

Зв'язані маятники



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/64a9bcaf5e583a0002e4e4c6>

PHYWE



Інформація для викладачів

Опис

PHYWE



Експериментальна установка для дослідження зв'язаних маятників

Зв'язані коливальні системи можна точно описати за допомогою методу Лагранжа. Для цього визначають потенціальну та кінетичну енергію відповідної системи $E_{\text{пот}}$ та $E_{\text{кин}}$ і формують їхню різницю. Нижче наведено загальний опис функції Лагранжа L :

$$L = E_{\text{пот}} - E_{\text{кин}}$$

За допомогою введення узагальнених координат q_i закон Ньютона ($F = \dot{p}$) можна записати за допомогою частинних похідних у вигляді:

$$\frac{d}{dt} \frac{\delta L}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta L}{\delta q_i} = 0$$

Однак, оскільки такий підхід може виявитися занадто складним для студентів, поки що вони можуть досліджувати систему лише експериментально.

Додаткова інформація для викладачів (1/2)

PHYWE

попередні

знання



Принцип



Студенти повинні вже мати досвід роботи при вивченні вимушених коливань і резонансу, а також математичного маятника. Вони повинні знати, що за допомогою періоду коливань T системи можна визначити її частоту коливань f .

Період коливань T математичного маятника визначається за формулою:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Частота f дорівнює оберненій величині до періоду коливань:

$$f = 1/T = T^{-1} \text{ [1/c]} = [\text{Гц}]$$

Додаткова інформація для викладачів (2/2)

PHYWE

Мета



Завдання



Студенти мають дослідити та зрозуміти поведінку зв'язаних маятників.

Студенти повинні дослідити поведінку коливань двох зв'язаних маятників для різних початкових ситуацій (однонаправлене та протинаправлене коливання) та визначити частоту коливань f_s , яка виникає, коли коливається лише один маятник. У додатковій задачі можна дослідити вплив сили взаємодії на частоту коливань.

Для додаткового завдання: Маса має бути тільки зменшена, інакше два маятники будуть висіти криво і результати вимірювань будуть недостовірними. Початкова точка зчеплення не повинна бути встановлена занадто низько, інакше різниця частот в одному й тому самому та в протилежному напрямках буде надто малою, а похибки вимірювання - надто великими.

Інструкції з техніки безпеки

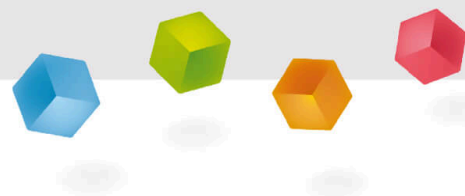
PHYWE



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

PHYWE

Інформація для студентів



Мотивація

PHYWE



Шасі літака

Ви вже знайомі з коливаннями та коливальними системами (маятниками). Однак у повсякденному житті вони, як правило, не розділені так, як системи, які Ви розглядали раніше (маятник математичний, маятник пружинний тощо), а складаються здебільшого зі зв'язаних коливальних систем (маятників).

Класичним прикладом цього є шасі літака, як показано тут, або транспортних засобів. Вони складаються з багатьох окремих компонентів і коливальних елементів, таких як шини та встановлені пружини, і, таким чином, являють собою зв'язану коливальну систему.

У цьому експерименті Ви познайомитеся зі зв'язаною коливальною системою (зв'язаними маятниками).

Завдання

PHYWE



Спостерігайте за поведінкою двох математичних маятників, з'єднаних між собою за допомогою нитки та тягарця.

Виміряйте період коливань зв'язаних маятників, коли збуджується тільки один із маятників.

Визначте період коливань обох маятників, якщо вони коливаються в одному напрямку і в протилежних напрямках.

Матеріал

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативний стрижень, нерж. ст., з різьбою, l = 600 мм, d = 10 мм	02035-00	2
3	Штативний стрижень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 мм	02031-00	1
4	Штативний стрижень, нерж. ст., з отвором, l=100 мм	02036-01	2
5	Подвійна муфта	02043-00	2
6	Тримач для важків із прорізами, 10 г	02204-01	2
7	Гиря, 10 г, срібло/бронза	02205-03	2
8	Гиря, 50 г, срібло/ бронза	02206-03	2
9	Набір прецизійних тягарців, 1 г ... 50 г, у футлярі	44017-01	1
10	Секундомір, цифровий, 24 години, 1/ 100 с та 1 с	24025-00	1
11	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
12	Волосінь, d=0,7 мм, l=5 м	02089-01	1

Додаткові матеріали

PHYWE

Позиція	Матеріал	Кількість
1	Ножиці	1

Підготовка (1/2)

PHYWE

З'єднайте дві половинки основи штатива зі штативним стрижнем завдовжки 25 см і закріпіть фіксувальні важелі.

Скрутіть дві частини штативного стрижня в один довгий довжиною 60 см. Вставте два довгих штативних стрижня довжиною 60 см в основу штатива і закріпіть їх.



З'єднайте основу штатива зі штативним стрижнем



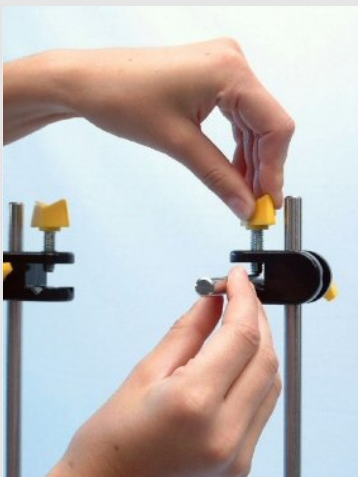
Скрутіть штативний стрижень



Закріпіть довгі штативні стрижні

Підготовка (2/2)

PHYWE



Монтаж подвійної муфти на штативному стрижні

Закріпіть два коротких штативних стрижня подвійними муфтами на верхньому кінці довгих штативних стрижнів. Встановіть два абсолютно однакових математичних маятників з довжиною маятника 40 см і масою $m = 70$ г кожен. Відстань між двома точками підвісу має бути 10 см. Маятники повинні мати однаковий період коливань! (Можна трохи змінювати довжину одного маятника).

Прив'яжіть короткий відрізок нитки (волосіні) до важка масою 10 г і прикріпіть її точно посередині іншого шматка нитки (волосіні), довжиною 20 см. За допомогою цієї нитки з'єднайте два маятники, прив'язавши її кінці до верхньої частини тримачів для важків.



Підготовка двох однакових математичних маятників

Виконання роботи (1/2)

PHYWE



Відхилення зв'язаних маятників

- Змусьте систему коливатися, відхиливши один маятник приблизно на 4 см в сторону.
- Відпустіть маятник і спочатку поспостерігайте за поведінкою обох маятників.
- Виміряйте період коливання зв'язаних маятників: Визначте час T між двома зупинками маятника. Повторіть вимірювання двічі та запишіть у протокол час вимірювань у таблицю 1.

Виконання роботи (2/2)

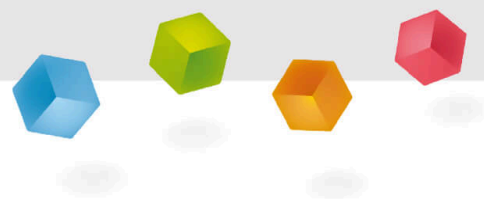
PHYWE



Відхилення зв'язаних маятників

- Визначте період коливань маятника, коли:
 - Обидва маятники відхиляються в один бік (в одному напрямку) і на однакову відстань.
 - Обидва маятники відхиляються в різні боки (в протилежних напрямках) і на однакову відстань.
- Виміряйте час для 10 коливань і повторіть ці вимірювання двічі.
- Внесіть до протоколу вимірянні значення для однакового напрямку в таблицю 2.
- Внесіть до протоколу вимірянні значення для протилежного напрямку в таблицю 3.

PHYWE



Протокол

Таблиця 1

Запишіть отримані значення періоду коливань T_c і обчисліть середнє значення періоду коливань $\langle T_s \rangle$ маятника та частоту коливань f_c .

Обчисліть частоту за періодом коливань:

$$f = 1/T = T^{-1} \text{ [1/c]} = [\text{Гц}]$$

№ вимірювання	$T_c, [\text{c}]$
1	
2	
3	

$\langle T_c \rangle [\text{c}]$	$f_c [\text{Гц}]$

Таблиця 1

PHYWE

Запишіть отримані значення періоду коливань T_c і обчисліть середнє значення періоду коливань $\langle T_s \rangle$ маятника та частоту коливань f_c .

Обчисліть частоту за періодом коливань:

$$f = 1/T = T^{-1} \text{ [1/c]} = [\text{Гц}]$$

№ вимірювання $T_c, [\text{c}]$

1	
2	
3	

$\langle T_c \rangle [\text{c}]$ $f_c [\text{Гц}]$

--	--

Таблиця 2

PHYWE

Запишіть виміряні значення для часу коливань 10 періодів зі збудженням в одному напрямку та відповідні періоди коливань T . Потім обчисліть середнє значення T_1 і частоту f_1 для цієї системи

$$f_1 = \frac{1}{T_1}$$

№ вимірювання $t_{10}, [\text{c}]$ $T, [\text{c}]$

1		
2		
3		

$T_1, [\text{c}]$ $f_1, [\text{Гц}]$ n

--	--

Таблиця 3

PHYWE

Запишіть виміряні значення для часу коливань 10 періодів із протилежним збудженням та відповідні періоди коливань T . Потім обчисліть середнє значення T_2 і частоту f_2 для цієї системи

$$f_2 = \frac{1}{T_2}$$

№ вимірювання t_{10} , [с] T , [с]

1		
2		
3		

В T_2 , [с] f_2 , [Гц] Н

--	--

Завдання 1

PHYWE

Вставте слова в потрібне місце

При маятників, переноситься з першого маятника на другий, який, у свою чергу, починає . Втрата енергії з першого маятника призводить до його амплітуди до тих пір, поки він не . Другий маятник досягає найбільшої . Потім знову починається перенесення енергії, але тепер у зворотному напрямку від маятника до . При цьому знову досягається , процес починається заново.

першого

зчепленні

зупиниться

енергія

другого

амплітуди

початкове положення

зниження

коливатися

Завдання 2

PHYWE



Відхилення пов'язаних маятників

Маятник, що коливається, має енергію коливань у вигляді потенціальної та кінетичної енергії. Чи можете Ви пояснити процеси, що спостерігаються на зв'язаних маятниках, за допомогою закону збереження енергії?

- ☐ Система завжди має лише потенційну енергію.
- ☐ Система завжди має лише кінетичну енергію.
- ☐ Спостерігається постійна зміна потенціальної та кінетичної енергії кожної маси (лівої та правої).

☒ Перевірити

Завдання 3

PHYWE



Відхилення зв'язаних маятників

Обчисліть різницю частот коливань для збудження в одному та протилежному напрямках $f_2 - f_1$. Порівняйте результат із частотою коливань, яку Ви визначили експериментально f_c .

- ☐ $f_s = f_2 - f_1$
- ☐ $f_s > f_2 - f_1$
- ☐ $f_s < f_2 - f_1$

☒ Перевірити