



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

Методические указания
к практическим заданиям по дисциплине
«Физика»

«Центральный удар шаров»

Авторы
Бугаян И.А.,
Брылева М.А.

Ростов-на-Дону, 2022

Аннотация

Методические указания содержат краткую теорию по теме «Центральный удар шаров». Предназначены для обучающихся, изучающих дисциплину «Физика», для выполнения лабораторной работы по программе курса общей физики.

Авторы

к.т.н., доц. Бугаян И.А.

к.ф.-м.н., асс. Брылева М.А.





Оглавление

Лабораторная работа № 7а «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УДАР ШАРОВ»	4
1. Краткая теория	4
2. Описание экспериментальной установки и методика измерения	5
3. Порядок выполнения работы	6
4. Контрольные вопросы и задания	9
Литература	12
Указания по технике безопасности	13

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7А «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УДАР ШАРОВ»

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: лабораторная установка "Соударение шаров ФМ 17"

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определение времени соударения для различных пар шаров. Определение коэффициентов восстановления скорости и энергии упругого удара.

1. Краткая теория

При соударении шаров силы взаимодействия довольно резко изменяются с расстоянием между центрами масс, весь процесс взаимодействия протекает в очень малом пространстве и в очень короткий промежуток времени. Такое взаимодействие называют ударом. Центральным называется удар, при котором взаимодействие происходит по линии, соединяющей их центры.

При абсолютно упругом столкновении тела полностью восстанавливают свою форму. Это означает, что в состоянии этих тел не происходят какие-либо изменения. Их потенциальная и внутренняя энергии до и после удара неизменны и, следовательно, кинетическая энергия тоже сохраняется.

При абсолютно неупругом центральном ударе шаров их кинетическая энергия полностью или частично превращается во внутреннюю энергию и после удара шары либо движутся с одинаковой скоростью, либо покоятся.

Для характеристики потери кинетической энергии и относительной скорости при ударе вводится понятие коэффициента восстановления k , определяемого по формуле:

$$k = \frac{|\bar{U}_1 - \bar{U}_2|}{|\bar{V}_1 - \bar{V}_2|} \quad (1)$$

где \bar{V}_1 и \bar{V}_2 – скорости центров масс шаров до удара;

\bar{U}_1, \bar{U}_2 – после удара.

При $k = 1$ потери кинетической энергии нет – абсолютно упругий удар, $k=0$ – абсолютно неупругий удар, при $0 < k < 1$ – неупругий удар.

Изменение импульса каждого из шаров происходит благодаря упругой силе взаимодействия шаров при ударе, которая в течение соударения меняется по определенному закону и может быть найдена из второго закона динамики:

Центральный удар шаров

$$\langle \bar{F} \rangle = \frac{|\Delta \bar{P}|}{\Delta t} \quad (2)$$

где Δt – время соударения;

$\langle \bar{F} \rangle$ – упругая сила взаимодействия;

$\langle \bar{P} \rangle$ – изменение импульса шаров при ударе.

Таким образом, чтобы определить среднюю величину ударной силы, а значит и результат взаимодействия, необходимо знать время соударения, которое зависит от масс соударяющихся тел, их упругих свойств и от скоростей до удара.

2. Описание экспериментальной установки и методика измерения

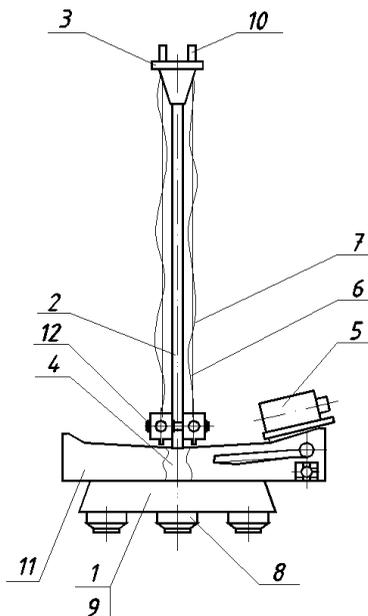


Рис. 1.

Установка "Соударение шаров ФМ 17" представлена на рис.1 и включает в свой состав: основание **1**, вертикальную стойку **2**, верхний кронштейн **3**, корпус **4**, электромагнит **5**, нити **6** для подвески металлических шаров, провода **7** для обеспечения электрического контакта шаров с клеммами. Основание **1** снаб-

Центральный удар шаров

жено тремя регулируемыми опорами **8** и зажимом **9** для фиксации вертикальной стойки **2**. Вертикальная стойка **2** выполнена из металлической трубы. На верхнем кронштейне **3**, предназначенном для подвески шаров, расположены узлы регулировки, обеспечивающие прямой центральный удар шаров, и клеммы **10**. Корпус **4** предназначен для крепления шкалы **11** угловых перемещений. Электромагнит **5** предназначен для фиксации исходного положения одного из шаров **12**. Металлические шары **12** выполнены парно из алюминия, латуни и стали.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Определение времени соударения шаров.

1. Подключите клеммы верхнего кронштейна и электромагнит установки к блоку электронному при помощи кабеля.
 2. Вилку с маркировкой "Э" вставьте в розетку электромагнита.
 3. Вставьте стальные шары в скобы подвеса.
 4. С помощью регулировочных опор выставьте основание установки таким образом, чтобы нижние визирные скобы подвеса указывали на нули шкал.
 5. Отрегулируйте положение шаров в вертикальной и горизонтальной плоскостях до совмещения верхних визиров скобы подвеса. Регулировку производите с помощью изменения длины подвеса шаров, а также изменяя положения узлов крепления нитей на верхнем кронштейне.
 6. Нажмите кнопку "СЕТЬ" блока. При этом должны включиться табло индикации и электромагнит.
 7. Отведите правый шар на угол $\alpha_{бр}$ примерно 14° и зафиксируйте его с помощью электромагнита.
 8. Нажмите кнопку "ПУСК". При этом произойдет удар шаров.
 9. По таймеру блока определите время соударения шаров t (первое появившееся на правом табло значение).
 10. Нажмите кнопку "СБРОС".
 11. Сделайте 10 измерений, результаты занесите в таблицу
- 1.
12. Рассчитайте среднее время соударения.
 13. Сделайте вывод о зависимости времени соударения от механических свойств материалов соударяющихся шаров.

Центральный удар шаров

Таблица 1.

№ опыта	t , с (алюминий шар)	t , с (латуневый шар)	t , с (стальной шар)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
$\langle t \rangle, c$			

3.2 Определение коэффициентов восстановления скорости и энергии для случая упругого удара шаров.

1. В правую скобу подвеса вставьте алюминиевый шар со стальной вставкой, а в правую скобу латунный или стальной шар.

2. На пульте блока нажмите кнопку "СБРОС". При этом на табло индикации высветятся нули, на электромагнит подается напряжение.

3. Отведите правый шар на угол $\alpha_{бр}$ примерно четырнадцать градусов и зафиксируйте его с помощью электромагнита.

4. Нажмите кнопку "ПУСК". При этом произойдет удар шаров. При помощи шкал визуально определите углы отскока правого (α_1) и левого (α_2) шаров.

5. Результаты занесите в таблицу.

6. Произведите 10 измерений результаты занести в таблицу 2.

7. По полученным результатам произведите k_V и k_E по формулам (2-6).

8. Произвести расчеты средних значений всех величин.

9. Произведите расчет погрешностей по формулам прямых измерений.

Центральный удар шаров

Таблица 2.

№ опыта	$\alpha_{бр}$, град	α_1 , град	α_2 , град	V_1 , м/с	U_1' , м/с	U_2' , м/с	k_v	k_ε
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
Среднее значение								

Из закона сохранения импульса (второй шар неподвижен, $V_2 = 0$) имеем:

$$m_1 V_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2, \quad (3)$$

где m_1 – масса правого шара, в г (взвесить на весах лабораторных равноплечих типа ВЛР - 1 кг);

m_2 – масса левого шара, г;

U_1, U_2 – скорости шаров после соударения, м/с;

V_1 – скорость правого шара до соударения, м/с.

Скорость шаров до и после удара можно определить по формулам:

$$V_1 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_{бр}}{2} \quad (4)$$

$$U_1 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (5)$$

$$U_2 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad (6)$$

где l – расстояние от точки подвеса до центра тяжести шаров, м;

$\alpha_{бр}$ - угол бросания, град;

α_1 - угол отскока правого шара, град;

α_2 - угол отскока левого шара, град.

Центральный удар шаров

Коэффициент восстановления скорости можно определить по формуле:

$$k_V = \frac{|\bar{U}_1 - \bar{U}_2|}{|\bar{V}_1 - \bar{V}_2|} \quad (7)$$

Коэффициент восстановления энергии можно определить по формуле:

$$k_E = \frac{m_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} + m_2 \sin^2 \frac{\alpha_2}{2}}{m_1 \sin^2 \frac{\alpha_{6p}}{2}} \quad (8)$$

4. Контрольные вопросы и задания

4.1. Ответьте на следующие контрольные вопросы:

1. Какие виды ударов вы знаете? Дайте их краткую характеристику?
2. Как изменяется кинетическая энергия шаров и их относительная скорость при абсолютно упругом, абсолютно неупругом и неупругом ударах?
3. Что такое коэффициент восстановления? От чего зависит эта величина?
4. Какие физические законы используются для вывода закономерностей удара?
5. От чего зависит время соударения?

4.2. Выполните письменно следующие задания

1. Почему пуля, вылетевшая из ружья, не разбивает оконное стекло, а образует в нем круглое отверстие?
2. Шар массой m_1 со скоростью V_0 налетает на неподвижный шар, масса которого m_2 . Удар центральный, абсолютно упругий. Скорости шаров после удара соответственно равны U_1 и U_2 . Каким соотношениям масс соответствуют следующие значения скорости: $U_1=0$; $U_1<0$; $U_1>0$?
3. Два шара одинаковой массы сталкиваются, причем удар абсолютно упругий, но не центральный. Докажите, что в этом случае угол между направлениями скоростей шаров после удара равен 90° .
4. Шар массой m_1 налетает со скоростью V_0 на неподвижный шар массой m_2 , при $m_1 > m_2$. Удар абсолютно упругий, но не

Центральный удар шаров

центральный. На какой максимальный угол θ может отклониться ударяющий шар?

5. На ните подвешен груз массой m_2 . Пуля, летящая горизонтально, попадает в груз. При этом возможны три случая:

1) пуля, пробив груз и, сохранив часть скорости, летит дальше;

2) пуля застревает в грузе;

3) пуля после удара отскакивает от груза

В каком из этих случаев груз отклонится на наибольший угол α и в каком – на наименьший?

4.3. Для приведенных тестов выберите правильный вариант ответа:

1. Импульсом тела называется произведение:

а) Vt

б) mV

в) at

г) gt

2. Импульсом силы называется произведение:

а) ma

б) FV

в) $F\Delta t$

г) mg

3. Закон изменения импульса имеет вид:

а) $F\Delta t = mV_2 - mV_1$

б) $\Delta P\Delta x \geq h$

в) $F = ma$

г) $FS \cos \alpha = A$

4. При упругом центральном ударе двух шаров

1) механическая энергия переходит в теплоту

2) шары после соударения движутся вместе

3) шары после соударения отделяются и движутся самостоятельно

4) суммарная кинетическая энергия уменьшается

5. При неупругом центральном ударе двух шаров:

1) суммарная кинетическая энергия остается неизменной

2) шары после соударения движутся вместе

3) шары после соударения отделяются и движутся самостоятельно

4) сумма кинетической и потенциальной энергии не изменяется

6. Теплота, выделяющаяся при неупругом ударе шаров равна:

1) разности кинетической и потенциальной энергии до взаимодействия

2) разности кинетической и потенциальной энергии после взаимодействия

3) разности полной механической энергии замкнутой систе-

Центральный удар шаров

мы до взаимодействия и после взаимодействия

4) разности полной механической энергии замкнутой системы до взаимодействия и после взаимодействия

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.А. Курс физики. – М.:Высшая школа, 1994.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Внимание! Лица, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к проведению лабораторной работы не допускаются.

1. Запрещается:

1.1. Включать или выключать электрические рубильники силовых щитов;

1.2. Включать схему (подавать электрическое напряжение) без предварительной её проверки лаборантом или преподавателем;

1.3. Производить любые изменения в схеме в процессе работы;

1.4. Оставлять без присмотра включенную установку.

2. При работе с нагревательными приборами соблюдайте меры противопожарной безопасности, не касайтесь нагревательных элементов руками и горячими предметами.

3. При обнаружении неисправного оборудования, электрических розеток и вилок немедленно сообщайте об этом лаборанту или преподавателю. На неисправном оборудовании работать запрещается.

4. По окончании лабораторной работы обязательно отключите установку от электрического напряжения.