

Разработка урока-лабораторной работы «Изучения упругого соударения шаров»

Чжоу Валентина Юйляновна

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью работы является разработка урока-лабораторной работы по изучению явления соударения шаров и демонстрация закона сохранения импульса. В качестве методов использовались экспериментальные наблюдения, измерения кинематических величин при соударении, а также анализ полученных данных. Результатом работы стал готовый конспект урока с пошаговой инструкцией для выполнения лабораторной работы, позволяющего учащимся на практике изучить закон сохранения импульса при упругих ударах.

Ключевые слова: механика, лабораторная работа, закон сохранения импульса

Development of a lab lesson on "Studying the elastic collision of balls"

Chzhou Valentina Yuylyanovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of the work is to develop a laboratory lesson on the phenomenon of ball collision and to demonstrate the law of conservation of momentum. The methods used were experimental observations, measurements of kinematic quantities during collision, and analysis of the obtained data. The result of the work is a ready-made lesson plan with step-by-step instructions for performing the laboratory work, which allows students to practice the laws of conservation of momentum and energy during elastic collisions.

Keywords: mechanics, laboratory work, law of conservation of momentum

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Современное образование ориентировано не только на передачу готовых знаний, но и на формирование у обучающихся исследовательских умений, практических навыков и способности самостоятельно делать выводы на основе эксперимента. Физика как наука имеет особое значение в этом процессе, так как многие её законы и явления могут быть продемонстрированы и проверены опытным путём.

Тема упругого удара изучается в курсе механики: она лежит в основе понимания законов сохранения, используется при описании движения тел в природе и технике, имеет прикладное значение в инженерии. Изучение данного явления через лабораторный эксперимент способствует более глубокому усвоению законов сохранения импульса и энергии, развивает аналитическое мышление и умение устанавливать причинно-следственные связи.

1.2 Обзор исследований

В. В. Майер рассмотрел доступная конструкция прибора для демонстрации эффектного опыта по упругому взаимодействию двух шаров одинаковой массы [1]. А. И. Родионов рассмотрел задача об осевом соударении абсолютно твердого шара [2]. В. Э. Еремьянц привел математическое описание соударения шара с пластиной, закрепленной по двум противоположным краям при упругой и упругопластической контактной характеристике. [3]. А. В. Савкина, А. В. Нуштаева, Н. П. Тихонова, И.А.Копейкин разработали свою виртуальная лаборатория «Закон сохранения импульса и энергии» [4].

1.3 Цель исследования

Цель исследования – разработка урока-лабораторной работы по изучению упругому ударению шаров.

2. Материалы и методы

Для проведения лабораторной работы использовались юстируемая станция, устройство для подвески шаров, набор стальных шаров, электромагнитный стопор, транспортер и электронный микросекундомер.

3.Результаты и обсуждения

3.1 Оборудование

Для проведение лабораторной работы потребуется следующее оборудование:

- Юстируемая станция;
- Устройство для подвески шаров;
- Набор стальных шаров;
- Электромагнитный стопор;
- Транспортер;
- Электронный микросекундомер.

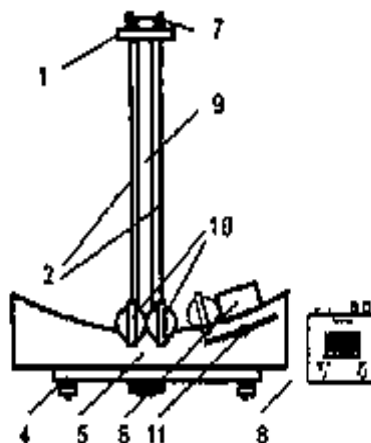


Рисунок 1 – Установка

Основной частью установки является юстируемая станина 4 (рис.1) с закрепленной на ней трубой 9. В вершине трубы установлена основа 1 с устройством подвески шаров. Винты 7 этого устройства позволяют регулировать межцентровое положение висящих на нитях 2 шаров 10. На станине 4 закреплен транспортер 5 для измерения углов отклонения шаров. Цена деления шкалы транспортера 0,5 град. В транспортере имеется фрезерованный паз для регулирования размещения на нем электромагнитного стопора 6. Положение стопора на транспортере можно регулировать гайкой 11. Электромагнитный стопор и контакты устройства подвески шаров подключены к микросекундомеру 8.

3.2 Описание метода измерения

Удар – это столкновение двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время. При соударении возникают деформации и мгновенные (ударные) силы. Для системы соударяющихся тел мгновенные силы являются внутренними. Импульсы этих сил за время удара значительно больше импульса внешних сил. Это обстоятельство позволяет пренебречь влиянием всех внешних сил в процессе удара, т.е. считать на короткое время удара систему соударяющихся тел замкнутой и применять к ней законы сохранения.

Существуют различные классификации ударов. Общую нормаль к поверхности соударяющихся тел в точке их соприкосновения называют линией удара. При центральном ударе центры масс соударяющихся тел лежат на линии удара. Нами рассматриваются лишь прямые центральные удары. С точки зрения превращения механической энергии соударяющихся тел в другие виды энергии различают абсолютно упругий и абсолютно неупругий удар. Абсолютно упругий удар – это удар, при котором механическая энергия не переходит в другие виды энергии.

Рассмотрим абсолютно упругий центральный удар двух шаров с массами m_1 и m_2 , движущихся со скоростями V_1 и V_2 в горизонтальном направлении. В процессе удара различают две фазы. В течение первой фазы

удара деформация шаров возрастает. Происходит накопление потенциальной энергии деформации за счет убыли кинетической энергии. В течение второй фазы удара потенциальная энергия деформации переходит полностью в кинетическую. Таким образом, при абсолютно упругом ударе, закон сохранения механической энергии запишется в виде:

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2},$$

где U_1 и U_2 скорости шаров после соударения, $m_1 \geq m_2$.

Если первоначально шар массой m_2 был неподвижен ($V_2=0$), то уравнение примет вид

$$m_1 V_1^2 = m_1 U_1^2 + m_2 U_2^2$$

Кроме того, будет соблюдаться закон сохранения импульса замкнутой системы [5]:

$$m_1 V_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2$$

Решив совместно уравнения, найдем выражение для скоростей шаров после столкновения

$$U_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} V_1 \quad U_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} V_1$$

3.3 Этапы подготовки установки к работе

1. Установить основу 1 с устройством подвески шаров в трубу 9 и закрепить ее крепежным винтом.

2. Завесить оба шара в оправе на нитях 2. Шар с номером 1 на правый подвес (ближе к электромагнитному стопору), шар номер 2 – на левый. Стрелки на оправе шаров должны показывать на транспорте 0. Регулировку положения шаров относительно транспорта можно осуществить регулировочными винтами станины 4.

3. Отклонить правый шар в сторону электромагнита. Шар должен полноценно попадать в лунку электромагнита. Если этого не происходит, отрегулировать длину нити правого шара винтами 7 устройства подвески шаров.

4. Для осуществления центрального удара проконтролировать взаимное положение центров шаров и в случае необходимости их корректировки воспользоваться регулировочными винтами 7 устройства подвески второго (левого) шара.

5. Подсоединить кабели электромагнита и устройства подвески шаров к микросекундомеру.

6. Подключить микросекундомер к сети, нажать клавишу включения, должна засветиться светодиодные индикаторы на лицевой панели.

7. Отклонить правый шар к лунке электромагнита; он должен зафиксироваться магнитным полем стопора.

8. Ослабить гайку крепления электромагнитного стопора и перемещая его выставить стрелку шара 1 на необходимый угол. Зафиксировать электромагнит.

9. Нажать кнопку «Старт» на передней панели микросекундомера. Электромагнит отключится. После соударения шаров индикация покажет время соударения в микросекундах, для последующего включения микросекундомера нажать кнопку «Сброс».

3.4 Конспект лабораторной работы «Изучения упругого удара шаров»

ЦЕЛЬ: проверка закона сохранения импульса, определение величины потери энергии и коэффициента восстановления для прямого центрального удара.

ХОД РАБОТЫ:

1. Уточнить массы шаров 1 и 2 в оправе и длину подвеса.
2. Включить микросекундомер.
3. Отклонить правый шар к лунке на электромагните. Он должен удерживаться магнитным полем.
4. Ослабить гайку крепления электромагнита.
5. Закрепить электромагнит в положении, чтобы стрелка правого шара показывала $\alpha=15^\circ$.
6. Нажать кнопку «Старт» микросекундомера.
7. Измерить угол β отклонения второго шара по транспортиру.
8. Результаты измерения $\alpha = 15^\circ$, $\beta = \dots$ и время соударения шаров t_c записать в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты упругого соударения шаров

N	Угол α , град	Угол β , град.	Время соударения t_c , мкс	Скорость шара 1 V_1 , м/с	Скорость шара 2 U_2 , м/с	Отношение $\frac{U_2}{V_1}$	Коэффициент восстановления K
1	15						
2	15						
3	15						
4	15						
5	15						
среднее							
6	10						
7	10						
8	10						
9	10						
10	10						
среднее							
11	5						
12	5						
13	5						
14	5						
15	5						
среднее							

9.Повторить эксперимент еще 4 раза.

10.Повторить пункты 3-10 для углов отклонения 10^0 и 5^0 шара 1.

11.Для всех экспериментов посчитать скорости обоих шаров

$$V_1 = 2\sqrt{m_1 gl \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad U_2 = 2\sqrt{m_2 gl \cdot \sin \frac{\beta}{2}}$$

отношение скоростей

$$\frac{U_2}{V_1}$$

И коэффициент восстановления энергии

$$K = \frac{\sin^2 \frac{\beta}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

Данные записать в таблицу 1.

12.Сделать выводы

4 Выводы

В результате работы, получили структурированный конспект урока-лабораторной работы по изучению упругого соударению шаров.

Библиографический список

1. Майер В. В. Прибор для демонстрации упругого соударения шаров // Учебная физика. 2018. № 3. С. 3-5.
2. Родионов А. И. Удар как динамическая вариационная контактная задача // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. 1995. № 2(2). С. 95-100.
3. Еремьянц В. Э. К теории ударного взаимодействия шара с пластиной // Машиноведение. 2018. № 2(8). С. 18-27.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610855 Российская Федерация. Виртуальная лаборатория «Закон сохранения импульса и энергии»: № 2014661915: заявл. 24.11.2014: опубл. 20.01.2015 / А. В. Савкина, А. В. Нуштаева, Н. П. Тихонова, И. А. Копейкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».
5. Мякишев Г. Я. Физика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2010.