БЕСПЛАТНЫЙ ОБРАЗЕЦ УРОКА

Математический маятник

Вводный комплект по теме «Колебания»

01 Математический маятник
Математический маятник · 45 мин

Рабочие листы для учащихся | Ссылки на эксперименты | Вопросы для прогнозирования | Таблицы данных | Пояснения к ответам | Руководство для учителя

© 2026 PSL · Physics Simulations Lab · pslsimulations.com. Лицензия для одного учителя: вы можете распечатывать эти страницы и делиться ими со своими учащимися, в том числе на защищённой паролем странице класса. Пожалуйста, не размещайте их в открытом доступе и не передавайте другим учителям. Симуляциями можно пользоваться бесплатно в любое время.

Русский · Перевод выполнен с помощью машинных средств. Эталонная версия — английская.

Урок 1 · Рабочий лист для учащихся · Математический маятник

Симуляция: Математический маятник (Simple pendulum) **Время:** около 45 мин
Уровень: 9–12 классы · вводный курс вуза

Имя Дата Класс

Откройте эксперимент: в PSL найдите «Simple pendulum».
pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

Учебные цели

- Измерить, как период колебаний маятника зависит от его длины.
- Найти начальный угол отклонения, при котором формула для малых углов $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$ перестаёт быть точной.

Период колебаний маятника T — это время одного полного колебания туда и обратно. Для малых колебаний теория предсказывает $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$, где L — длина, а $g = 9.81\ m/s^2$. Симуляция отображает этот «период при малых углах», но на самом деле моделирует полное колебание при любом угле. Ваша задача — выяснить, когда показание перестаёт соответствовать действительности.

Элементы управления и показания, которые вы будете использовать: Длина (0.5–3 m) · Начальный угол отклонения (5–150°) · показание: период при малых углах

1 · Сделайте прогноз

Прежде чем начать работу с симуляцией

P1 Если увеличить длину маятника в 4 раза, его период…

☐ останется прежним ☐ удвоится ☐ увеличится в 4 раза ☐ уменьшится вдвое

Насколько вы уверены? ① ② ③ ④ ⑤ (1 = предполагаю, 5 = полностью уверен)

P2 Влияет ли начальный угол отклонения на период? Предскажите период при 10° и при 120° для маятника длиной 1.5 m.

P3 Как вы думаете, примерно при каком угле погрешность формулы превысит 5%?

2 · Исследуйте

Изменяйте только один параметр за раз

Часть A · Длина

1. Установите начальный угол отклонения 10°. Оставьте скорость воспроизведения 1×.
2. Для каждой длины запишите показание периода при малых углах, затем измерьте секундомером время 5 полных колебаний и разделите его на 5.

Длина L (m)	Показание T (s)	Время 5 колебаний (s)	Измеренный T (s)	T^2 (s^2)
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
3.0				

Часть B · Угол

1. Установите длину 1.5 m. Показание должно составлять 2.46 s.
2. Для каждого начального угла отклонения измерьте время 5 полных колебаний и определите измеренный период. Затем найдите разницу в %: (измеренный период − 2.46) ÷ 2.46 × 100.

Начальный угол отклонения	Время 5 колебаний (s)	Измеренный T (s)	Разница в % относительно 2.46 s
10°			
35°			
60°			
90°			
120°			
150°			

3 · Объясните

Используйте свои данные

E1 Используйте данные из части A: что произошло с периодом, когда длина увеличилась с 0.5 m до 2.0 m (в 4 раза)? Был ли ваш прогноз P1 верным?

E2 Постройте график зависимости T^2 от L. Опишите график и найдите его угловой коэффициент. Для вычисления g используйте соотношение slope = $4\pi^2/g$, чтобы вычислить g.

E3 В части B при каком угле измеренный период впервые отличался от показания на экране более чем на 5%?

E4 Формула предполагает, что $\sin\theta \approx \theta$. Объясните, почему маятник, отпущенный с большого угла отклонения, совершает колебания медленнее, чем предсказывает формула.

ЗАДАНИЕ В КОНЦЕ УРОКА

У напольных часов маятник длиной 1.0 m. (a) Вычислите период его колебаний. (b) Если раскачать маятник сильнее, часы будут спешить или отставать? Почему?

Урок 1 · Руководство для учителя · Математический маятник

Симуляция: Математический маятник (Simple pendulum) **Время:** около 45 мин
Математика: Алгебра, квадратные корни (построение графиков — по желанию)

Ссылка на эксперимент: pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

Обзор

Учащиеся подтверждают зависимость $T \propto \sqrt{L}$, а затем выясняют, что знакомая формула — это приближение, которое перестаёт работать при больших размахах колебаний. Симуляция интегрирует полное нелинейное уравнение $d^2\theta/dt^2 = -(g/L)\sin\theta$, поэтому измеренные периоды при больших углах действительно превышают показания на экране. Колебания происходят в реальном времени при скорости 1×: мы измерили 2.47 s при 10° и 3.37 s при 120° для L = 1.5 m.

Перед уроком

Откройте симуляцию один раз перед уроком. Учащимся понадобится секундомер (подойдёт телефон). Удобно работать в парах: один запускает маятник кнопкой Reset («Сброс»), другой измеряет время.

Распространённые заблуждения

- Более тяжёлые грузы маятника колеблются быстрее. (Масса не входит в формулу; в симуляции используется материальная точка.)
- Удвоение длины удваивает период. (Оно увеличивает период в $\sqrt{2} \approx 1.41$ раза.)
- Амплитуда никогда не влияет на период. (При больших углах влияет — именно этому посвящена часть B.)

Ответы с пояснениями

P1

Удвоится. $T \propto \sqrt{L}$, поэтому увеличение длины в 4× даёт увеличение периода в $\sqrt{4} = 2$×.

P2

При 10° период составляет около 2.46 s и совпадает с показанием на экране. При 120° он составляет около 3.37 s, то есть примерно на 37% больше.

P3

Примите любой разумный прогноз. Сравните его с результатами опытов в части B.

Часть A

Показания: 0.5 m → 1.42 s, 1.0 m → 2.01 s, 1.5 m → 2.46 s, 2.0 m → 2.84 s, 3.0 m → 3.47 s. Измеренные значения должны совпадать с ними с точностью примерно до 0.1 s. T^2 имеет значения: 2.01, 4.03, 6.04, 8.05, 12.1 s^2.

Часть B

Ожидаемые измеренные периоды при L = 1.5 m: 10° → 2.46 s (+0.2%), 35° → 2.52 s (+2.4%), 60° → 2.64 s (+7.3%), 90° → 2.90 s (+18%), 120° → 3.37 s (+37%), 150° → 4.33 s (+76%).

E1

Период удвоился (1.42 s → 2.84 s). Увеличение длины в четыре раза удваивает период, поскольку $T \propto \sqrt{L}$.

E2

Прямая, проходящая через начало координат, с угловым коэффициентом ≈ 4.0 s^2/m. $g = 4\pi^2 \div 4.02 \approx 9.8$ m/s^2. Значения, полученные учащимися с отклонением в пределах примерно 5%, можно считать хорошим результатом.

E3

Из проверенных углов 60° — первый, при котором расхождение превышает 5%: при 35° оно составляет 2,4%, а при 60° — 7,3%.

E4

Возвращающая сила равна mg sin θ. При больших углах sin θ заметно меньше θ (sin 90° = 1, тогда как 90° = 1.57 rad), поэтому сила, возвращающая маятник к положению равновесия, слабее, чем предполагает формула. Более слабая возвращающая сила означает более медленное возвращение и более длительный период.

Итоговое задание

(a) $T = 2\pi\sqrt{(1.0/9.81)} \approx 2.01$ s. (b) Отстают. При большем размахе колебаний период увеличивается, поэтому маятник совершает меньше колебаний в час и часы отстают.

Дополнительное задание

В симуляции значение g зафиксировано на уровне 9.81 m/s^2, поэтому непосредственно показать условия на другом небесном теле она не может. Предложите учащимся с помощью формулы рассчитать период колебаний маятника длиной 1.5 m на Луне ($g = 1.62$ m/s^2): $T = 2\pi\sqrt{(1.5/1.62)} \approx 6.05$ s, примерно в 2.5 раза больше, чем на Земле.

Дифференциация обучения

Поддержка: предоставьте заранее заполненный столбец T^2 и пропустите определение наклона графика. Задание повышенной сложности: сравните результаты части B с разложением в ряд $T \approx T_0(1 + \theta_0^2/16)$, где θ_0 выражен в радианах, и определите, когда это приближение перестаёт работать.

Вводный комплект по теме «Колебания» / Тематический комплект «Колебания и волны»

Вводный комплект по теме «Колебания» · 19 USD

- Математический маятник
- Резонанс при вынужденных колебаниях пружинного маятника
- Связанные маятники и передача энергии

Тематический комплект «Колебания и волны» · 49 USD

- Математический маятник
- Резонанс при вынужденных колебаниях пружинного маятника
- Связанные маятники и передача энергии
- Стоячие волны на струнах и в трубах
- Резонансные картины колебаний барабанной мембраны
- Фигуры Хладни и симметрия

Контрольная работа по разделу + ответы · 12 вопросов

План распределения материала на две недели и список терминов