

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО"

Университет ИТМО

Физико-технический факультет

ОБЩАЯ ФИЗИКА ЛЕКЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Методические рекомендации
к проведению лекционных демонстраций по разделам:
механика, термодинамика, электромагнетизм, оптика, атомная физика

Санкт-Петербург, 2020

1 Законы сохранения, полная механическая энергия, теория соударений.

1.1 Маятник Ньютона.

1. Общая теория

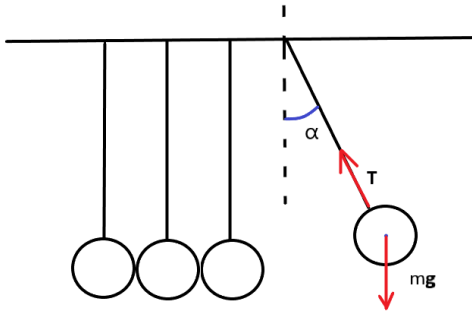


Рис. 1: Маятник Ньютона

В данной статье будут рассмотрены идеализированные условия для колебаний маятника, т.е. отсутствуют потери импульса и энергии за счет диссипативных сил. Шар, отклоненный от положения равновесия, имеет энергию равную

$$U = mgl(1 - \cos\alpha)$$

где m - масса шара, l - длина подвеса, α - угол между нитью в отведенном положении и нитью в положении равновесия шара. Под действием равнодействующей силы шар возвращается в положение равновесия. При этом согласно закону сохранения полной механической энергии вся потенциальная энергия U переходит в кинетическую T :

$$mgl(1 - \cos\alpha) = \frac{mv^2}{2}$$

где v - скорость шара в момент прохождения положения равновесия.

Шар соударяется с покоившимся шаром. Соударение считается центральным и абсолютно упругим. Движущийся шар приобретает импульс, равный $\vec{p}'_1 = m\vec{v}$, при этом импульс покоившегося шара \vec{p}'_2 равен 0. Согласно закону сохранения импульса при соударении шаров изменение импульса первого шара равно изменению импульса второго шара. Т.к. массы шаров равны $m_1 = m_2 = m$, то

$$\vec{p}'_1 = \vec{p}'_2$$

, где \vec{p}'_2 - импульс второго шара после соударения. При этом нужно заметить, что импульс первого шара становится равным 0.

Далее второй шар согласно ЗСИ передает импульс третьему шару. Тот в свою очередь передает импульс 4 шару. Из цепочки таких рассуждений получается :

$$\vec{p}'_1 = \vec{p}'_4 = m\vec{v}$$

Последний шар после соударения имеет такую же скорость, что и первый шар. Соответственно его кинетическая энергия в точности равна потенциальной энергии первого шара в изначальном положении. Также согласно ЗСЭ кинетическая энергия этого шара переходит в потенциальную, и последний шар оказывается на такой же высоте как и первый шар. Затем весь описанный алгоритм повторяется.

В данной статье описаны идеализированные условия, при которых колебания маятника никогда не затухнут. Но в эксперименте невозможно добиться таких условий, поэтому в движение приходят все шары и колебания со временем затухают, что рассмотрено в статье [2].

На самом деле можно отклонять от положения равновесия любое количество шаров, при этом такое же количество шаров после соударения придет в движение. Такой эффект рассмотрен в статье [4]

2. Описание установки

Маятник Ньютона (колыбель Ньютона) состоит из четырех шаров (может состоять из любого количества шаров), едва касающихся друг друга, подвешенных к каркасу на тонких и нерастяжимых нитях. Центры шаров находятся на одной прямой, параллельной подвесу.

3. Ход демонстрации

Шары должны выставлены так, чтобы их центры были на одной прямой, параллельной подвесу. При этом шары должны едва касаться друг друга (расстояние между центрами равно диаметру шара). После этого отклоняется необходимое количество шаров от положения равновесия на угол α и отпускается.

Список литературы

- [1] [Видеодемонстрация маятника Ньютона](#)
- [2] Stefan Hutzler, Gary Delaney, Denis Weaire, and Finn MacLeod, Rocking Newton's cradle;
- [3] М.В. Семенов, А.А. Якута, Механика. Лекционный эксперимент, стр. 104 ;
- [4] [Newton's cradle.](#)