч.}} = v_{\text{ч.}} + v_{\text{хв.}}\ \lambda\nu_{\text{за теч.}} = v_{\text{кат.}} - v_{\text{хв.}}$$

$v_{\text{ч.}} = \lambda\nu_{\text{пр. теч.}} - v_{\text{хв.}}$ $\quad \lambda\nu_{\text{за теч.}} = \lambda\nu_{\text{пр. теч.}} - 2v_{\text{хв.}}$

$$v_{\text{хв.}} = \frac{\lambda}{2}\left(\nu_{\text{пр. теч.}} - \nu_{\text{за теч.}}\right)$$

$$v_{\text{хв.}} = \frac{5}{2}(4 - 2) = 5\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right); \quad v_{\text{ч.}} = 5\cdot 4 - 5 = 15\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $v_{\text{хв.}} = 5\frac{\text{м}}{\text{с}}$; $v_{\text{ч.}} = 15\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

4. Відстань між гребнями хвиль в морі 4 м. При зустрічному (відносно хвиль) русі катера хвилі за 1 с б'ють в його корпус 4 рази, а при попутному – 2 рази. Знайдіть швидкість поширення хвиль і швидкість руху катера. *(3 бали)*

Дано:

$\lambda = 4$ м

$t = 1$ с

$N_{\text{зустр.}} = 4$

Розв'язання

$$v_{\text{зустр.}} = \lambda\frac{N_{\text{зустр.}}}{t}; \qquad v_{\text{попут.}} = \lambda\frac{N_{\text{попут.}}}{t}$$

$$v_{\text{зустр.}} = v_{\text{кат.}} + v_{\text{хв.}}; \qquad v_{\text{попут.}} = v_{\text{кат.}} - v_{\text{хв.}}$$

$$\{\lambda\frac{N_{\text{зустр.}}}{t} = v_{\text{кат.}} + v_{\text{хв.}}\ \lambda\frac{N_{\text{попут.}}}{t} = v_{\text{кат.}} - v_{\text{хв.}}$$

$N_{попут.} = 2$

$v_{хв.} - ?$

$v_{кат.} - ?$

$$v_{кат.} = \lambda\frac{N_{зустр.}}{t} - v_{хв.}$$

$$\lambda\frac{N_{попут.}}{t} = \lambda\frac{N_{зустр.}}{t} - 2v_{хв.}$$

$$v_{хв.} = \frac{\lambda}{2t}\left(N_{зустр.} - N_{попут.}\right)$$

$$[v_{хв.}] = \frac{м}{с}(1 - 1) = \frac{м}{с}; \qquad [v_{кат.}] = \frac{м}{с} - \frac{м}{с} = \frac{м}{с}$$

$$v_{хв.} = \frac{4}{2\cdot1}(4 - 2) = 4\left(\frac{м}{с}\right); \quad v_{кат.} = 4\cdot\frac{4}{1} - 4 = 12\left(\frac{м}{с}\right)$$

Відповідь: $v_{хв.} = 4\frac{м}{с}$; $v_{кат.} = 12\frac{м}{с}$.

5. Поперечна хвиля поширюється вздовж гумового шнура зі швидкістю 15 м/с. Період коливань точок шнура 1,2 с, амплітуда коливань 2 см. Визначте довжину хвилі, фазу та зміщення точки, віддаленої від джерела коливань на 45 м, через 4 с після початку коливань.

Дано:

$v = 15\frac{м}{с}$

$T = 1,2$ с

$A = 2$ см $= 0,02$ м

$x = 45$ м

$t = 4$ с

$\lambda - ?$

$\varphi - ?$

$f - ?$

Розв'язання

$$\lambda = vT \qquad [\lambda] = \frac{м}{с}\cdot с = м \qquad \lambda = 15\cdot1,2 = 18\ (м)$$

Рівняння хвилі (описує коливальний рух частинки, що міститься на відстані x від джерела в момент часу t):

$$f(x,t) = A\sin sin\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_0\right)$$

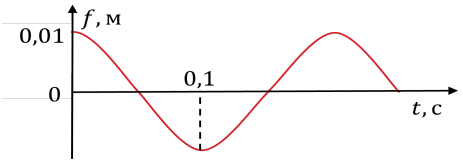
$$\varphi = \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) = \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) \qquad [\varphi] = \frac{1}{с}\bullet\left(с - \frac{м}{\frac{м}{с}}\right) = 1$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{1,2}\bullet\left(4 - \frac{45}{15}\right) = \frac{5\pi}{3}\ (рад)$$

$$f(x,t) = A\sin sin\,\varphi \qquad f = 0,02\cdot\sin sin\frac{5\pi}{3} \approx -0,0173\ (м)$$

Відповідь: $\lambda = 18$ м; $\varphi = \frac{5\pi}{3}$ рад; $f \approx -1,73$ см.

6. Графік коливань джерела хвиль показано на рисунку. Швидкість поширення хвиль дорівнює 10 м/с. Визначте довжину хвилі. Запишіть рівняння хвилі. Визначте швидкість коливань точки середовища, що лежить на відстані 1 м від джерела в момент часу 0,1 с.



Дано:

$v = 10\frac{м}{с}$

$x = 1$ м

$t = 0,1$ с

$\lambda - ?$

$f(x,t) - ?$

$v_т - ?$

Розв'язання

З рисунка видно: $A = 0,01$ м $\qquad T = 0,2$ с $\qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,2} = 10\pi\left(с^{-1}\right)$

$$\lambda = vT \qquad [\lambda] = \frac{м}{с}\cdot с = м \qquad \lambda = 10\cdot0,2 = 2\ (м)$$

Рівняння хвилі (описує коливальний рух частинки, що міститься на відстані x від джерела в момент часу t):

$$f(x,t) = A\cos cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_0\right)$$

$$f(x,t) = 0,01\cos cos\left(10\pi\left(t - \frac{x}{10}\right)\right) = 0,01\cos cos\,(10\pi t - \pi x)$$

$$v_т = f'(t) = (0,01\cos cos\,(10\pi t - \pi x))' = -0,1\sin sin\,(10\pi t - \pi x)$$

$$v_т = -0,1 \sin sin\,(10\pi \cdot 0,1 - \pi) = 0$$

Відповідь: $\lambda = 2$ м; $f(x,t) = 0,01 \cos cos\,(10\pi t - \pi x)$; $v_т = 0$.

7. Дві точки розташовані на відстанях 6 м та 12 м від джерела коливань. Визначте різницю фаз коливань цих точок, якщо період коливань дорівнює 0,01 с, а швидкість поширення хвилі – 300 м/с.

Дано:
$x_1 = 6$ м
$x_2 = 12$ м
$T = 0,01$ с
$v = 300 \frac{м}{с}$

$\Delta\varphi - ?$

Розв'язання

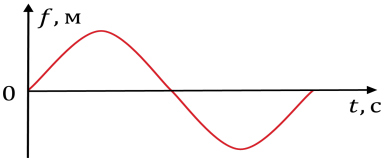
$$\varphi = \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_0 \qquad \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\Delta\varphi = \omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right) + \varphi_0 - \omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) - \varphi_0 = \frac{\omega}{v}\left(x_2 - x_1\right) \qquad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{Tv}\left(x_2 - x_1\right) \qquad \Delta\varphi = \frac{2\pi}{0,01 \cdot 300}(12 - 6) = 4\pi$$

Відповідь: $\Delta\varphi = 4\pi$ рад.

8. Зміщення від положення рівноваги точки, що знаходиться на відстані 2 см від джерела, через $t = T/6$ дорівнює половині амплітуди. Визначте довжину хвилі.



Дано:
$x = 2$ см $= 0,02$ м
$t = \frac{T}{6}$
$f = \frac{A}{2}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$f(x,t) = A \sin sin\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_0\right)$$

$$f = A \sin sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(\frac{T}{6} - \frac{x}{\frac{\lambda}{T}}\right)\right) = A \sin sin\left(\frac{\pi}{3} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$A \sin sin\left(\frac{\pi}{3} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = \frac{A}{2} \quad \sin sin\left(\frac{\pi}{3} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = \frac{1}{2} \qquad \frac{\pi}{3} - \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{6}$$

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{6}$$

$$\lambda = 12\,x \qquad \lambda = 12 \cdot 0,02 \text{ м} = 0,24 \text{ м}$$

Відповідь: $\lambda = 0,24$ м.

9. Поперечні хвилі поширюються уздовж натягнутого шнура. Відстань між найближчими точками, що мають однакові відмінні від нуля зміщення, дорівнює 25 см. Знайдіть довжину хвилі, якщо фази коливань точок в цей момент відносяться як 1:2.

Дано:
$f_1 = f_2$
$\Delta x = 25$ см $= 0,25$ м
$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{1}{2}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$f_1 = A \sin sin\,\varphi_1 \qquad f_2 = A \sin sin\,\varphi_2$$

$$A \sin sin\,\varphi_1 = A \sin sin\,\varphi_2$$

$$\sin sin\,\varphi_1 = \sin sin\,\varphi_2 \qquad => \qquad \varphi_2 = \pi - \varphi_1$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\varphi_1}{\pi - \varphi_1} = \frac{1}{2} \qquad 2\varphi_1 = \pi - \varphi_1 \qquad \varphi_1 = \frac{\pi}{3}$$

$$\varphi_2 = \pi - \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{3}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{3}$$

$$\Delta\varphi = \omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right) + \varphi_0 - \omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) - \varphi_0 = \frac{\omega}{v}\left(x_2 - x_1\right)$$

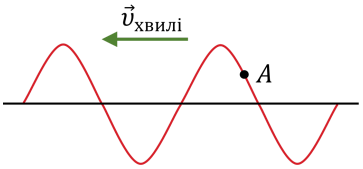
$\omega = 2\pi\nu \qquad v = \lambda\nu$

$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x \qquad \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x = \frac{\pi}{3} \qquad \lambda = 6\Delta x$

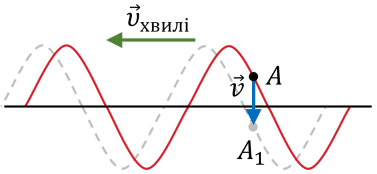
$\lambda = 6{\cdot}0,25\text{ м} = 1,5\text{ м}$

Відповідь: $\lambda = 1,5$ м.

10. На рисунку стрілкою вказаний напрямок руху біжучої поперечної хвилі. Визначте, в якому напрямку рухається частинка *A*.

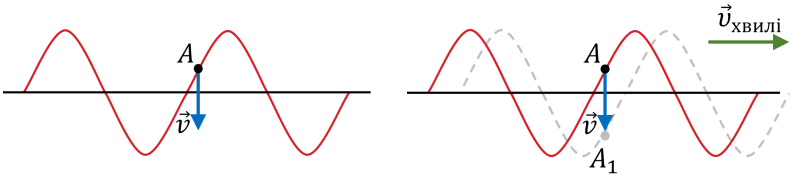


Накреслимо зображення хвилі, через невеликий інтервал часу враховуючи, що хвиля рухається вліво. З рисунку видно, що швидкість частинки *A* напрямлена вниз.



Точка *A* розташована вище за положення рівноваги, отже, прискорення руху частинки напрямлене вниз.

11. На рисунку стрілкою вказаний напрям швидкості частинки *A* в біжучій поперечній хвилі. Визначте, в якому напрямку рухається хвиля.



Накреслимо зображення хвилі, через невеликий інтервал часу враховуючи, що частинка *A* рухається вниз. З рисунку видно, що хвиля рухається вправо.

Точка *A* розташована вище за положення рівноваги, отже, прискорення руху частинки напрямлене вниз.