

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №8

УПРУГИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УДАР ШАРОВ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 8

УПРУГИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УДАР ШАРОВ

Цель работы – определить скорость соударяющихся шаров, время соударения, среднюю силу соударения.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка для изучения упругого центрального удара шаров.

Описание экспериментальной установки

Принципиальная схема дана на рис. 1. Установка состоит из двух стальных шаров 1 и 2, подвешенных на проводящих нитях, конденсатора $C1$, сопротивления $R1$, источника напряжения, электромагнитов $L1$ и $L2$, баллистического гальванометра Γ , ключа $K3$, переключателей $K1$ и $K2$.

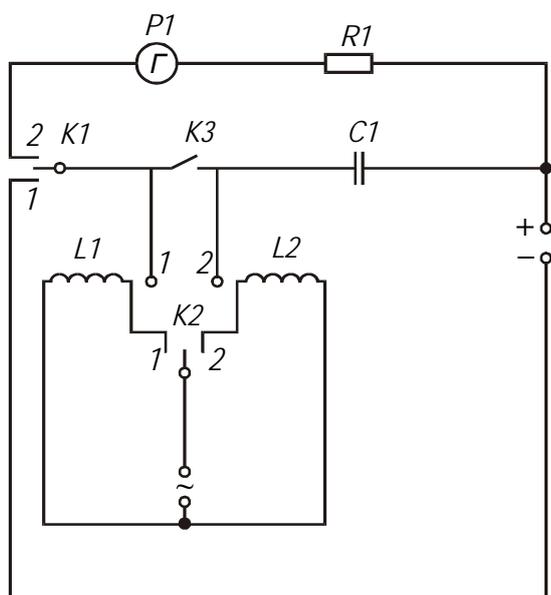


Рисунок 1

При замыкании переключателя $K1$ в положение 1 происходит зарядка конденсатора $C1$ (ключ $K3$ замкнут). Переключая $K1$ в положение 2, конденсатор можно полностью разрядить через гальванометр Γ .

Для того, чтобы разрядить конденсатор $C1$ при разомкнутом ключе $K3$ необходимо шары 1 и 2 привести в соприкосновение, что и происходит во время удара.

Происходит во время удара.

Параметры установки: $R = 220$ Ом; $l = 0,83$ м; $C = 0,5$ мкФ; $U = 100$ В.

Общие положения

Абсолютно упругим называется такой удар, при котором полная механическая энергия тел сохраняется. Удар называется центральным, если шары до удара движутся по прямой, проходящей через их центры.

Задание 1. Определение времени соударения шаров

При ударе шары замыкают электрическую цепь, составленную из заряженного конденсатора, сопротивления и гальванометра. Время, в течение которого шары соударяются, будет равно времени разрядки конденсатора. При разрядке заряд на конденсаторе убывает по закону:

$$q = q_0 e^{-t/RC}, \quad (1)$$

где q_0 – заряд конденсатора в начальный момент времени; q – заряд, оставшийся на конденсаторе через время t ; C – емкость конденсатора; R – сопротивление цепи.

Прологарифмировав соотношение (1), можно найти время соударения шаров:

$$t = RC \ln \frac{q_0}{q}. \quad (2)$$

Для измерения величины заряда используют баллистический гальванометр, отклонение указателя которого пропорционально величине заряда, прошедшего через него. Тогда можно записать следующие соотношения:

$$q_0 = \beta n_0, \quad q = \beta(n_0 - n_1), \quad (3)$$

где n_0 – показание гальванометра, соответствующее заряду, протекающему при полной разрядке конденсатора; n_1 – показание гальванометра, соответствующее заряду, протекающему через гальванометр за время соударения шаров; β – коэффициент пропорциональности.

Подставив (3) в (2), получим:

$$t = RC \ln \frac{n_0}{n_0 - n_1} \quad (4)$$

Задание 2. Определение скорости шаров при соударении

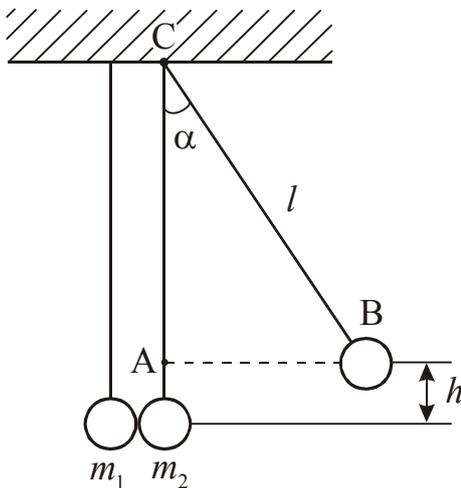


Рисунок 2

Отведем шарик массой m_2 от положения равновесия на угол α (рис. 2). При этом он поднимется на высоту h и приобретет потенциальную энергию

$$W_{\text{п}} = m_2 gh. \quad (5)$$

В момент удара потенциальная энергия полностью переходит в кинетическую энергию

$$W_{\text{к}} = \frac{m_2 v_2^2}{2}. \quad (6)$$

По закону сохранения механической энергии

$$m_2 gh = \frac{m_2 v_2^2}{2}. \quad (7)$$

Отсюда:

$$v_2 = \sqrt{2gh} \quad (8)$$

Из $\triangle ABC$ (см. рис.2) следует, что

$$\cos \alpha = \frac{l - h}{l}.$$

Тогда:

$$h = l(1 - \cos \alpha). \quad (9)$$

Подставим (9) в соотношение (8), получим:

$$v_2 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}. \quad (10)$$

Задание 3. Определение средней силы соударения шаров

При абсолютно упругом ударе выполняются закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии. Обозначим массу первого шарика m_1 , массу второго – m_2 . Первый шарик до удара покоился, т.е. $v_1=0$. Тогда закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии запишутся в виде:

$$m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \quad (11)$$

$$\frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}, \quad (12)$$

где v_2 – скорость второго шарика до удара;
 u_1 и u_2 – скорости шариков после удара.

Решив систему уравнений (11) – (12), можно найти скорости шариков после удара:

$$u_1 = \frac{2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (13)$$

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad (14)$$

Если массы шариков одинаковы, то из (13) следует, что

$$u_1 = v_2,$$

а из (14) следует, что

$$u_2 = 0$$

Это означает, что шары обменялись скоростями, т.е. второй шарик после удара останавливается, а первый приобретает скорость, которую имел второй до удара.

Для нахождения силы F соударения шаров используем второй закон Ньютона в следующем виде:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m_2 \Delta \vec{v}, \quad (15)$$

где $\Delta t = t$ – время соударения шариков;
 Δv – изменение скорости второго шарика; $\Delta v = u_2 - v_2$.

Так как $u_2 = 0$, то

$$F = \frac{m_2 v_2}{t}. \quad (16)$$

Массу шарика рассчитаем по его плотности и известному радиусу:

$$m_2 = \frac{4}{3} \rho \pi r^3, \quad (17)$$

где $r=0,01$ м – радиус шарика, $\rho=7700$ кг/м³ – плотность материала (сталь).

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается время соударения шаров. Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается скорость шаров при ударе. Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.
5. Запишите формулу, по которой рассчитывается средняя сила удара шаров? Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.

Выполнение работы

1. Записать в протокол параметры установки.
2. Включить установку и гальванометр в сеть. Замкнуть ключ $K3$.
3. Зарядить конденсатор. Для этого перевести переключатель $K1$ в положение 1.
4. Полностью разрядить конденсатор. Для этого перевести переключатель $K1$ в положение 2. Записать показания гальванометра n_0 .
5. Повторить измерения согласно пп. 3–4 еще два раза.
6. Зафиксировать магнит $L1$ на отметке «5°» (угол отклонения шарика m_2 5°). Магнит $L2$ установить в такое положение, чтобы после соударения шарик m_1 притянулся к нему и не ударялся о шарик m_2 повторно.
7. Перевести ключ $K2$ в положение 1 и подвести шар к магниту $L1$.
8. Зарядить конденсатор, замкнув ключ $K3$ и установив переключатель $K1$ в положение 1.
9. Разомкнуть ключ $K3$, а ключ $K1$ перевести в положение 2.
10. Ключ $K2$ перевести в положение 2. Записать показания гальванометра n_1 . Повторить опыт три раза.
11. Выполнить измерения согласно пп. 6–10, отклоняя шарик m_2 на угол 10°, а затем на 15°.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать среднее значение показаний гальванометра n_0 .
2. Рассчитать среднее значение показаний гальванометра n_1 для каждого угла.
3. По формуле (4) рассчитать время соударения шаров для каждого угла.
4. По формуле (10) рассчитать скорости шаров в момент удара для каждого угла.
5. По формуле (17) рассчитать массу шарика.
6. По формуле (16) рассчитать среднюю силу соударения шаров для каждого угла.

2. Защита работы *(ответы представить в письменном виде)*

1. Какой удар называется абсолютно упругим? Какие законы сохранения применимы к абсолютно упругому удару шаров?
2. Сформулируйте закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии.
3. Какие законы сохранения применимы к неупругому удару шаров?
4. Сделайте вывод по результатам работы.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №8

Выполнил(а) _____

Группа _____

Параметры установки: $R = \underline{\hspace{1cm}}$ Ом; $l = \underline{\hspace{1cm}}$ м; $C = \underline{\hspace{1cm}}$ мкФ; $U = \underline{\hspace{1cm}}$ В.

Радиус шарика $r = \underline{\hspace{1cm}}$ м,

Плотность материала шарика $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$ кг/м³.

№ п/п	n_0
1	
2	
3	
среднее	

№ п/п	α	n_1	α	n_1	α	n_1
1	5°		10°		15°	
2						
3						
среднее						

Дата _____

Подпись преподавателя _____