



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № ____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____

ВВЕДЕНИЕ

Методика выполнения лабораторных работ, описанных в предлагаемых методических указаниях, строилась с учетом целей и задач, предъявляемых к физическому эксперименту, в соответствии с действующей программой курса физики для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты убеждаются в объективности существования физических законов. Они получают непосредственное представление о методах, применяемых в научных исследованиях, знакомятся с приборами, методами измерения различных физических величин и способами их количественной оценки, методами обработки результатов измерений, приобретают новые практические умения и навыки, расширяют свои политехнические знания и умения, что, безусловно, важно для подготовки будущего инженера. Самостоятельная работа с приборами способствует развитию логического мышления, приучает глубже проникать в суть явлений природы, отличать главное и существенное от второстепенного и случайного, развивает изобретательность и любознательность, расширяет кругозор, формирует мировоззрение.

При выполнении лабораторной работы главным является знание и понимание того, что предстоит *сделать*, как это можно *осуществить* с помощью данного оборудования, и умение *объяснить* физику процессов и явлений, протекающих в работе.

В *организационном* плане недопустимо сводить лабораторные работы только к снятию показаний с приборов. Весь процесс от **предварительной подготовки, проведения экспериментов** и до **составления отчета и защиты** является лабораторной работой и требует одинаково серьезного внимания ко всем этапам процесса.

При подготовке необходимо предварительно до занятия изучить описание лабораторной работы. Приступив к работе, следует строго соблюдать указанный порядок выполнения экспериментальной и расчетной частей работы. **Особенно важно строго соблюдать все установленные в лаборатории правила техники безопасности.**

В *отчете* о лабораторной работе и при ее защите на основе полученных экспериментальных данных, проведенных расчетов и

учета погрешности необходимо дать толкование физических процессов, которые протекали в эксперименте. Необходимо сравнить известные теоретические положения с полученными результатами, проанализировать и критически оценить их, сформулировать обобщающий вывод, который следует из проделанной работы, с указанием личного отношения к значимости знаний и умений, полученных в процессе выполнения работы.

Отчет о проделанной лабораторной работе должен содержать:

1. Стандартно оформленный *титульный лист*.
2. *Теоретическую часть* (цель работы, краткое описание лабораторной установки и методов измерений).
3. *Расчетную часть* (таблицы измерений, графики, расчет искомых величин и их погрешностей).
4. *Вывод*.

При оформлении отчета необходимо обратить внимание на единицы физических величин. Они должны быть указаны в таблицах измерений, на графиках и в выводе.

Во время **защиты** лабораторной работы необходимо ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой работы.

В конце каждой лабораторной работы приведен список литературы, рекомендуемой для самостоятельной подготовки к выполнению и защите лабораторных работ.

Уровень предварительной подготовки к лабораторной работе, осмысленность действий при проведении ее экспериментальной части, оформлении отчета и защите значительно влияет на выставление оценки на экзамене.

Описанные лабораторные установки были усовершенствованы при активном участии учебных мастеров и лаборантов Д.М.Палечека, В.А.Ульянова, Г.А.Лунина, А.И.Хохлова и др.

В постановке работ и подготовке методических указаний к печати в разное время принимали участие доценты М.А.Беняковский, В.В.Мельников, В.И.Попков, Д.И.Сирота, А.К.Стрельцов, Г.Ф.Шитикова, А.А.Демидов, ассистенты Л.В.Василевская, А.М.Цехнович, Е.Ю.Краюшкина.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Основными законами естествознания являются **законы сохранения**. В лабораторных работах №2, 3 вы познакомитесь с действием *закона сохранения количества движения (импульса)* и *закона сохранения энергии* на примере упругого и неупругого ударов.

Закон сохранения импульса: импульс *замкнутой* системы тел является величиной постоянной.

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n (m_i \vec{v}_i) = const. \quad (1)$$

Полная энергия – сумма энергий всех видов в системе.

Закон сохранения полной энергии: полная энергия замкнутой системы является величиной постоянной.

Консервативными называются силы, зависящие только от конфигурации системы, и работа которых по любому замкнутому контуру пути равна нулю.

В системе тел, между которыми действуют только консервативные силы справедлив **закон сохранения механической энергии**

$$E_{\text{мех}} = E_K + E_{\text{П}} = const, \quad (2)$$

где E_K – кинетическая энергия; $E_{\text{П}}$ – потенциальная энергия.

Удар (соударение) – это столкновение двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время.

Физические явления, возникающие при столкновении достаточно сложны. Сталкивающиеся тела деформируются, возникают упругие силы и силы трения, в телах возбуждаются колебания и волны и т.д. Если в процессе удара влиянием внешних сил можно пренебречь тогда система соударяющихся тел является *замкнутой*, следовательно, импульс и полная энергия сохраняется.

Уменьшение механической энергии при ударе характеризуется **коэффициентом восстановления скорости** ε , равном отношению проекций на линию удара относительных скоростей тел после $|v'_{2n} - v'_{1n}|$ и до $|v_{2n} - v_{1n}|$ удара:

$$\varepsilon = \frac{|v'_{2n} - v'_{1n}|}{|v_{2n} - v_{1n}|}. \quad (3)$$

Для **абсолютно упругого** удара $\varepsilon = 1$, для **абсолютно неупругого** удара $\varepsilon = 0$ и для **реальных** ударов $0 < \varepsilon < 1$. Чем ближе значение коэффициента восстановления к единице, тем больше действие упругих сил при ударе. Величина коэффициента восстановления зависит от физических свойств материалов тел, их формы, массы.

При **абсолютно упругом** ударе сохраняется импульс, механическая и полная энергии, т.е. кинетическая энергия соударяющихся тел превращается в потенциальную энергию упругой деформации, а после удара она полностью переходит обратно в кинетическую энергию тел. Форма тел при этом восстанавливается.

Для случая абсолютно упругого соударения двух тел

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2', \quad (4)$$

$$\frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} = \frac{m_1 \vec{v}_1'^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2'^2}{2}. \quad (5)$$

При **абсолютно неупругом** ударе кинетическая энергия тел вследствие деформации полностью или частично переходит в тепловую или другие формы энергии, т.е. происходит потеря механической энергии под действием *диссипативных* сил. После такого удара тела движутся с одинаковыми скоростями или покоятся. Следовательно, при абсолютно неупругом ударе сохраняется импульс системы и полная энергия, а механическая энергия не сохраняется.

Для абсолютно неупругого соударения двух тел

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}, \quad (6)$$

$$\frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \vec{v}^2}{2} + \Delta E, \quad (7)$$

здесь ΔE – кинетическая энергия, перешедшая в тепловую или в другие формы энергии.

Для **абсолютно упругого** удара $\varepsilon = 1$, для **абсолютно неупругого** удара $\varepsilon = 0$ и для **реальных** ударов $0 < \varepsilon < 1$. Чем ближе значение коэффициента восстановления к единице, тем больше действие упругих сил при ударе. Величина коэффициента восстановления зависит от физических свойств материалов тел, их формы, массы.

При **абсолютно упругом** ударе сохраняется импульс, механическая и полная энергии, т.е. кинетическая энергия соударяющихся тел превращается в потенциальную энергию упругой деформации, а после удара она полностью переходит обратно в кинетическую энергию тел. Форма тел при этом восстанавливается.

Для случая абсолютно упругого соударения двух тел

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2', \quad (4)$$

$$\frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} = \frac{m_1 \vec{v}_1'^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2'^2}{2}. \quad (5)$$

При **абсолютно неупругом** ударе кинетическая энергия тел вследствие деформации полностью или частично переходит в тепловую или другие формы энергии, т.е. происходит потеря механической энергии под действием *диссипативных* сил. После такого удара тела движутся с одинаковыми скоростями или покоятся. Следовательно, при абсолютно неупругом ударе сохраняется импульс системы и полная энергия, а механическая энергия не сохраняется.

Для абсолютно неупругого соударения двух тел

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}, \quad (6)$$

$$\frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \vec{v}^2}{2} + \Delta E, \quad (7)$$

здесь ΔE – кинетическая энергия, перешедшая в тепловую или в другие формы энергии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ НЕУПРУГОГО СОУДАРЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СНАРЯДА

Цель лабораторной работы – рассмотреть один из видов ударов тел – абсолютно неупругий удар и ознакомиться с применением законов сохранения.

Оборудование: маятник, пушка, шкала с указателем. *Получить:* два снаряда разной массы и шомпол.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ

Установка состоит из маятника и пушки (рис. 1). Маятник представляет собой пустотелый цилиндр, заполненный пластилином и подвешенный на четырех параллельных нитях. Вылетающий из пушки снаряд попадает в пластилин и деформирует его. В результате неупругого удара снаряд и маятник с пластилином начинают двигаться с одинаковой скоростью. Маятник отклоняется на некоторый угол, а его центр тяжести, также как любая точка

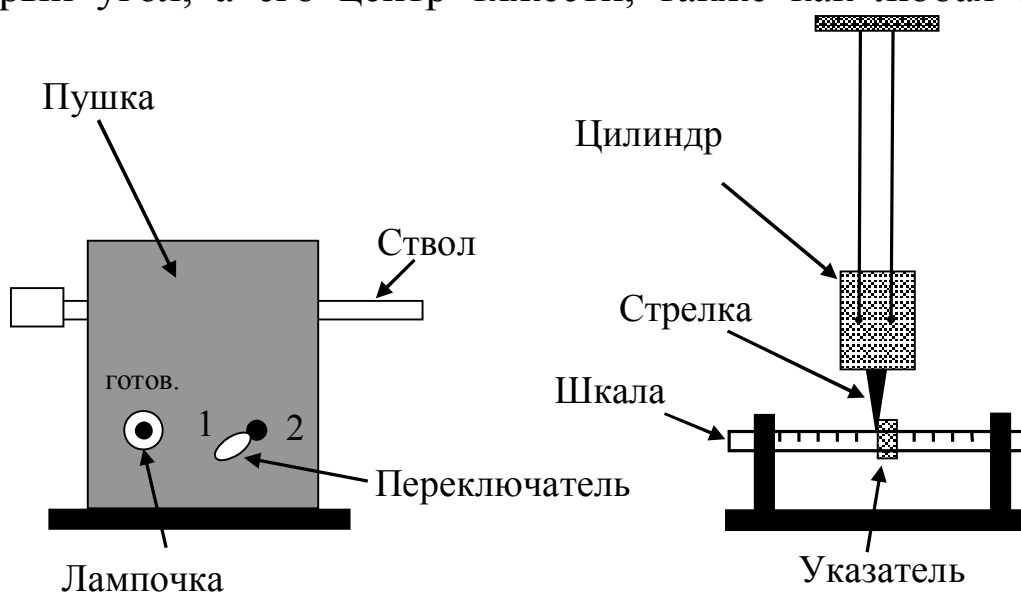


Рис. 1

цилиндра, поднимается на высоту h (см. рис. 2). Стрелка, жестко скрепленная с цилиндром, позволяет измерить по шкале наибольшее отклонение S_i маятника от положения равновесия.

Полагая, что удар снаряда о пластилин является абсолютно неупругим, запишем закон сохранения количества движения в следующем виде

$$mv = (M + m)u, \quad (1)$$

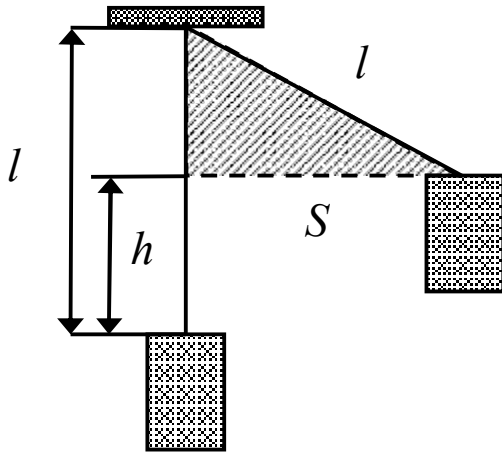


Рис. 2

где m – масса снаряда, v – его скорость непосредственно перед ударом, M – масса цилиндра, u – скорость снаряда и маятника сразу после удара. Скорость u можно определить, применяя закон сохранения механической энергии. Полная механическая энергия системы снаряд + маятник в нижней точке сразу после удара равна полной механической энергии системы снаряд + маятник в верхней точке подъема, так как система находится в потенциальном поле силы

тяжести. Следовательно, кинетическая энергия маятника и снаряда, которой оба тела обладают после удара, превратится в потенциальную энергию этих тел

$$\frac{(M + m)u^2}{2} = (M + m)gh, \quad (2)$$

$$u = \sqrt{2gh}. \quad (3)$$

Решая (1) и (3) уравнение совместно, получим

$$v = \frac{M + m}{m} \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

Для нахождения h рассмотрим заштрихованный треугольник на рис. 2. Видно, что

$$(l - h)^2 = l^2 - S^2, \text{ тогда } h = l - \sqrt{l^2 - S^2}. \quad (5)$$

Учитывая равенство (5), формула (4) примет вид:

$$v = \frac{M + m}{m} \sqrt{2g \left(l - \sqrt{l^2 - S^2} \right)}. \quad (6)$$

Упростим полученную формулу (6). Перепишем ее в следующем виде

$$v = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gl \left[1 - \left(1 - \frac{S^2}{l^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}.$$

Если $\frac{S^2}{l^2} < 1$, то можно данную функцию представить в виде степенного ряда по Тейлору

$$\left[1 - \frac{S^2}{l^2} \right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{S}{l} \right)^2 + \frac{1}{2 \cdot 3} \left(\frac{S}{l} \right)^4 + \dots$$

Так как $\frac{S^2}{l^2} \ll 1$, то можно ограничиться только двумя первыми членами разложения. Учитывая это, окончательно получим формулу для расчета скорости снаряда до удара

$$v = \frac{M+m}{m} S \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (7)$$

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Соблюдайте общие правила техники безопасности при использовании электрических приборов.
2. Соблюдайте осторожность, производя выстрелы из пушки.
3. Не включайте установку без предварительной проверки и разрешения преподавателя или лаборанта.
4. Не оставляйте установку без присмотра во включенном состоянии.
5. Не загромождайте рабочее место посторонними предметами.
6. При выявлении неисправностей быстро отключите установку сообщите о неисправности преподавателю.
7. По завершении работы не забудьте отключить установку от сети.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Взвесить снаряды и маятник на соответствующих весах.
2. Подвинуть указатель на измерительной шкале вплотную к стрелке маятника.
3. Вставить снаряд в ствол с помощью шомпола (до упора).
4. Переключатель установить в положение 1 (зарядка конденсатора).
5. Примерно через $10 \div 15$ с загорится лампочка (конденсатор заряжен). Затем перевести переключатель в положение 2 – **произойдет выстрел.**
6. Произвести отсчет отклонения маятника от положения равновесия S_i по шкале.
7. Опыт проделать 5 раз.
8. Провести аналогичные измерения, используя второй снаряд.
9. Найти S_{cp} для каждого снаряда, затем рассчитать v_{cp} и занести результаты в Таблицу 1.
10. Рассчитать долю кинетической энергии, затраченной на пластическую деформацию пластилина.
11. Рассчитать погрешность полученных результатов.

Таблица 1

№ опыта	M , кг	l , м	m_1 , кг	S_i , м Для первого снаряда	v_{cp} , м/с Для первого снаряда	m_2 , кг	S_i , м Для второго снаряда	v_{cp} , м/с Для второго снаряда
1								
2								
3								
4								
5								
				$S_{cp} =$			$S_{cp} =$	

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Расчетное уравнение:

$$v_{cp} = \frac{M+m}{m} S_{cp} \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (8)$$

Относительную ошибку вычислить по формуле

$$W = \frac{\sigma_v}{v_{cp}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M+m}\right)^2 + \left[\left(\frac{1}{M+m} + \frac{1}{m}\right)\sigma_m\right]^2 + \left(\frac{\sigma_s}{S_{cp}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_l}{2l}\right)^2}, \quad (9)$$

где $\sigma_m, \sigma_M, \sigma_l$ – систематические ошибки при определении m, M, l ; σ_s – случайная ошибка, которая рассчитывается по формуле

$$\sigma_s = t_{\alpha,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - S_{cp})^2}{n(n-1)}}, \quad (10)$$

где $t_{\alpha,n}$ – коэффициент Стьюдента, n – количество опытов, $\alpha = 0,95$ – доверительная вероятность.

Абсолютную погрешность вычислить по формуле

$$\sigma_v = W v_{cp}. \quad (11)$$

$$\text{Ответ представить в виде } v = v_{cp} \pm \sigma_v. \quad (12)$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение удару, коэффициенту восстановления, абсолютно упругому удару, абсолютно неупругому удару.

2. Сформулируйте и запишите закон сохранения импульса. Что такое масса, скорость, импульс, замкнутая система.

3. Дайте определение кинетической энергии, потенциальной энергии, внутренней энергии, потенциальному полю, консервативной силе.

4. Сформулируйте закон сохранения механической энергии и закон сохранения полной энергии. Выполняются ли они в данной работе?

5. Выведите формулу для определения скорости снаряда.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И.Трофимова.–М.: Высш. шк., 2003. – § 9, 11, 12, 13, 15.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика: учеб. пособие для студентов втузов. – 2–е изд., перераб. – М.: Наука, 1999. – § 22, 23, 27, 30.
3. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5 т./Д.В. Сивухин.–М.: Физматлит, МФТИ, 2002.
4. Детлаф, А.А. Курс физики/А.А.Детлаф. Б.М.Яворсткий.– М.: Высш. шк., 2000.