

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Подтверждение сохранения энергии с помощью маятника Максвелла

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Диск маятника Максвелла подвешен на нитях за оба конца его оси так, что нити могут наматываться на ось диска. В ходе движения потенциальная энергия маятника переходит в кинетическую и обратно. Процесс перемещения маятника вверх и вниз повторяется до тех пор, пока потенциальная энергия, полученная за счет начальной высоты диска, не будет полностью потеряна за счет отражения и трения. В этом эксперименте фотоэлектрический световой барьер устанавливается на разных высотах так, чтобы ось диска Максвелла многократно пересекала пучок света. По времени между пересечениями пучка света можно определить мгновенную скорость маятника и по ней рассчитать его кинетическую энергию.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Построить график перемещения в зависимости от времени и график зависимости скорости от времени для начального движения вниз.
- Определить ускорение и момент инерции.
- Определить кинетическую энергию и потенциальную энергию при движении вверх и вниз.
- Подтвердить сохранение энергии с учетом потерь на отражение и трение.



Технические сведения об оборудовании изложены на сайте 3bscientific.com

1

ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Количество	Наименование	№ по каталогу
1	Маятник Максвелла	U8408305
1	Пусковое устройство для маятника Максвелла	U8404050
1	Цифровой счетчик с интерфейсом (230 В, 50/60 Гц)	U210051-230 или
	Цифровой счетчик с интерфейсом (115 В, 50/60 Гц)	U210051-115
1	Рамка с фотоэлементами	U11365
1	Стойка с H-образным основанием	U8557440
2	Стойка из нержавеющей стали, 1000 мм	U15004
5	Универсальный зажим	U13255
1	Стержень из нержавеющей стали, 400 мм, диам. 10 мм	U8611460
1	Пара безопасных соединительных проводов для опытов, 75 см, красный/синий	U13816
Дополнительно рекомендуется иметь:		
1	Электронные весы, 5000 г	U42061
1	Штангенциркуль, 150 мм	U10071

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Диск маятника Максвелла подвешен на нитях за оба конца его оси так, что нити могут наматываться на ось диска. Когда он движется, потенциальная энергия все в большей и большей степени переходит в кинетическую энергию вращающегося диска. После полного разматывания нитей они начинают наматываться в противоположном направлении, и диск поднимается, при этом кинетическая энергия преобразуется обратно в потенциальную, пока вся кинетическая энергия не перейдет в потенциальную. Затем диск опять устремляется вниз и обратно, до тех пор, пока потенциальная энергия, полученная за счет начальной высоты маятника, не будет полностью потеряна за счет отражения и трения.

При вращении диск движется вверх и вниз со скоростью v . Скорость определяется следующей заданной зависимостью от угловой скорости ω , с которой диск вращается вокруг своей оси:

$$(1) \quad v = \omega \cdot r, \text{ где } r = \text{радиус оси.}$$

Таким образом, общая энергия определяется выражением

$$(2) \quad E = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{I}{m \cdot r^2} + 1 \right) \cdot v^2$$

m : масса, I : момент инерции,

h : высота над нижней точкой обратного хода, g : ускорение свободного падения

Это описывает поступательное движение с направленным вниз ускорением, определяемым выражением

$$(3) \quad \dot{v} = a = \frac{g}{\frac{I}{m \cdot r^2} + 1}$$

Это ускорение определяется в опыте по расстоянию, пройденному за время t

$$(4) \quad s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2.$$

Его также можно определить по мгновенной скорости, достигаемой по истечении времени t

$$(5) \quad v = a \cdot t.$$

Измерение подразумевает установку фотоэлектрического светового барьера на разной высоте h , на которой пучок света многократно прерывается осью диска при его перемещении вверх и вниз (см. рис. 1). Цифровой счетчик измеряет время между пересечениями пучка света Δt и время t , за которое диск достигает начальной нижней точки.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Если масса диска маятника m и радиус его оси r известны, момент инерции можно определить по ускорению a . В соответствии с уравнением (3) справедливо следующее:

$$I = m \cdot r^2 \cdot \left(\frac{g}{a} - 1 \right).$$

Мгновенные значения скорости v и кинетической энергии E_{kin} рассчитываются по интервалам времени Δt между прерываниями, как описано ниже:

$$v = \frac{2 \cdot r}{\Delta t} \quad \text{и} \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{I}{m \cdot r^2} + 1 \right) \cdot v^2.$$

Потенциальная энергия определяется по формуле

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h.$$

Потери энергии, которые ясно видны на рис. 4, описываются достаточно хорошо, если учитывать постоянную силу трения, действующую в направлении, противоположном направлению движения, и значительную потерю энергии при изменении направления в нижней точке.

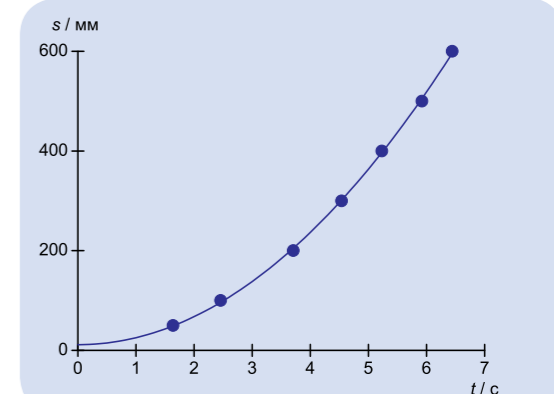
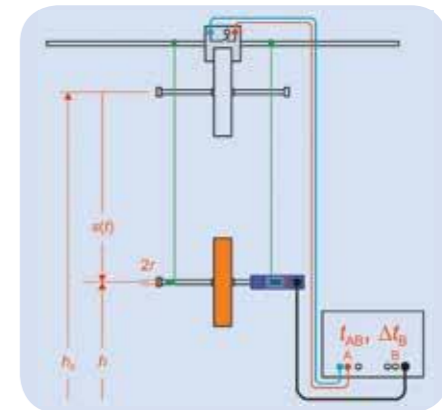


Рис. 2. График перемещения в зависимости от времени для начального движения вниз

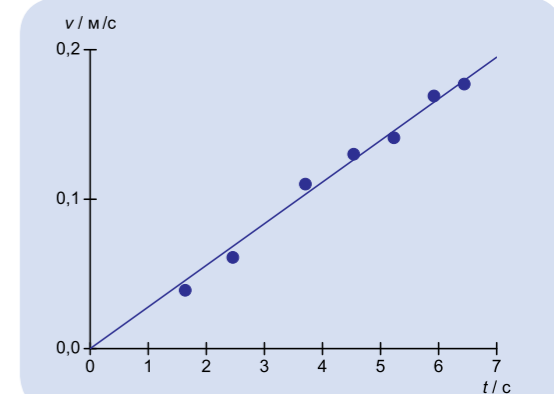


Рис. 3. График скорости в зависимости от времени для начального движения вниз

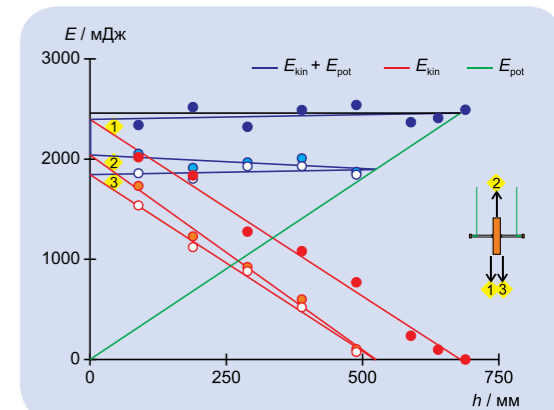


Рис. 4. Распределение энергии как функция высоты h