

Вимушені коливання та резонанс



Physics

Mechanics

Vibrations & waves



Рівень складності

середній



Розмір групи

-



Час підготовки

10 хвилини



Час виконання

10 хвилини

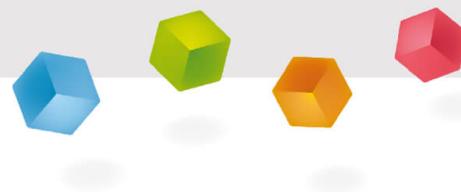
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/64a98a7dca68e80002ed2fc8>

PHYWE

Інформація для вчителів



Опис

PHYWE



Експериментальна
установка для
визначення коливань

Якщо після збудження коливальна система залишається сама по собі, вона коливається в одній з власних мод. Власні моди або власні коливання - це коливання з власною частотою ω системи.

Якщо додаткове зовнішнє збудження або загасання (демпфування) є неефективними, система (ідеалізована) коливається нескінченно довго, постійно з власною частотою.

За допомогою наведеного нижче рівняння можна визначити відхилення коливань $x(t)$ в будь-який час t .

$$x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

де x_0 - початкове видовження,

ω - власна кутова частота і φ_0 - зсув фази.

Додаткова інформація для вчителів (1/2)

PHYWE

попередні

знання



Учні вже повинні були провести кілька експериментів на тему гармонічних коливань, щоб мати ґрунтовні знання про вільні, незатухаючі та, за необхідності, затухаючі коливання.

Якщо розглянути рівняння руху пружинного маятника (жорсткість пружини k), нехтуючи демпфуванням, то отримаємо:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

Принцип



$$\Rightarrow \frac{c}{m} = \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Додаткова інформація для вчителів (2/2)

PHYWE

Мета



Учні повинні засвоїти, що кожна коливальна система має власну частоту ω , яка визначає час коливань.

Завдання



Учні повинні дослідити власну частоту пружинного маятника і для цього виконати наступні дії:

1. Розтягніть вручну пружинний маятник і спостерігайте за тим, що відбувається.
2. Визначте експериментально власну частоту пружинного маятника.

Інструкції з техніки безпеки

PHYWE



До цього експерименту застосовуються загальні інструкції щодо безпечного проведення експериментів на уроках з природничих наук.

PHYWE

Інформація для учнів



Мотивація

PHYWE



Барре аплікатура на електрогітарі

Струнні інструменти характеризуються тим, що різні струни видають різні звуки. Це, в першу чергу, пов'язано з характером відповідної струни (товщина, матеріал тощо) та натягом, з яким вона прикріплена до інструмента. По-друге, тон змінюється шляхом навмисного вкорочення довжини струни. Висота звуку визначається так званими власними частотами ω струн, які є результатом параметрів рами.

У цьому експерименті Ви дослідите власну частоту класичного пружинного маятника як простого прикладу коливальної системи.

Завдання

PHYWE



Розтягніть вручну пружинний маятник, щоб він коливався і спостерігайте за коливаннями.

Виміряйте власну частоту коливань, за якої пружинний маятник коливається без змін.

Матеріал

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативний стрижень, нерж. ст., l=600 мм, d = 10 мм	02037-00	1
3	Подвійна муфта	02043-00	1
4	Кріпильний болт	03949-00	1
5	Спиральна пружина, 3 Н/м	02220-00	1
6	Набір прецизійних тягарців, 1 г ... 50 г, у футлярі	44017-01	1
7	Секундомір, цифровий, 24 години, 1/ 100 с та 1 с	24025-00	1

Підготовка (1/2)

PHYWE

Зберіть половинки основи штатива.

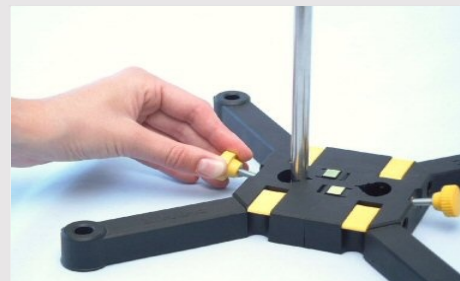
Скрутіть разом дві половинки штативного стрижня у довгий штативний стрижень довжиною 60 см, вставте його в основу штатива і закріпіть його гвинтом.



Скручування штативного стрижня



Збірка основи штатива



Зберіть штатив і закріпіть штативний стрижень

Підготовка (2/2)

PHYWE



Кріпильний болт із пружиною в подвійній муфті

- Зафіксуйте подвійну муфту на довгому штативному стрижні.
- Закріпіть кріпильний болт у подвійній муфті та підвісьте пружину жорсткістю 3 Н/м в отвір кріпильного болта.
- Підвісьте до пружинного маятника тягарці масою 50 г .



Прикріплення тягарців масою 50 г

Виконання роботи (1/3)

PHYWE

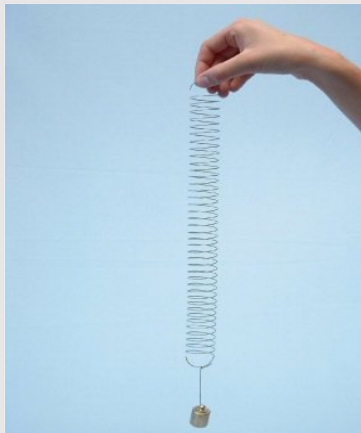


Розтягування пружинного маятника

- Розтягніть пружинний маятник донизу і дозвольте йому коливатися без зовнішнього впливу в його природному коливанні.
- Запустіть секундомір у нижній точці реверсу і виміряйте час для 10 коливань.
- Повторіть вимірювання двічі та запишіть у протокол виміряні значення в таблицю 1.

Виконання роботи (2/3)

PHYWE



Приведення в рух
пружинного маятника
вручну

- Візьміть верхній кінець спіральної пружини в руку.
- Повільно рухайте рукою вгору і вниз разом з пружинним маятником (низька частота коливань). Спостерігайте за рухом пружинного маятника і запишіть свої спостереження в протокол.
- Рухайте рукою швидше, ніж раніше (середня частота коливань, необхідно збуджувати з власною частотою) і знову спостерігайте за рухом пружинного маятника.
- Рухайте рукою ще швидше (висока частота коливань) і знову спостерігайте за пружинним маятником.

Виконання роботи (3/3)

PHYWE



Розбирання основи штатива

- Щоб розібрати основу штатива, натисніть на жовті кнопки посередині і потягніть обидві половини в сторони.

PHYWE



Протокол

Таблиця 1

PHYWE

Запишіть значення t_{10} для трьох вимірювань у таблицю.

Потім обчисліть середнє значення для трьох вимірювань $\langle t \rangle$ і період T для одного коливання.

Нарешті обчисліть частоту власних коливань f_0 :

$$f_0 = \frac{1}{T} = T^{-1} \quad \left[\text{Гц} \triangleq \frac{1}{\text{с}} \right]$$

№ Вимірювання t_{10} , [с]

1	
2	
3	

$\langle t \rangle$, [с] T [с] f_0 , [Гц]

--	--	--

Завдання 1

PHYWE

Які твердження правильні для Ваших спостережень з низькою частотою коливань ($f_e < f_0$) ?

- ☐ Тіло з масою коливається з власною частотою f_0 .
- ☐ Амплітуда коливань збільшується.
- ☐ Амплітуда коливань залишається постійною.
- ☐ Тіло з масою рухається.
- ☐ Тіло з масою коливається з частотою збудника f_e .

☒ Перевірити

Завдання 2

PHYWE

Які твердження правильні для Ваших спостережень з середньою частотою коливань ($f_e \approx f_0$) ?

- ☐ Тіло з масою коливається з власною частотою f_0 .
- ☐ Амплітуда коливань залишається постійною.
- ☐ Амплітуда коливань збільшується (резонанс).
- ☐ Тіло з масою коливається
- ☐ Тіло з масою коливається з частотою збудника f_e .

☒ Перевірити

Завдання 3

PHYWE

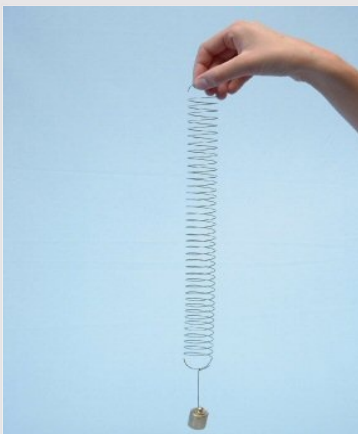
Які твердження правильні для Ваших спостережень із високою частотою коливань ($f_e > f_0$) ?

- ☐ Амплітуда коливань залишається постійною.
- ☐ Тіло з масою коливається з частотою збудника f_e .
- ☐ Амплітуда коливань збільшується.
- ☐ Тіло з масою мало рухається.
- ☐ Тіло з масою коливається з власною частотою f_0 .

☒ Перевірити

Завдання 4

PHYWE



Приведення в рух вручну пружинного маятника

Як змінюється амплітуда або частота коливань пружинного маятника?

1. Низька частота коливань:
2. Середня частота коливань:
3. Висока частота коливань: .

☒ Перевірити

Завдання 5

PHYWE

Які параметри впливають на власну частоту ω ?

- ☐ Тиск повітря p_0 .
- ☐ Маса гирі m .
- ☐ Коефіцієнт жорсткості k .
- ☐ Частота збудження f_e (рух руки).

 Перевірити

Слайд

Оцінка / Усього

Слайд 17: Спостереження за низької частоти збудження	0/3
Слайд 18: Спостереження за середньої частоти збудження	0/4
Слайд 19: Спостереження за високої частоти збудження	0/3
Слайд 20: Поведінка амплітуди	0/3
Слайд 21: Параметри природної частоти	0/2

Загальна сума

 0/15 Рішення Повторити Експортований текст