

Урок 31. Застосування законів механіки до коливального руху. Умови виникнення вільних коливань. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань.

Мета: познайомитись з одним із найбільш розповсюджених рухів у природі й техніці – коливальним рухом. З'ясувати умови існування вільних коливань. Розглянути характерні величини для коливальних рухів. ознайомитись з поняттями період, частота, циклічна частота, гармонічні коливання, амплітуда.

Хід уроку

1. Актуалізація опорних знань.

2. Вивчення нового матеріалу.

Коливання – один з найпоширеніших видів руху в природі й техніці. Коливаннями називаються фізичні процеси, які точно або наближено повторюються через рівні інтервали часу.

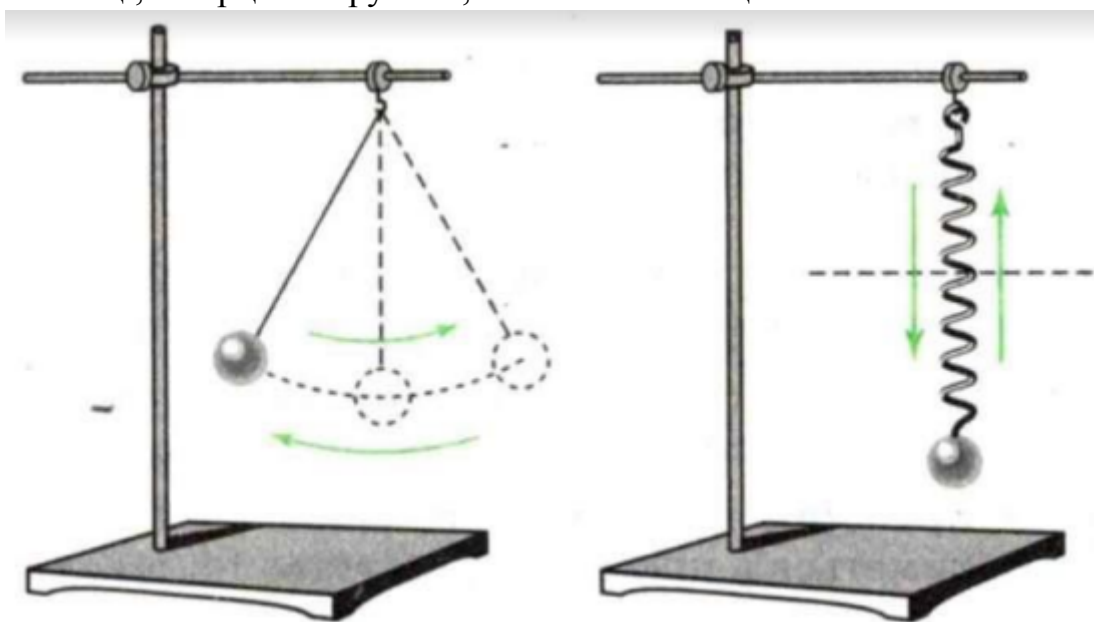
У залежності від фізичної природи розрізняють механічні і електромагнітні коливання.

Механічними коливаннями називаються такі рухи тіл, при здійсненні яких через рівні проміжки часу координата тіла, що рухається, його швидкість і прискорення набувають вихідних значень.

Існують два види коливальних рухів: вільні та вимушені

Вільні коливання – це коливання, які відбуваються тільки за рахунок початкового запасу енергії, наданого системі.

Вільні коливання – це коливання, які відбуваються в механічній системі під дією внутрішніх сил системи після короткочасного впливу зовнішньої сили. До вільних коливань належать, наприклад, коливання маятника, тягарця на нитці, тягарця на пружині, шальки ваги тощо.

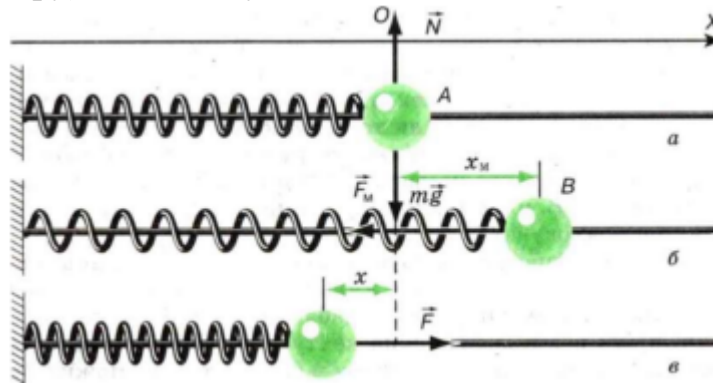


З'ясуємо, які властивості повинна мати система, щоб у ній відбувались вільні коливання. Розглянемо коливання тягарця на пружині. У наведених прикладах система здійснює коливання біля положення стійкої рівноваги. Чому ж коливання виникають саме поблизу цього положення системи?

Справа в тому, що у разі відхилення системи від положення стійкої рівноваги рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, прагне повернути систему в початкове положення. Ця рівнодійна називається повертальною силою. Однак, повертаючись у положення рівноваги, система внаслідок інерції проскакує його. Після цього виникає повертальна сила, напрямлена тепер у протилежний бік, так і виникають коливання. Щоб коливання продовжувалися тривалий час, необхідно щоб сила тертя або сили опору були достатньо малими.

Умови виникнення вільних коливань:

1. Система повинна перебувати біля положення стійкої рівноваги.
2. Сили тертя (опору) повинні бути достатньо малими.



Період коливань – мінімальний інтервал часу, через який відбувається повторення руху тіла.

$$T = t / N$$

Частота коливань – кількість коливань, здійснених за одиницю часу.

$$N = N / t$$

Зв'язок між частотою і періодом:

$$\nu = 1 / T.$$

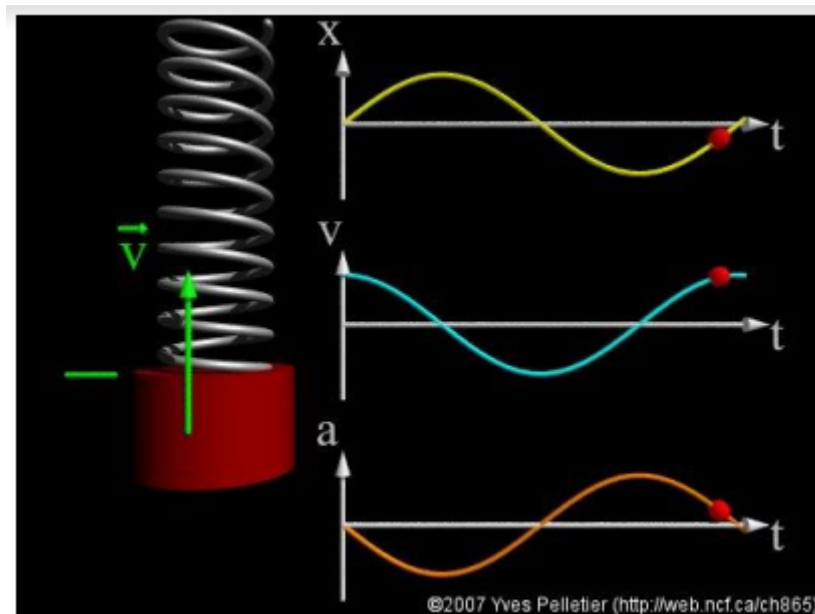
Частоту вільних коливань називають власною частотою коливальної системи.

Циклічна частота коливань визначає кількість коливань, що відбуваються за 2π секунд.

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi / T.$$

У багатьох коливальних системах у разі малих відхилень від положення рівноваги модуль повертальної сили, отже й модуль прискорення, прямо пропорційний модулю зміщення відносно положення рівноваги.

В такому випадку зміщення залежить від часу за законом косинуса (синуса).



Якщо тягарець масою m зміщений від положення рівноваги на величину x , то на нього діє сила пружності

$$F = - kx.$$

За другим законом Ньютона

$$F = ma.$$

Рівняння, що описує рух тягарця має вигляд:

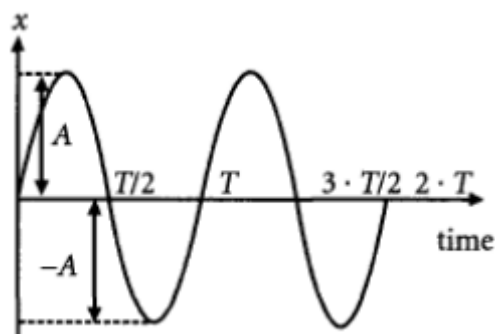
$$ma = - kx$$

$$a = - kx / m$$

$$\text{Позначимо: } \omega^2 = k / m$$

$a = - \omega^2 x$ – називається диференціальним рівнянням.

Розв'язок цього рівняння є функція: $x = x_{\max} \cos \omega t$



Гармонічні коливання – періодичні зміни фізичної величини з часом, які відбуваються за законом синуса або косинуса. За гармонічним законом при механічних коливаннях змінюються координати тіла, швидкість, прискорення.

Якщо відлік часу почався після початку коливань, то кажуть, що коливання відбуваються з початковою фазою φ , тоді фаза $\varphi = \varphi_0 + \omega t$

$$x = X_{\max} \sin (\omega t + \varphi_0)$$

Амплітудою гармонічних коливань називається модуль найбільшого

зміщення тіла від положення рівноваги.

Аргумент синуса і косинуса називається **фазою коливань**. Вона визначає, яка частина повного коливання здійснюється на даний момент.

3. Вчимося розв'язувати задачі

1. У яких випадках коливання неможливі?
2. Рівнодійна яких сил відіграє роль повертальної сили при коливанні тягарця підвішеного: а) на нитці; б) на пружині?
3. Які величини, що характеризують коливальний рух, змінюються періодично?

Задача 1. Скільки коливань здійснить матеріальна точка за 5 с., якщо частота коливань становить 440 Гц?

Дано:		
$t = 5 \text{ с}$	$v = N / t$	$N = 440 \cdot 5 = 2200$
$v = 440 \text{ Гц}$	$N = v \cdot t$	
$N - ?$	$[N] = \text{Гц} \cdot \text{с} = 1 / \text{с} \cdot \text{с} = 1$	

Відповідь: Матеріальна точка здійснить 2200 коливань.

Задача 2. Тягарець, який коливається на пружині, за 8 с зробив 32 коливання. Знайти період і частоту коливань.

Дано:		
$t = 8 \text{ с}$	$T = t / N$	$T = 8 / 32 = 0.25 \text{ с}$
$N = 32$	$v = 1 / T$	$v = 1 / 0.25 = 4 \text{ Гц}$
$T - ?$	$[T] = \text{с}$	
$v - ?$	$[v] = 1/\text{с} = \text{Гц}$	

Відповідь: Тягарець коливається з періодом 0.25 с та з частотою 4 Гц.

Задача 3. Напишіть рівняння гармонічного коливання, якщо його амплітуда 0.5м, а частота 25 Гц.

Дано:		
$X_{\max} = 0.5 \text{ м}$	$x = X_{\max} \cos \omega t$	$\omega = 2 \cdot 25 \cdot \pi = 50\pi \text{ Гц}$
$v = 25 \text{ Гц}$	$\omega = 2\pi v$	$x = 0.5 \cos 50\pi t$
$x(t) - ?$		

Відповідь: Рівняння гармонічного коливання має вигляд: $x = 0.5 \cos 50\pi t$

4. Домашнє завдання.

Опрацювати § 19 (с. 119-124), розв'язати задачі 2-4 із вправи 19