

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра Общей и технической физики**

**ФИЗИКА**

**Механика. Соударение тел**

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2017 г.**

УДК 531/534(075.80)

**Физика. Механика. Соударение тел.** Методические указания к выполнению лабораторных работ. Смирнова Н.Н., Фицак В.В. / Санкт-Петербургский горный университет. С-Пб, 2017, 20 с.

Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме «Соударение тел» раздела «Механика» предназначены для бакалавров, специалистов и магистров всех направлений и форм обучения.

В методической разработке представлены краткие теоретические основы и цели лабораторных работ, порядок их выполнения и обработка полученных результатов измерений. Изложены требования к содержанию и рекомендации к подготовке, выполнению и защите отчетов по лабораторным работам. Сформулированы контрольные вопросы и приведены необходимые справочные материалы.

Авторы выражают благодарность старшему инженеру кафедры общей и технической физики Г.П. Смирновой за техническую помощь в работе.

Табл.10 . Ил.1 . Библиогр.: 12 назв.

Научный редактор доц. Н.Н. Смирнова.

© Санкт-Петербургский горный  
университет, 2017 г.

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Общая цель выполнения любой работы из лабораторного практикума, как и преподавания дисциплины в целом - обеспечить приобретение знаний и умений по физике в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС).

Лабораторный практикум является одной из форм образовательных технологий и направлен на формирование общих и профессиональных компетенций.

В результате выполнения лабораторной работы студенты приобретают навыки использования современной научной аппаратуры для проведения физического эксперимента и научных исследований; осваивают методы физического исследования, которые включают планирование, постановку и обработку результатов эксперимента (компьютерную, аналитическую, графическую); учатся работать самостоятельно и систематизировать информацию по теме исследований.

Методические указания к лабораторной работе предназначены для самостоятельной работы студентов. Они содержат основные теоретические сведения по теме, а также порядок выполнения и оформления лабораторной работы.

При выполнении лабораторной работы, студент должен понимать физический смысл данного явления или процесса рассматриваемого в лабораторной работе. Поэтому к выполнению работы целесообразно приступать только после изучения теоретического и методического материала соответствующего данному разделу, используя при этом как данную методическую разработку, так и рекомендуемую учебную литературу.

## **2. СОУДАРЕНИЕ ТЕЛ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ**

*Удар* (столкновение, соударение) – взаимодействие тел, при котором происходит их деформация, то есть изменение их формы или размера. Длительность взаимодействия при этом равна нулю (мгновенное событие). Применяется в качестве модели для описания реальных взаимодействий, длительностью которых можно пренебречь в условиях данной задачи.

Предельные виды: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удар.

*Абсолютно упругий удар* - удар, после которого форма и размеры тел восстанавливаются полностью до состояния, предшествующего столкновению. При этом ударе механическая энергия тел не переходит в другие, немеханические виды энергии.

При таком ударе кинетическая энергия движения соударящихся тел переходит в потенциальную энергию упругой деформации, а затем потенциальная энергия упругой деформации снова переходит в кинетическую энергию. Тела разлетаются со скоростями, величина и направление которых определяются законом сохранения полной механической энергии и законом сохранения импульса.

*Абсолютно неупругий удар* – столкновение (удар) двух тел, после которого форма и размеры тел не восстанавливаются. При этом ударе кинетическая энергия полностью или частично превращается во внутреннюю энергию, приводя к повышению температуры тел. После удара столкнувшиеся тела либо движутся вместе с одинаковой скоростью, либо покоятся. При абсолютно неупругом ударе выполняется только закон сохранения импульса.

**Основные характеристики центрального удара на примере двух шаров.**

Если до удара шары движутся вдоль прямой линии, проходящей через их центры масс, то такой удар называется *центральным*.

Законы сохранения справедливы для замкнутых механических систем, в которых нет взаимодействия с окружающей средой (внешние силы отсутствуют). Или, для незамкнутых

механических систем, в которых внешние силы, приложенные к телам системы, уравновешивают друг друга.

Будем предполагать, что шары образуют замкнутую механическую систему.

### **Абсолютно неупругий удар**

В соответствии с законом сохранения импульса

$$m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20} = (m_1 + m_2) \vec{v} \quad (1)$$

Вектор скорости

$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

Величина скорости

$$v = \frac{m_1 v_{10} \pm m_2 v_{20}}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

Здесь знак (+) соответствует движению тел в одном направлении, а знак (-) – движению тел навстречу друг другу.

Количество механической энергии перешедшей во внутреннюю энергию (в тепло) равно разности энергий до удара ( $W_{10} + W_{20}$ ) и после удара  $W$ :

$$Q = (W_{10} + W_{20}) - W = \frac{m_1 v_{10}^2}{2} + \frac{m_2 v_{20}^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} \quad (4)$$

здесь:  $m_1$ ,  $m_2$  – массы шаров;  $\vec{v}_{10}$ ,  $\vec{v}_{20}$ ,  $W_{10}$ ,  $W_{20}$  – скорости и энергии шаров до удара;  $\vec{v}$ ,  $W$  – скорость и энергия обоих шаров после удара.

### **Частные случаи.**

1. Ударяемое тело ( $m_2$ ) неподвижно ( $v_{20}=0$ ).

Из формулы (3) следует, что модуль скорости после удара определяется по формуле

$$v = \frac{m_1 v_{10}}{m_1 + m_2} \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) можно получить следующую теоретическую зависимость для количества тепла  $Q_T$  от отношения масс ( $m_2/m_1$ )

$$Q_T = \frac{m_1 v_{10}^2}{2} \left( \frac{\frac{m_2}{m_1}}{1 + \frac{m_2}{m_1}} \right) = W_{10} \left( \frac{\frac{m_2}{m_1}}{1 + \frac{m_2}{m_1}} \right) \quad (6)$$

2. Масса ударяемого тела велика по сравнению с налетающим телом, ( $m_2 >> m_1$ ).

Из (4) следует

$$Q_T \approx \frac{m_1 v_{10}^2}{2} \quad (7)$$

То есть, в этом случае почти вся кинетическая энергия переходит в тепло.

3. Масса ударяемого тела мала по сравнению с налетающим телом, ( $m_2 \ll m_1$ )

Из формулы (5) получаем:

$$v = \frac{m_1 v_{10}}{m_1 + m_2} \approx v_{10} \quad (8)$$

Соответственно из формулы (4) получаем, что  $Q \approx 0$ , то есть, кинетическая энергия движущегося шара переходит в кинетическую энергию системы

### **Абсолютно упругий удар**

Используя закон сохранения импульса и закон сохранения энергии можно записать систему уравнений

$$m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \quad (9)$$

$$\frac{m_1 \vec{v}_{10}^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_{20}^2}{2} = \frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} \quad (10)$$

Решение системы этих двух уравнений позволяет получить следующие формулы для скоростей шаров после удара

$$\vec{v}_1 = \frac{2m_2\vec{v}_{20} + (m_1 - m_2)\vec{v}_{10}}{m_1 + m_2} \quad (11)$$

$$\vec{v}_2 = \frac{2m_1\vec{v}_{10} + (m_2 - m_1)\vec{v}_{20}}{m_1 + m_2} \quad (12)$$

$\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  - скорости шаров после удара.

#### **Частные случаи.**

1. Массы шаров одинаковы, ( $m_1=m_2$ ).

Из формул (11) и (12) в этом случае получим:

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{20}, \quad \vec{v}_2 = \vec{v}_{10}$$

То есть, шары при соударении обмениваются скоростями.

2. Один из шаров, например, второй неподвижен ( $v_{20}=0$ ).

После удара он будет двигаться со скоростью равной скорости первого шара (и в том же направлении), а первый шар остановится.

3. Удар шара о массивную стенку массой  $m_2$ , ( $m_2 \gg m_1$ ).

Из формул (11) и (12) получим:

$$\vec{v}_1 = 2\vec{v}_{20} - \vec{v}_{10}, \quad \vec{v}_2 = \frac{2m_1}{m_2}\vec{v}_{10} + \vec{v}_{20} \approx \vec{v}_{20}$$

4. Скорость стенки  $v_{20}$  остаётся неизменной (стена неподвижна,  $v_{20}=0$ ).

Удариившийся о стену шарик отскочит обратно практически с той же скоростью, то есть  $\vec{v}_1 = -\vec{v}_{10}$ .

В данной лабораторной работе объектами взаимодействия являются лабораторные тележки.

### **3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ УПРУГОГО И НЕУПРУГОГО СТОЛКНОВЕНИЯ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ТЕЛ**

**Цель работы** – исследовать упругое и неупругое столкновение двух тел, при их поступательном движении; изучить

законы сохранения импульса и энергии; выполнить сравнительную оценку экспериментальных и теоретических данных.

## **Порядок выполнения работы и обработка результатов**

### **I. Исследование упругого столкновения**

*Измерения в случае, когда масса второй тележки много больше, чем масса первой тележки*

( $m_2 \gg m_1$  где  $m_1$  – масса левой тележки)

1. Во внутренние торцы тележек вставьте штекеры с резинкой и пластинкой. Во внешний торец правой тележки вставьте штекер с иглой. В правый край рельса вставьте штекер с иглой и наденьте на иглу пробку. Соедините правую тележку с пробкой. Тем самым правая тележка будет соединена с рельсом, и массу  $m_2$  можно считать бесконечно большой.

2. Установите правый световой барьер на расстоянии  $\sim 20$  см от правой тележки, ( $\sim 100$  см по шкале).

3. Взведите спусковое устройство и подведите к нему вплотную левую тележку (без грузов).

4. Включите таймер, повернув переключатель режимов работы так, чтобы работали все четыре дисплея.

5. Спустите защелку пускового устройства.

Левая тележка начнет двигаться со скоростью  $v_{10}$ , доедет до правой тележки, упруго столкнется с ней и поедет назад.

6. Время пересечения светового барьера при движении вправо (в прямом направлении) покажет третий дисплей таймера (считая слева). Это время  $t_{10}$  соответствует скорости  $v_{10}$ .

Время пересечения при обратном движении покажет четвертый дисплей. Это время  $t_1$ , соответствует скорости  $v_1$  после столкновения.

7. Повторите пункты 3-7 пять раз, перед каждым измерением обнулите показания таймера.

8. Запишите значения  $t_{10}$  и  $t_1$  в табл. 1. По этим значениям вычислите  $v_{10}$  и  $v_1$  по формулам  $v_{10} = \frac{\ell}{t_{10}}$ ,  $v_1 = \frac{\ell}{t_1}$ . Здесь  $\ell = 0,1\text{ м}$  – длина пластинок, вставленных в тележки.

Таблица 1

Величина	$t_{10}$	$v_{10}$	$t_1$	$v_1$
Единицы измерений	с	м/с	с	м/с
Номер опыта				
1				
2				
...				
...				

9. Сравните  $v_{10}$  и  $v_1$  между собой и с теоретическими выводами.

Согласно теории при  $m_2 \gg m_1$  и, когда второе тело ( $m_2$ ) неподвижно ( $v_{20} = 0$ ), должно быть  $\vec{v}_1 = -\vec{v}_{10}$  т.е. тело отскакивает назад без потери скорости.

*Измерения при различных значениях массы тележки.*

Проведите измерения, меняя массу правой тележки ( $m_2$ ) в следующем порядке:

1. Отсоедините правую тележку ( $m_2$ ) от рельса.

2. Установите левый световой барьер на расстоянии  $\sim 25$  см (по линейке на рельсе), а правый световой барьер на расстоянии  $\sim 70$  см.

3. Взведите пусковое устройство и подвиньте к нему вплотную тележку( $m_1$ ) без грузов.

4. Правую тележку ( $m_2$ ) установите между световыми барьерами, так чтобы пластина на правой тележке немного не доходила до правого светового барьера.

5. Спустите защелку пускового устройства.

Левая тележка начнет двигаться, столкнется с правой тележкой. После столкновения левая тележка остановится ( $v_1 = 0$ ), а правая начнет двигаться со скоростью  $v_2$ .

6. Придержите тележку после того как она пройдёт через световой барьер, чтобы не произошло удара о торец рельса.

7. Измерьте время ( $t_{10}$ ) по первому дисплею, оно соответствует скорости левой тележки до удара ( $v_{10}$ ). Измерьте время ( $t_1$ ) по третьему дисплею, оно соответствует скорости правой

тележки после столкновения ( $v_2$ ) (по теории при  $m_2 = m_1$  и  $v_1 = 0$ ,  $\vec{v}_2 = \vec{v}_{10}$ ).

При дополнительных грузах на правой тележке ( $\Delta m \geq 250\text{г}$ ) левая тележка будет двигаться обратно и пройдет через световой барьер в обратном направлении. Измерьте время этого прохождения  $t_1$  по второму дисплею. Это время соответствует движению со скоростью левой тележки после удара ( $v_1$ ) (табл. 2).

8. Повторите измерения 5 раз.

9. Повторите п. 2-7 для разных масс  $m_2$ , устанавливая на правую тележку дополнительные грузы ( $\Delta m = 250\text{г}, 300\text{г}, \dots, 400\text{г}$ ).

10. Полученные результаты измерений занесите в табл.2.

Таблица 2.

Величина	$m_1$	$m_2$	$\ell$	$t_{10}$	$t_1$	$t_2$	$v_{10}$	$v_1$	$v_2$
Единицы измерений	кг	кг	м	с	с	с	м/с	м/с	м/с
Номер опыта									
1	0,4	0,4	0,1						
...		...							
n	0,4	0,8							

Замечание: в таблице приведены ориентировочные значения масс. Точное значение масс определяется взвешиванием тележки.

11. По измеренным данным вычислите импульсы  $P_{10}$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  и кинетические энергии тележек ( $W_{10}$ ,  $W_1$ ,  $W_2$ ). Результаты занесите в таблицу 3.

Таблица 3.

Величина	$M_1$	$m_2$	$P_{10}$	$P_1$	$P_2$	$P_2-P_1$	$W_{10}$	$W_1$	$W_2$	$W_2+W_1$
Единицы измерений										
Номер опыта										
1		...								
2		...								
...		...								

12. На основе вычисленных значений импульсов и энергий сделайте вывод о выполнении законов сохранения импульса и энергии.

## ***II. Исследование неупругого столкновения***

1. Во внутренние торцы тележек вставьте штекеры - в правую с иглой, а в левую с пробкой.

2. Установите левый световой барьер на расстоянии  $\sim 25\text{cm}$  (по линейке на рельсе), а правый световой барьер на расстоянии  $\sim 70\text{cm}$ .

3. Взведите спусковое устройство и подведите к нему вплотную тележку ( $m_1$ ) без грузов.

4. Правую тележку ( $m_2$ , вначале без грузов) установите между световыми барьерами так, чтобы пластиинка на правой тележке немного не доходила до правого светового барьера.

5. Спустите защелку спускового устройства.

6. Левая тележка начнет двигаться, столкнется с правой тележкой. После столкновения тележки будут двигаться вместе с некоторой скоростью  $v$ .

7. Измерьте время  $t_{10}$  по первому дисплею. Оно соответствует скорости левой тележки до удара ( $v_{10}$ ). Измерьте время  $t$  по третьему дисплею. Оно соответствует скорости тележек после удара ( $v$ ).

8. Повторите измерения (пп.3 - 7) 3 раза.

9. Повторите пп. 3 - 8 для разных масс  $m_2$ , устанавливая на правую тележку дополнительные грузы 50 г, 100 г, 150 г, 200 г, 250г.

10. Полученные результаты измерений занесите в таблицу 4.

Таблица 4

Величина	$m_1$	$m_2$	$l$	$t_{10}$	$t$	$v_{10}$	$v$
Единицы измерений	кг	кг	м	с	с	м/с	м/с
Номер опыта							
	0,4	0,4	0,1				
	0,4	0,45					
	0,4	0,5					
	0,4	0,55					
	0,4	0,6					
	0,4	0,65					

11. По измеренным данным вычислите импульсы  $P_{10}$ ,  $P$ , кинетические энергии  $W_{10}$ ,  $W$  и экспериментальное значение количества тепла  $Q_{\text{эксп.}} = W_{10} - W$ , выделившееся при ударе. Результаты вычислений занесите в таблицу 5.

Таблица 5

Величина	$m_1$	$m_2$	$m_2/m_1$	$p_{10}$	$p$	$W_{10}$	$W$	$Q_{\text{эксп.}}$
Единицы измерений	кг	кг		кг·м/с	кг·м/с	Дж	Дж	Дж
Номер опыта								
	0,4	0,4						
	0,4	0,45						
	0,4	...						
	0,4	...						

12. На основе вычисленных значений импульсов сделайте вывод о выполнении закона сохранения импульса.

13. По формуле (6) вычислите теоретическое значение количества тепла  $Q_t$ , выделившееся при ударе, в зависимости от отношения масс  $m_2/m_1$ . Значения  $m_2/m_1$  берите от 0 до 2 через 0,125. Для  $W_{10}$  возьмите экспериментальное значение.

14. Полученные результаты занесите в таблицу 6.

Таблица 6

Величина	$m_2/m_1$	$W_{10}$	$Q_t$
Единицы измерений			
Номер опыта			
1	0		
2	1,125		
3	1,25		
...	...		

15. По вычисленным значениям постройте график зависимости  $Q_t$  от  $m_2/m_1$ . На этот же график нанесите экспериментальные значения  $Q_{\text{эксп.}}$ .

16. Проанализируйте экспериментальные и теоретические данные. Определите, на сколько процентов они отличаются. Убедитесь, что  $Q_{\text{эксп.}}$  близко к теоретическому значению  $Q_t$ . Кроме того, при увеличении  $m_2/m_1$ ,  $Q_t$  должно увеличиваться (при  $m_2/m_1 \rightarrow \infty$   $Q_t$  стремится к  $W_{10}$ ).

#### **4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ УПРУГОГО И НЕУПРУГОГО СТОЛКНОВЕНИЯ ТЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПНЕВМОДОРОЖКИ**

**Цель работы** – исследовать упругое и неупругое столкновение двух тел; изучить законы сохранения импульса и энергии; выполнить сравнительную оценку экспериментальных и теоретических данных.

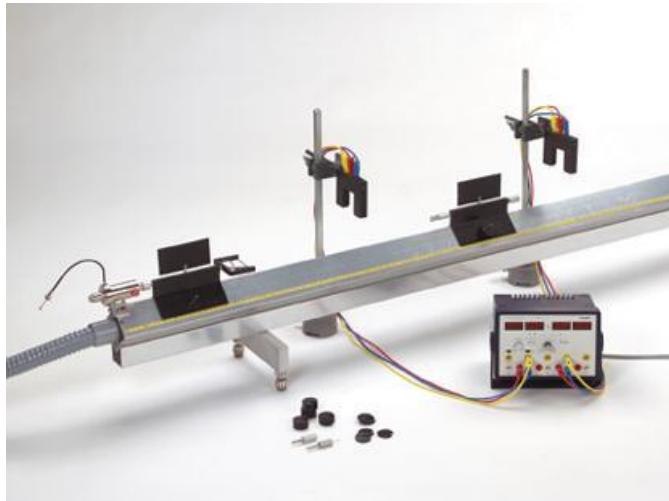


Рис. 1. Экспериментальная установка "Пневмодорожка".

#### **Порядок выполнения работы и обработка результатов**

1. Включить приборы (переключатели находятся на задней панели приборов) Air Blower/Gebläse и Time 4-4/Zeitmesgerät.
2. Обнулить таймер.
3. Установить переключатель таймера на позицию  $\begin{matrix} \leftarrow & . & \rightarrow \\ \rightarrow & . & \leftarrow \end{matrix}$   
 $\dots 1 \dots 3$
4. Подать воздух с прибора Air Blower/Gebläse, установив переключатель на позицию 4.

Далее порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов соответствуют пункту 3. *Лабораторная работа. Изучение упругого и неупругого столкновения при поступательном движении тел* (стр. 7).

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого удара?
2. Что называется механической системой?
3. Какие системы являются замкнутыми?
4. В чём заключается закон сохранения импульса?
5. Каким свойством пространства обуславливается справедливость закона сохранения импульса?
6. В чём заключается закон сохранения полной механической энергии?
7. Для каких систем выполняется закон сохранения полной механической энергии?
8. В каких случаях закон сохранения полной механической энергии не выполняется?
9. В чём физическая сущность закона сохранения и превращения энергии?
10. Следствием каких законов являются выражения для скоростей тел после центрального абсолютно упругого удара?

## **6. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Отчёт оформляется в печатном виде на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой ОТФ, в котором помимо стандартного титульного листа должны быть раскрыты следующие пункты:

- I. Цель работы.
- II. Краткое теоретическое содержание:
  1. Явление, изучаемое в работе.

2. Определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин.

3. Законы и соотношения, описывающие изучаемые процессы, на основании которых получены расчётные формулы.

4. Пояснения к физическим величинам и их единицы измерений.

III. Схема установки.

IV. Расчётные формулы.

V. Формулы погрешностей косвенных измерений.

VI. Таблицы с результатами измерений и вычислений.

(Таблицы должны иметь номер и название. Единицы измерения физических величин должны быть указаны в отдельной строке.)

VII. Пример вычисления (для одного опыта):

1. Исходные данные.

2. Вычисления.

3. Окончательный результат.

VIII. Графический материал:

1. Аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить.

2. На осях координат указать масштаб, физические величины и единицы измерения.

3. На координатной плоскости должны быть нанесены экспериментальные точки.

4. По результатам эксперимента, представленным на координатной плоскости, провести плавную линию, аппроксимирующую функциональную теоретическую зависимость в соответствии с методом наименьших квадратов.

5. Анализ полученного результата.

6. Выводы.

## 7. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ

1. Графики строятся с использованием компьютера.

2. Перед построением графика необходимо четко определить, какая переменная величина является аргументом, а какая функцией. Значения аргумента откладываются на оси абсцисс (ось  $x$ ), значения функции - на оси ординат (ось  $y$ ).

3. Из экспериментальных данных определить пределы изменения аргумента и функции.

4. Указать физические величины, откладываемые на координатных осях, и обозначить единицы величин.

5. На осях координат указать масштаб (при очень больших или очень малых величинах, показательную часть в записи величины указать рядом с единицами измерений на оси).

6. Нанести на график экспериментальные точки, обозначив их (крестиком, кружочком, жирной точкой).

7. Провести через экспериментальные точки плавную линию, в соответствии с выбранным законом аппроксимации экспериментальных данных, по методу наименьших квадратов.

## **8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТЧЕТА**

К защите допускаются студенты, подготовившие отчет в соответствии с требованиями к его содержанию в установленные сроки. После проверки преподавателем содержания отчёта, при наличии ошибок и недочетов, работа возвращается студенту на доработку.

При правильном выполнении лабораторной работы, соблюдении всех требований к содержанию и оформлению отчёта, студент допускается к защите.

Для успешной защиты отчета необходимо изучить теоретический материал по теме работы, а так же освоить математический аппарат, необходимый для вывода расчетных формул работы.

При подготовке к защите, помимо данного методического указания, необходимо использовать учебники и другие учебные пособия, рекомендованные к учебному процессу кафедрой ОТФ и Министерством образования и науки.

Во время защиты студент должен уметь ответить на вопросы преподавателя в полном объеме теоретического и методического содержания данной лабораторной работы, уметь самостоятельно вывести необходимые расчётные формулы, выполнить анализ полученных зависимостей и прокомментировать полученные результаты.

## 9. СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 7

Множители, приставки для образования десятичных и кратных единиц

Множитель	Приставка		Множи- тель	Приставка	
	Наимено- вание	Обозна- чение		Наимено- вание	Обозна- чение
$10^{12}$	Тера	Т	$10^{-2}$	Санти	с
$10^9$	Гига	Г	$10^{-3}$	Милли	м
$10^6$	Мега	М	$10^{-6}$	Микро	мк
$10^3$	Кило	к	$10^{-9}$	Нано	н
$10^{-1}$	Деци	д	$10^{-12}$	Пико	п

Таблица 8

Основные физические постоянные.

Физическая величина	Численное значение
Атомная единица массы (унифицированная)	$1 \text{ у.а.м.} = 1,660531(111)10^{-27} \text{ кг} = 931,481(52) \text{ МэВ.}$
Заряд элементарный	$e = 1,6021917(70)10^{-19} \text{ Кл.}$
Заряд удельный электрона	$\frac{e}{m_e} = 1,7588028(54)10^{11} \text{ Кл}\cdot\text{кг}^{-1}.$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,674920(11)10^{-27} \text{ кг},$ $M_n = 1,00866520(10) \text{ а.е.м.}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,672614(11)10^{-27} \text{ кг},$ $M_p = 1,00727661(8) \text{ а.е.м.}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109558(54) 10^{-31} \text{ кг},$ $M_e = 5,485930(34) 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
Постоянная Планка	$\hbar = 6,626196(50)10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с},$ $\hbar = 1,0545919(80)10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с.}$
Постоянная Ридберга	$R' = 1,09737312(11) 10^7 \text{ м}^{-1}.$
Скорость света в вакууме	$c = 2,9979250(10) 10^8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}.$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}\cdot\text{м}^{-1}.$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн}\cdot\text{м}^{-1}.$

Таблица 9

## Основные величины, их обозначения и единицы величин в СИ

Величина		Единица		
Наименование	Размер-ность	Наименование	Обозначение	
			Международное	русское
Длина	L	метр	<i>m</i>	<i>м</i>
Время	T	секунда	<i>s</i>	<i>с</i>
Масса	M	килограмм	<i>kg</i>	<i>кг</i>
Сила электрического тока	I	Ампер	<i>A</i>	<i>А</i>
Термодинамическая температура	$\Theta$	Кельвин	<i>K</i>	<i>К</i>
Количество вещества	N	моль	<i>mol</i>	<i>моль</i>
Сила света	J	канделла	<i>cd</i>	<i>кд</i>

Таблица 10

## Производные единицы СИ, имеющие наименование

Величина	Единица		
	наименование	Обозначение	Выражение через основные единицы СИ
Частота	Герц	<i>Гц</i>	$c^{-1}$
Сила	Ньютон	<i>N</i>	$m \cdot kg \cdot c^{-2}$
Давление	Паскаль	<i>Pa</i>	$m^{-1} kg \cdot c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	Джоуль	<i>J</i>	$m^2 kg \cdot c^{-2}$
Мощность, поток энергии	Ватт	<i>W</i>	$m^2 kg \cdot c^{-3}$

## **10. РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. М.: Высшая школа, 2009.
2. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. СПб., М.: Лань, 2009.
3. Калашников Н.П. Физика. Интернет-тестирование базовых знаний / Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников. СПб., М.: Лань, 2009. Сайт Росаккредагенства. [www.fepo.ru](http://www.fepo.ru).
4. Смирнова Н.Н., Фицак В.В. Физика. Механика поступательного движения. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" СПб, 2012. 61 с.
5. Савельев И.В. Курс физики. Т. 2, 3. СПб.: М.: Лань, 2008.
6. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб., М.: Лань, 2007.
7. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1977.
8. Трофимова Т.И. Краткий курс физики. М.: Высшая школа, 2010.
9. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2009.
10. Трофимова Т.И. Курс физики: задачи и решения. М.: Академия, 2009.
11. Чертов А.Г. Задачник по физике / А.Г. Чертов, А.А. Воробьёв. М.: Физматлит, 2009.
12. Фриш С.Э. Курс общей физики / С.Э. Фриш, А.В. Тимофеева А.В. СПб., М.: Лань, 2008.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение.....	3
2. Соударение тел. Теоретические основы.....	4
абсолютно неупругий удар.....	5
абсолютно упругий удар.....	6
3. Лабораторная работа. Изучение упругого и неупругого столкновения при поступательном движении тел.....	7
4. Лабораторная работа. Изучение упругого и неупругого столкновения тел с использованием пневмодорожки.....	13
5. Контрольные вопросы.....	14
6. Требования к содержанию отчёта по лабораторной работе.....	14
7. Правила построения графиков .....	15
8. Рекомендации по защите отчета .....	16
9. Справочные таблицы.....	17
10. Рекомендательный библиографический список.....	19