

Связанные маятники



Физика

Механика

Колебания и волны



Уровень сложности

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f4f561438db8d0003265f3d>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка для исследования связанных маятников

Связанные маятники могут быть точно описаны с помощью подхода Лагранжа. Определяется потенциальная и кинетическая энергия соответствующей системы. E_{pot} и E_{kin} и формируется разницу между ними. Для функции Лагранжа L применяется в целом:

$$L = E_{kin} - E_{pot}$$

С введением обобщенных координат q_i ньютоновский закон действий ($F = \dot{p}$) используя частичные производные как:

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

Однако, поскольку этот подход может быть слишком сложным для учащихся, они первоначально будут исследовать систему только экспериментально.

Дополнительная информация для учителей (1/2)

PHYWE

предварительные

знания



Принцип



Студенты уже должны иметь опыт работы с темами вынужденных колебаний и резонанса, а также с математическим маятником. Они должны знать, что с помощью периода колебаний T системы, можно определить частоту колебаний f .

Период колебаний T маятника в соответствии с:

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

Частота f равна обратной величине периода колебаний:

$$f, =, 1/T, =, T^{-1} \quad [1/s], =, =, [Гц]$$

Дополнительная информация для учителей (2/2)

PHYWE

Цель



Учащиеся должны исследовать и понять поведение связанных маятников.

Задачи



Учащиеся должны исследовать поведение колебаний на двух связанных маятниках для различных начальных ситуаций (возбуждение в одном направлении и в противоположных направлениях) и исследовать возникающую частоту f_s , а так же определить, что происходит, если только один маятник возбужден.

Для дополнительного задания : Масса должна быть только уменьшена, иначе два маятника будут висеть криво и результаты измерений будут нечистыми. Отправная точка для муфты не должна быть установлена слишком низко, в противном случае разность частот возбуждения в одном и том же и в противоположном направлениях будет слишком мала, а погрешности измерения - слишком велики.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE



К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках по естественным наукам.

PHYWE



Информация для студентов

Мотивация

PHYWE



Шасси самолета

Колебания и маятники уже знакомы Вам. В повседневной жизни, однако, они, как правило, не так разделены, как исследованные до сих пор системы (маятник математический, маятник пружинный и т.д.), а в основном состоят из связанных систем.

Классическим примером этого является шасси самолета, как показано здесь, или шасси транспортных средств. Она состоит из множества отдельных частей и компонентов, способных к колебаниям, таких как шины и пружины, и, таким образом, представляет собой связанную систему.

В следующем эксперименте вы будете иметь дело со связанными маятниками.

Задачи

PHYWE



Следите за поведением двух математических маятников, соединенных ниткой и утяжеленных грузом.

Измерьте период колебаний связанных маятников, когда возбуждается только один из маятников.

Определить период колебаний обоих маятников в одном и в противоположных направлениях.

Материал

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативный стержень, нерж. ст., с резьбой, l = 600 мм, d = 10 мм	02035-00	2
3	Штативный стержень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 mm	02031-00	1
4	Штативный стержень, нерж. ст., с отверстием, l=100 мм	02036-01	2
5	Двойная муфта	02043-00	2
6	Держатель для гирь с прорезями, 10 g	02204-00	2
7	Гиря, 10 г, черная	02205-01	2
8	Гиря, 50 г, черная	02206-01	2
9	Набор разновесов, 1 г - 50 г	44017-01	1
10	Секундомер, цифровой, 24 часа, 1/ 100 с & 1 с	24025-00	1
11	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
12	Леска, d=0,7 мм, l=20 м	02089-00	1

Дополнительные материалы

Позиция	Материал	Количество
---------	----------	------------

1	Ножницы	1
---	---------	---

Дополнительные материалы

PHYWE

Позиция	Материал	Количество
---------	----------	------------

1	Ножницы	1
---	---------	---

Подготовка (1/2)

PHYWE

Соедините две половины основы штатива с штативным стержнем длиной 25 см и зафиксируйте фиксирующие рычаги.

Скрутите две части штативного стержня в один длинный. Вставьте два штативных стержня (60 см) в основу штатива и закрепите их.



Соедините основу штатива с штативным стержнем



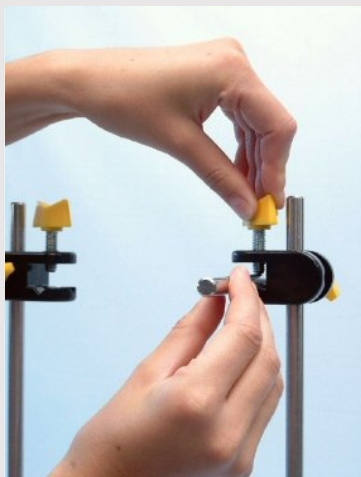
Скрутите штативный стержень



Закрепите длинные штативные стержни

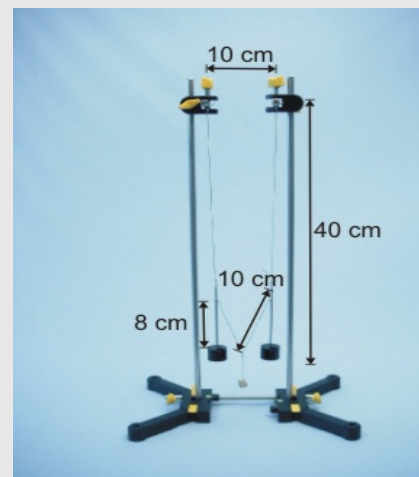
Подготовка (2/2)

PHYWE



Монтаж двойной муфты на штативном стержне

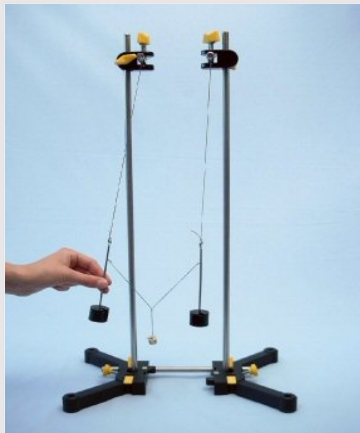
Зафиксируйте два коротких штативных стержня двойными муфтами на верхнем конце длинных штативных стержней. Используйте его для создания двух точно идентичных математических маятников с помощью нити 40 см длиной и массы $m = 70 \text{ g}$. Расстояние между двумя точками подвески должно быть 10 см. Маятники должны иметь одинаковый период колебаний! (Возможно, немного отрегулируйте длину маятников). Привяжите короткий отрезок лески к гире массой 10 гр и прикрепите ее точно посередине другого кусочка лески, длиной 20 см. При помощи данного кусочка соедините два маятника, привязав его концы к верхней части держателей для грузов.



Подготовка двух одинаковых ниточных маятников

Выполнение работы (1/2)

PHYWE

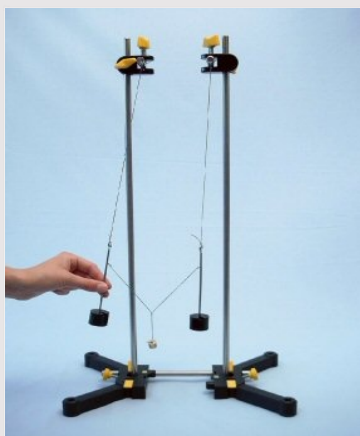


Отклонение связанных маятников

- Начните раскачивать систему, отклонив маятники примерно на 4 cm в сторону.
- Отпустите маятник и сначала наблюдайте за поведением обоих маятников.
- Измерьте время колебания связанных маятников : Определите время T между двумя остановками маятника. Повторите измерения дважды и запишите в протокол время измерений в таблицу 1.

Выполнение работы (2/2)

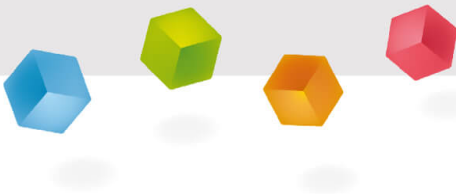
PHYWE



Отклонение связанных маятников

- Затем определите период колебаний маятника когда
 - Оба маятника отклоняются в одну сторону (в одном направлении) и на одинаковое расстояние.
 - Оба маятника отклоняются в разные стороны (противоположные друг другу) и на одно и то же расстояние.
- Измерьте время 10 колебаний и повторите эти измерения дважды.
- Внесите в протокол измеренные значения для одинакового направления в таблицу 2.
- Внесите в протокол измеренные значения для противоположного направления в таблицу 3.

PHYWE



Протокол

Таблица 1

PHYWE

Внесите ваши значения периода колебаний T_s и вычислите среднее значение длительности из значений $\langle T_s \rangle$ и частоту колебаний f_s .

Рассчитайте частоту из периода колебаний:

$f_s = \frac{1}{T_s} \quad [Hz \hat{=} 1/s]$

Измерение №.	$T_s [s]$
1	
2	
3	

$\langle T_s \rangle [s]$	$f_s [Hz]$

Таблица 2

PHYWE

Внесите измеренные значения для длительности колебаний 10 периодов с возбуждением в одном направлении и соответствующие длительности колебаний T . Затем вычислите среднее значение T_1 и частоту f_1 для этой системы

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

Измерение №.	$t_{10} [s]$	$T [s]$
1		
2		
3		

$T_1 [s]$ $f_1 [Hz]$

--	--

Таблица 3

PHYWE

Внесите измеренные значения для длительности колебаний 10 периодов с противоположным возбуждением и соответствующей длительностью колебаний T . Затем вычислите среднее значение T_2 и частоту f_2 для данной системы.

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

Измерение №.	$t_{10} [s]$	$T [s]$
1		
2		
3		

$T_2 [s]$ $f_2 [Hz]$

--	--

Задача 1

PHYWE

Вставьте слова в нужное место

При [] маятников, [] переносится с первого маятника на второй, который, в свою очередь, начинает []. Потеря энергии с первого маятника приводит к [] его амплитуды до тех пор, пока он не []. Второй маятник достигает наибольшей []. Затем снова начинается перенос энергии, но теперь в обратном направлении от [] маятника к []. При этом снова достигается [], процесс начинается заново.

- энергия
- сцеплении
- амплитуды
- снижению
- первому
- колебаться
- остановится
- второго
- первоначальное положение

Задача 2

PHYWE



Отклонение связанных маятников

Качающийся маятник обладает колебательной энергией в виде потенциальной и кинетической энергии. Можете ли вы объяснить процессы, наблюдаемые на связанных маятниках, с помощью закона сохранения энергии?

- ☐ В системе всегда есть только потенциальная энергия.
- ☐ Система всех времен имеет только кинетическую энергию.
- ☐ Наблюдается постоянное изменение потенциальной и кинетической энергии каждой массы (левой и правой).

✓ Проверить

Задача 3

PHYWE



Отклонение связанных маятников

Рассчитайте разность частот колебаний для возбуждения в одном и том же и противоположном направлениях $f_2 - f_1$. Сравните результат с частотой колебаний, которую вы определили экспериментально f_s . Что вы наблюдаете?

☐ $f_s < f_2 - f_1$

☐ $f_s > f_2 - f_1$

☐ $f_s = f_2 - f_1$

✓ Проверить