

Маятник Горелика

Выполнили:

Торчилов Павел Робертович (11'А),
Гулев Михаил Александрович (11'А)

Научный руководитель:

Матюк Анатолий Эдуардович,
учитель физики СШ №1 г. Лиды

Оглавление

Введение	2
Основная часть	3
Результаты эксперимента:	4
Заключение	5
Литература	5

Введение

Маятник Горелика представляет собой пружинный маятник, состоящий из пружины жесткостью k к которой подвешен груз массой m . Груз совершает вертикальные колебания с периодом $T_{\text{верт}}$, который рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{верт}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Вертикальные колебания через некоторое время сменяются горизонтальными. Такой маятник можно считать математическим (при условии, что масса груза намного больше массы пружины, а размеры груза малы по сравнению с размерами пружины). Период колебаний такого маятника можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{гор}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l – расстояние от точки подвеса маятника до центра тяжести груза, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

По условию задачи груз растягивает пружину на $1/3$ первоначальной длины l_0 , т. е. удлинение пружины равно

$$\Delta l = \frac{1}{3} l_0;$$

При подвешивании груза сила тяжести уравновешивается силой упругости пружины:

$$mg = k\Delta l = k \frac{1}{3} l_0;$$

$$k = \frac{3mg}{l_0};$$

$$l = l_0 + \Delta l = \frac{4}{3} l_0;$$

$$T_{\text{верт}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml_0}{3mg}} = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{3g}};$$

$$T_{\text{гор}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{4l_0}{3g}} = 2 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{3g}} = 2 \cdot T_{\text{верт}}.$$

Переход вертикальных колебаний в горизонтальные будет происходить при условии, когда период горизонтальных колебаний будет равен двум периодам вертикальных колебаний: $T_{\text{гор}} = 2T_{\text{верт}}$.

Основная часть

Экспериментальная установка состояла из штатива, на котором крепилась пружина с подвешенным к ней грузом массой $m = 0,1$ кг. На штативе также крепились две линейки: одна вертикально, а другая горизонтально для определения амплитуды вертикальных и горизонтальных колебаний маятника.



Колебания маятника снимались на цифровую камеру, а затем изучались при просмотре на компьютере.

В нашем эксперименте начальная длина пружины была равна $l_0 = 0,12$ м.

Удлинение пружины

$$\Delta l = \frac{1}{3} l_0 = 0,04 \text{ м.}$$

Жесткость пружины равна

$$k = \frac{mg}{\Delta l} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{0,04 \text{ м}} = 24,5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$



Период вертикальных колебаний маятника равен:

$$T_{\text{верт}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{24,5}} \text{ с} = 0,401 \text{ с} \approx 0,4 \text{ с.}$$

Период горизонтальных колебаний маятника равен:



$$T_{гор} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,175}{9,8}} \text{ с} =$$

$$0,839 \text{ с} \approx 0,8 \text{ с},$$

где $l = l_0 + \Delta l + \frac{l_{груза}}{2} = 0,12 \text{ м} +$
 $0,04 \text{ м} + \frac{0,03}{2} \text{ м} = 0,175 \text{ м}.$

Таким образом, в нашем опыте $T_{гор} \approx$
 $2T_{верт}.$



Результаты эксперимента:

Период вертикальных колебаний $T_{верт}$, с	Период горизонтальных колебаний $T_{гор}$, с	Амплитуда вертикальных колебаний $A_{верт}$, см	Амплитуда горизонтальных колебаний $A_{гор}$, см	Промежуток времени между сменой вертикальных колебаний горизонтальными τ , с
0,4	0,8	1,5	3,5	6,7

При замедленном просмотре видеоматериала было подсчитано число вертикальных и горизонтальных колебаний за определенный промежуток времени и рассчитаны периоды вертикальных и горизонтальных колебаний.

$$T_{верт} = \frac{\Delta t_1}{N_1} = \frac{12 \text{ с}}{30} = 0,4 \text{ с};$$

$$T_{гор} = \frac{\Delta t_2}{N_2} = \frac{16 \text{ с}}{20} = 0,8 \text{ с}.$$

Из экспериментальных данных видно, что $T_{гор} = 2T_{верт}.$

Кроме этого была определена амплитуда вертикальных $A_{верт}$ и горизонтальных $A_{гор}$ колебаний и средний промежуток времени τ , через который наступал максимально полный переход вертикальных колебаний в горизонтальные и наоборот.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного эксперимента подтвердилось предположение о том, что переход вертикальных колебаний в горизонтальные будет происходить при условии, когда период горизонтальных колебаний будет равен двум периодам вертикальных колебаний: $T_{гор} = 2T_{верт}$.

Литература

1. Свободные колебания. Математический маятник.
<http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/chapter2/section/paragraph3/theory.html>.
2. Свободные колебания. Пружинный маятник.
<http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/chapter2/section/paragraph2/theory.html>.