

Федеральное агентство по образованию
ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»

Т.А. Новикова
А.В. Белослудцев

Лабораторный практикум по физике

Часть I

Учебно-методическое пособие для студентов нефизических специальностей

Ижевск 2010

УДК 531/534(07)
ББК 22.2р30
Н 545

Рекомендовано к изданию Учебно - методическим советом УдГУ

Новикова Т.А., Белослудцев А.В.

Н 545 Лабораторный практикум по физике: Учеб.-метод. пособие для студ. нефизических спец. / УдГУ. Ижевск, 2010. Ч. 1, 140 с.

Подготовка специалистов любого профиля предусматривает изучение дисциплин естественнонаучного цикла, в рамках которого введен лабораторный практикум.

Настоящее пособие написано в целях оказания помощи студентам нефизических специальностей в проведении и осмысливании эксперимента по разделам «Механика» и «Молекулярная физика». В пособии описаны аудиторные и домашние лабораторные работы. Вводный раздел знакомит студента с организацией работы в лаборатории, с правилами ведения лабораторного журнала. Каждая работа содержит теоретическую часть, описание экспериментальной установки и задание. Для поддержания основной идеи работы и более глубокой теоретической проработки предпринята попытка нового способа подачи информации. В качестве дополнительного материала использованы примеры, сравнения, открытия, цитаты, исторические факты. Большое количество работ, включенных в пособие, дает возможность преподавателям варьировать их подбор в соответствии с успеваемостью и личными наклонностями студентов.

Издание также будет полезно для преподавателей и учащихся лицеев и гимназий, для членов и руководителей физических кружков и факультативов, всех тех, кто хочет изучать физику с помощью экспериментов.

УДК 531/534(07)

ББК 22.2р30

©Новикова Т.А., Белослудцев А.В.,2010
© ГОУВПО «Удмуртский госуниверситет»,2010

Содержание

Предисловие.	4
Предисловие авторов.	5
Введение. Требования к выполнению лабораторного практикума	
1. Порядок работы в физической лаборатории.	6
2. Этапы выполнения лабораторной работы.	7
3. Оформление конспекта для допуска к лабораторной работе.	8
4. Отчет о выполнении лабораторной работы.	9
Лабораторные работы.	
а) аудиторные	10
1. Определение плотности твердого тела.	12
2. Определение ускорения свободного падения методом обратного маятника.	28
3. Определение момента инерции твердых тел.	42
4. Измерение скорости полета пули.	60
5. Определение термического коэффициента упругости воздуха.	74
6. Определение влажности воздуха.	86
б) домашние	100
1. Определение начальной скорости тела брошенного под углом к горизонту.	102
2. Трение скольжение веревки.	112
3. Определение доли воды в комке мокрого снега.	122
Приложение. Математическая обработка результатов измерений	
1. Доверительный интервал.	134
2. Виды измерений.	135
3. Обработка результатов прямых измерений.	136
4. Обработка результатов косвенных измерений.	137
5. Табличные значения.	138

Предисловие

В пособии рассматривается лабораторный практикум для нефизических специальностей, проводимый в первом семестре обучения физике. Подобраны девять лабораторных работ по «Механике» и «Молекулярной физике».

Необходимость создания данного пособия вызвана низкой подготовкой студентов по естественнонаучному разделу знаний, тогда как имеющаяся литература в библиотеке в силу сложности математического языка изложения недоступна для понимания выпускникам школ. В этой ситуации для того, чтобы в конце обучения студенты соответствовали квалификационной характеристике выпускника вуза по выбранной специальности авторы написали учебно-методическое пособие, имеющее ряд особенностей.

В число таковых входит вид изложения материала: он оригинален. Безусловно, каждый автор уделяет внимание компоновке текста, рисунков, схем. Между тем вопрос фиксации материала далеко не решен практикой работы высшей школы. В данном пособии тщательно продумана и реализована попытка нового способа предъявления информации, способствующего ее усвоению, облегчающего самостоятельную работу студентов.

Современен подход к контрольным вопросам. Не знания как готовая информация, а способы деятельности, связанные с этими знаниями, стали предметом контроля со стороны преподавателя. В каждой работе контрольные вопросы составлены в виде тестов, собранных из банка данных ФЭПО.

Еще одной особенностью пособия является наличие домашних лабораторных работ. Время, отведенного на проведение лабораторного практикума, не достаточно для освоения научного метода познания, этим оправдано переводение части аудиторной нагрузки в самостоятельную домашнюю.

Учебно-методическое пособие своевременно во многих отношениях – по его замыслам, плану, методике, подбору материала, манере изложения. Оно заслуживает внимания, полезное для студентов.

кандидат технических наук,
заведующий лабораторией ФИТ УрО РАН
Холзаков А.В.

Предисловие авторов

В пособии описаны работы, представленные в физическом практикуме по разделам «Механика» и «Молекулярная физика» для нефизических специальностей Удмуртского государственного университета. Цель практикума заключается в формировании компетентностей, являющихся составными частями общепрофессиональных компетентностей:

- *предметной* – связанной со способностью анализировать и действовать с позиций отдельных областей человеческой культуры, в частности, с позиции научного метода познания;
- *социальной* – предполагающей наличие способности действовать в социуме с учетом других людей;
- *личностного самосовершенствования* – заключающейся в приобретении опыта целеполагания, самообразования и самоконтроля;
- *информационной* – предусматривающей владение способностью работать с разными источниками информации.

Издание написано с целью организации самостоятельной работы студентов при проведении лабораторного практикума. Предварительные сведения о порядке работы в лаборатории, о правилах ведения лабораторного журнала излагаются в первой части пособия. Во второй части, являющейся центральной, представлен разработанный лабораторный практикум, включающий 9 работ. Следует обратить внимание на две особенности изложенного материала.

Во-первых, помимо аудиторного эксперимента впервые предлагается студенту выполнить опыт и провести наблюдение дома.

Давно замечено, что изучение физики без эксперимента будет мертвым и безжизненным, никакое яркое описание явления или качества предмета не может заменить непосредственного восприятия этого явления или качества предмета. Из-за сокращения часов, отводимых на изучение предметов естественнонаучного цикла, предлагается перевести часть аудиторного эксперимента в домашний. Тем самым теория не останется без практического применения, а значит, понимания. Последнее, в свою очередь, будет способствовать усвоению студентами научного метода познания, формированию у них соответствующих компетенций.

Во-вторых, предпринята попытка нового способа подачи информации:

- минимизирован *объем информации*: акцентировано внимание только на ключевых пунктах. «Меньше – значит больше». Идея проста: чем меньше объем информации, тем мощнее ее воздействие на человека. Таким образом, в теоретической части работы не нужно показывать все – ее задача фокусировать внимание на самом главном. Самого главного, как вы понимаете, не может быть много;
- изменен *стиль изложения* нового материала - порционный: ключевые пункты отображаются по одному на каждом отдельном листе;
- *структура материала* выдержана согласно принципу «проблема-решение»: сначала обращаем внимание студентов на существующую проблему и только после этого предлагаем свои рекомендации по ее решению;
- в *логике подачи материала* мы предусмотрели не только переход к следующей странице, но и возврат к предыдущей;
- включена *дополнительная информация* для поддержания основной идеи и ее более глубокой проработке. Такой дополнительной информацией выступают: примеры, сравнения, открытия, цитаты, исторические факты;
- *расположение информации* на листе горизонтальное. Наиболее важная информация расположена в центре листа.

В конце пособия имеется Приложение, знакомящее студентов с методами обработки результатов измерений.

1. Порядок работы в физической лаборатории



При постановке всех физических опытов студенты должны соблюдать правила техники безопасности. Невнимательность, незнание правил техники безопасности могут повлечь за собой несчастные случаи. *Лица, не прошедшие инструктаж по соблюдению правил техники безопасности, к работе в лаборатории не допускаются.*

В начале семестра составляется и вывешивается на стенде лаборатории график выполнения работ на весь семестр для данной специальности. Студент должен заранее знать тему своей лабораторной работы и подготовиться к ней, используя методическое руководство и другую указанную в нем литературу. Перед выполнением каждой лабораторной работы необходимо пройти собеседование с преподавателем и получить разрешение (допуск) на ее выполнение. Допуск фиксируется в специальном журнале учета лабораторных занятий, который хранится в учебной лаборатории. Приступать к выполнению лабораторных работ без разрешения преподавателя категорически запрещается. После выполнения эксперимента, обработки, анализа полученных результатов и ответа на контрольные вопросы преподаватель в журнале регистрирует факт выполнения лабораторной работы (зачет).

Каждое задание в пособии снабжено условным обозначением:



– выполните задание в аудитории;



– выполните задание дома.

Введение. Требования к выполнению лабораторного практикума

2. Этапы выполнения лабораторной работы

Выполнение каждой лабораторной работы, предусматривает следующие этапы:

Название этапа	Содержание этапа	Место проведения
<i>Теоретическая подготовка</i>	Изучение описания лабораторной работы в целях ознакомления с методикой измерения и порядком выполнения работы.	
<i>Допуск к выполнению работы</i>	Проверка преподавателем теоретической подготовки студента. Для допуска студент предоставляет конспект лабораторной работы, требования к которому рассмотрены в пункте 3.	
<i>Наблюдения и измерения</i>	Главная часть эксперимента. Требует от студента знания методов измерений, должного внимания и аккуратности при снятии показаний и записи результатов измерений.	
<i>Обработка результатов измерений</i>	Представление результатов в наглядной форме и их математическая обработка. Последняя приведена в Приложении 1.	
<i>Отчет о выполнении работы</i>	Оформляется индивидуально каждым студентом в тетради согласно требованиям, изложенным в пункте 4.	
<i>Защита выполненной работы</i>	Представление преподавателю результатов эксперимента, обработанных в отчете.	

Введение. Требования к выполнению лабораторного практикума

3. Оформление конспекта для допуска к лабораторной работе

Для допуска к выполнению лабораторной работы студент предварительно оформляет конспект. В конспекте необходимо указать:

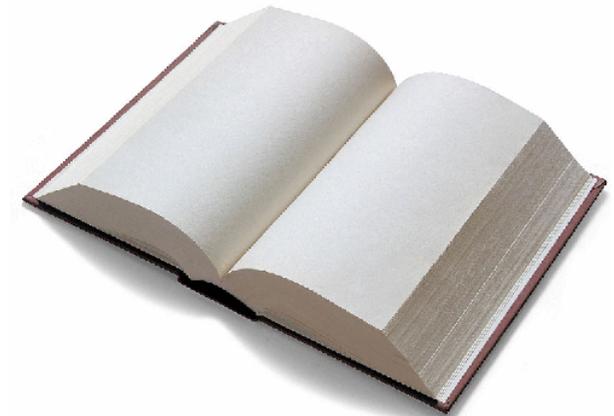
- 1) название работы;
- 2) цели и задачи работы;
- 3) схему или рисунок экспериментальной установки;
- 4) методику эксперимента

В данном пункте конспекта должны быть отражены:

во-первых, краткие теоретические сведения, которые включают:

- физическое явление, изучаемое в работе, связь между величинами, его описывающими;
- объект исследования, его особенности;
- физическое явление, положенное в основу метода измерений;
- зависимость, которая может быть экспериментально проверена.

во-вторых, план проведения работы.



Введение. Требования к выполнению лабораторного практикума

4. Оформление отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет завершает лабораторную работу. В нем и обобщаются результаты всех предыдущих этапов ее выполнения. Поэтому в нем обязательно должны быть указаны:

- 1) название работы;
- 2) цели и задачи работы;
- 3) схема или рисунок экспериментальной установки;
- 4) методика эксперимента;
- 5) заполненные таблицы результатов измерений;
- 6) математическая обработка результатов измерений;
- 7) анализ полученных результатов и выводы.

Первые пять пунктов отчета представляют собой сведения, которые должны быть изложены в конспекте для допуска к лабораторной работе. Поэтому конспект является началом отчета.

- Алло! Это приёмная комиссия физфака?
- Нет. Какой номер вы набираете?
- 123-45-67.
- Вас неправильно соединили. Это 123-45-68, и здесь дискотека.
- Подумать только! Ошибка в седьмом знаке, а какой эффект...

Математическая обработка результатов измерений. Используя схему, изложенную в Приложении 1, проводят вычисления результатов измерений и их погрешностей.

Анализ полученных результатов и выводы. Завершают отчет анализ результатов и выводы. В этом пункте полученные результаты сравнивают с табличными значениями, оценивают имеющиеся расхождения, дают объяснения экспериментально обнаруженным фактам и зарегистрированным зависимостям.

Введение. Требования к выполнению лабораторного практикума



Аудиторные лабораторные работы



Эксперимент и теория

Эксперимент наряду с теорией – один из двух столпов физической науки. Это не просто созерцание происходящих вокруг явлений, а наблюдение за процессом, протекающем в определенных, заданных экспериментатором условиях. По определению Френсиса Бэкона, «это вопрос природе». Эксперимент, как говорил великий физик-теоретик Аркадий Бейнусович Мигдал, «испытывает предсказание теории на прочность. Когда теория, наконец, не выдержит, строится новая, с учетом старых фактов и тех, что появились при проверке».



Лабораторная работа № 1

Определение плотности твердого тела



Содержание

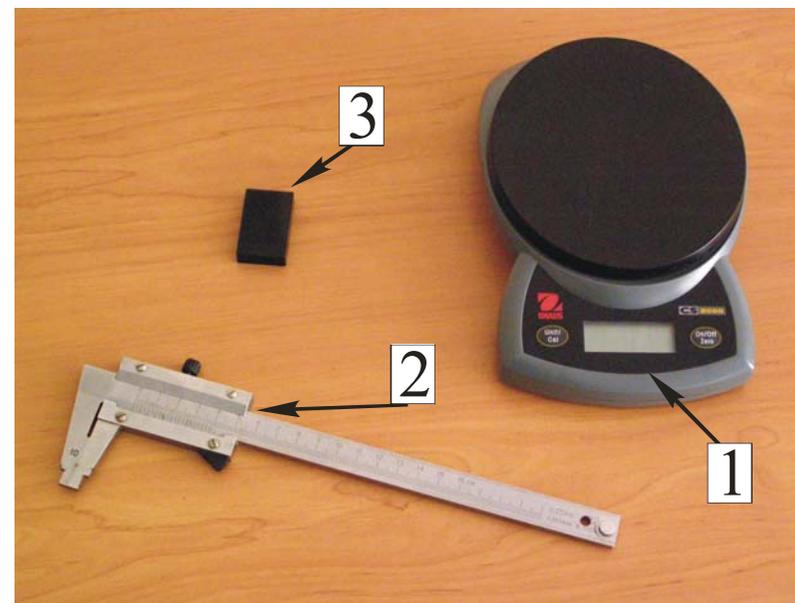
- 1.1. Цель работы, оборудование.
 - 1.2. Задание для работы.
 - 1.3. Методика эксперимента.
 - 1.3.1. Краткие теоретические сведения:
 - зачем нужно знать плотность вещества;
 - плотность;
 - штангенциркуль;
 - порядок отсчета показаний штангенциркуля.
 - 1.3.2. План проведения работы:
 - упражнение 1: определить плотность твердого тела.
 - 1.4. Контрольные вопросы.
 - 1.5. Список рекомендуемой литературы.
 - 1.6. Приложение:
 - 1.6.1. Пример обработки результатов измерений;
 - 1.6.2. Это интересно.
-

Цель работы: приобретение практических навыков работы с измерительными приборами, овладение методикой обработки результатов прямых и косвенных измерений физических величин на примере определения плотности твердого тела.

Оборудование

Основными элементами экспериментальной установки являются:

- 1 – весы;
- 2 – штангенциркуль;
- 3 – исследуемое тело.



1.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить плотность твердого тела.

1.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: зачем нужно знать плотность вещества

Распределение массы по объему тела можно характеризовать с помощью физической величины, называемой плотностью. Знание её бывает полезным.



Так, если океанологам известно вертикальное распределение плотности морской воды, то они могут рассчитать направление и скорость течений. Вертикальное распределение плотности необходимо знать и для определения устойчивости водной массы: если масса неустойчива, то есть если более плотная вода лежит выше менее плотной, будет происходить перемешивание.

При покупке ковролина также следует обратить внимание на плотность ворса. Ковролин высокой плотности прослужит дольше, и на нем не будут оставаться вмятины от мебельных ножек.

Знание средней плотности горной породы позволяет вычислить максимально возможную высоту горного хребта.



1.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: плотность

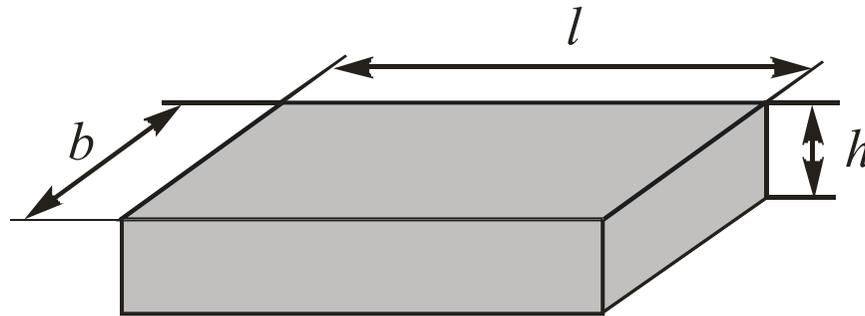
Если тело однородно, то плотность вещества, из которого оно изготовлено, определяют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m и V – масса и объем тела.

В данной работе в качестве исследуемого тела выбран брусок в виде параллелепипеда, объем которого равен $V = b h l$, где b – ширина бруска, h и l его высота и длина соответственно. Поэтому

$$\rho = \frac{m}{b h l}. \quad (1)$$

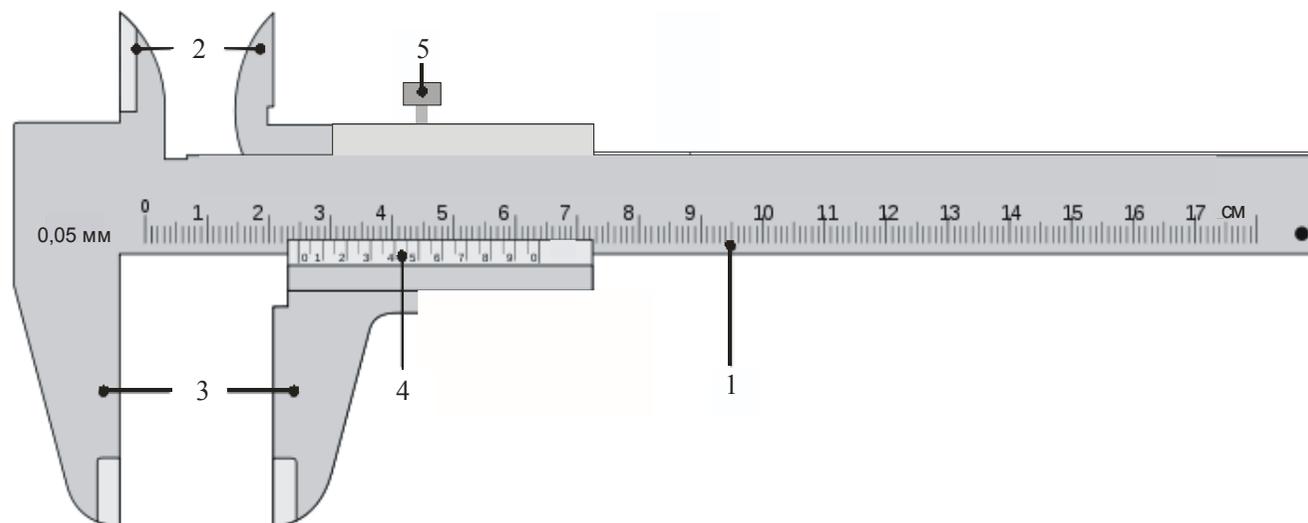


Масса тела определяется взвешиванием на весах. Для измерения длин можно использовать множество разнообразных приборов, обеспечивающих измерение с различной точностью.

1.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: штангенциркуль

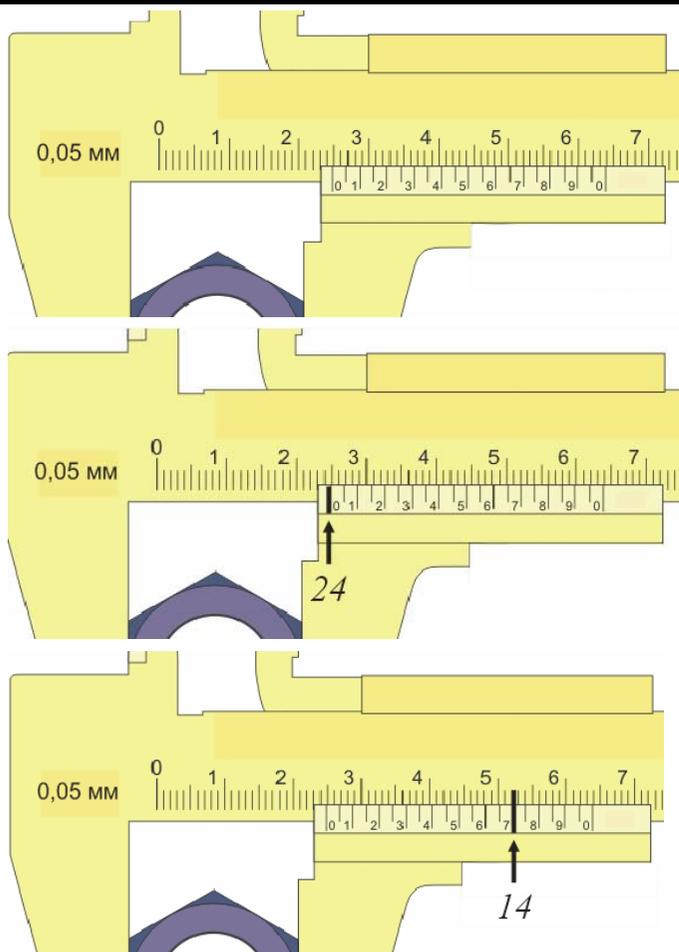
Самым популярным инструментом для высокоточных измерений наружных и внутренних размеров является штангенциркуль. Штангенциркуль имеет измерительную штангу (отсюда и его название) с основной шкалой и нониус – вспомогательную шкалу для отсчета долей делений.



- 1 штанга с основной шкалой;
- 2 губки для внутренних измерений;
- 3 губки для внешних измерений;
- 4 вспомогательная шкала (нониус);
- 5 винт для зажима.

1.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить плотность твердого тела



Измеряемый предмет введите между губками, которые сдвиньте до соприкосновения с предметом. Затем закрепите подвижную губку зажимом и произведите отсчет.

Считайте число целых миллиметров, для этого найдите на основной шкале штрих, ближайший слева к нулевому штриху нониуса, и запишите его числовое значение: 24 мм.

Считайте число долей миллиметра, для этого на шкале нониуса найдите штрих, совпадающий с каким-нибудь штрихом основной шкалы, и умножьте его порядковый номер на цену деления (в нашем случае 0,05 мм) нониуса: $14 \cdot 0,05 \text{ мм} = 0,7 \text{ мм}$.

Подсчитайте полную величину показания штангенциркуля, для этого сложите число целых миллиметров и долей миллиметра: $24 \text{ мм} + 0,7 \text{ мм} = 24,7 \text{ мм}$.

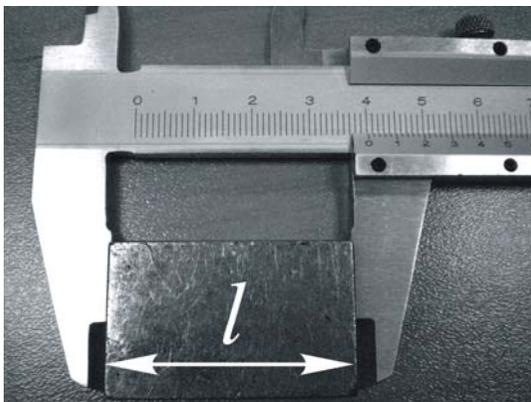
2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить плотность твердого тела



1. С помощью весов определите массу m бруска. Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$m = (m_{cp} \pm \Delta m) \text{ кг.}$$

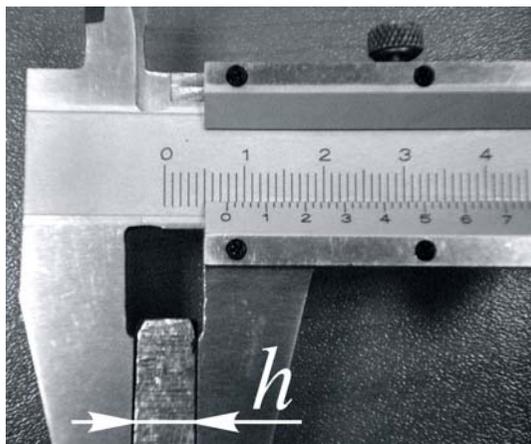


2. Штангенциркулем однократно измерьте длину l бруска. Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$l = (l_{cp} \pm \Delta l) \text{ м.}$$

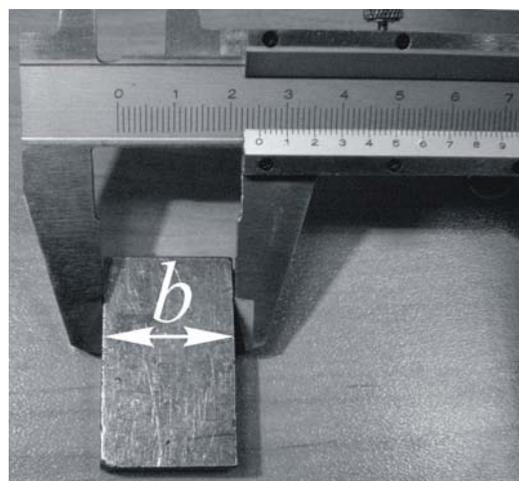
1.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить плотность твердого тела



3. Штангенциркулем однократно измерьте высоту h бруска. Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$h = (h_{cp} \pm \Delta h) \text{ м.}$$



4. Штангенциркулем в пяти местах бруска измерьте его ширину b . Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№	b , см

5. По формуле (1) вычислите плотность вещества, из которого изготовлен брусок. Оцените точность измерения.

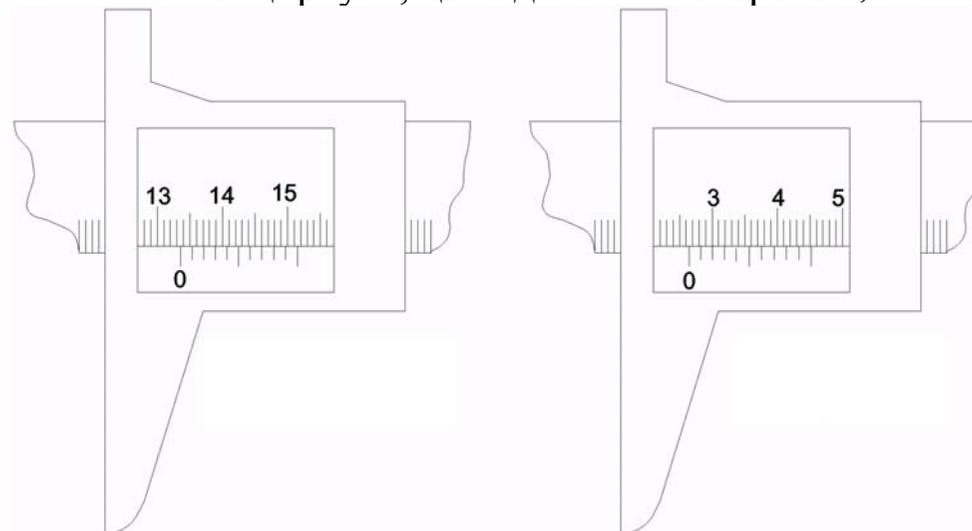
1.3. Методика эксперимента

1. Используя данные Таблицы 2, определите жидкость, в которой не утонет ваш брусок.

Таблица 2

Жидкость	ρ , кг/м ³	Жидкость	ρ , кг/м ³
Ртуть	13600	Керосин	800
Серная кислота	1800	Спирт	800
Медь	13500	Нефть	800
Вода морская	1030	Ацетон	790
Молоко	1030	Эфир	710
Вода чистая	1000	Бензин	710
Масло подсолнечное	930	Жидкое олово	6800
Масло машинное	900	Жидкий воздух	860

2. Снимите показания со шкалы штангенциркуля, цена деления которого $0,02$ мм.



1.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. Пособие для вузов. М.: Высш. шк.,2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://www.csiro.au>

2.5. Список рекомендуемой литературы

Пример обработки результатов измерений

Упражнение 1: определить плотность твердого тела

$$\rho = \frac{m}{b h l}, \quad \rho = f(m, b, h, l).$$

1. Обработка результатов прямых измерений.

$m:$ $m = (3,65 \pm 0,005) \cdot 10^{-1} \text{ кг.}$

$h:$ $h = (2,04 \pm 0,005) \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

$l:$ $l = (6,24 \pm 0,005) \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

$b:$ а) провели измерения 5 раз:

Таблица 1

N_i	$b \cdot 10^{-2}, \text{ м}$	$ b_{cp} - b_i \cdot 10^{-2}, \text{ м}$
1	4,11	0,012
2	4,11	0,012
3	4,09	0,008
4	4,10	0,002
5	4,08	0,018

б) Среднее значение:

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5}{N} = \frac{(4,11 + 4,11 + 4,09 + 4,10 + 4,08) \cdot 10^{-2}}{5} = 4,098 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

1.6. Приложение

Пример обработки результатов измерений

в) Средне квадратичное отклонение:

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \sqrt{\frac{(b_1 - b_{cp})^2 + (b_2 - b_{cp})^2 + (b_3 - b_{cp})^2 + (b_4 - b_{cp})^2 + (b_5 - b_{cp})^2}{N(N-1)}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,012 \cdot 10^{-2})^2 + (0,012 \cdot 10^{-2})^2 + (0,008 \cdot 10^{-2})^2 + (0,002 \cdot 10^{-2})^2 + (0,018 \cdot 10^{-2})^2}{5 \cdot 4}} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м.}\end{aligned}$$

г) Ошибка измерений:

- случайная ошибка: $\Delta_{ct} = t_{\alpha, N} \cdot \sigma_b = 2,1 \cdot 6 \cdot 10^{-5} = 12,6 \cdot 10^{-5} \text{ м};$
- ошибка прибора: $\Delta_{np} = \frac{\text{цена деления измерительного прибора}}{2} = \frac{0,01 \cdot 10^{-2}}{2} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м};$
- абсолютная ошибка: $\Delta b = \sqrt{\Delta_{ct}^2 + \Delta_{np}^2} = \sqrt{(12,6 \cdot 10^{-5})^2 + (5 \cdot 10^{-5})^2} = 13 \cdot 10^{-5} \text{ м};$
- относительная ошибка: $\varepsilon = \frac{\Delta b}{b_{cp}} \cdot 100 \% = \frac{13 \cdot 10^{-5}}{4,098 \cdot 10^{-2}} \cdot 100 \% = 0,3\%.$

д) Результат измерений: $b = (b_{cp} \pm \Delta b) = (4,098 \pm 0,013) \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

2. Среднее значение:

$$\rho_{cp} = \frac{m_{cp}}{b_{cp} h_{cp} l_{cp}} = \frac{3,65 \cdot 10^{-1} \text{ кг}}{4,098 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 2,04 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 6,24 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 6,98 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

1.6. Приложение

Пример обработки результатов измерений

3. Средне квадратичное отклонение:

$$\sigma_{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial b} \Delta b\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial h} \Delta h\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial l} \Delta l\right)^2};$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial m} \Delta m = \frac{1}{b h l} \Delta m = 0,0950 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial b} \Delta b = -\frac{m}{b^2 h l} \Delta b = -0,0848 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial h} \Delta h = -\frac{m}{b h^2 l} \Delta h = -0,170 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial l} \Delta l = -\frac{m}{b h l^2} \Delta l = -0,0558 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3.$$

$$\sigma_{\rho} = \sqrt{\left(0,0950 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3\right)^2 + \left(-0,0848 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3\right)^2 + \left(-0,170 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3\right)^2 + \left(-0,0558 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3\right)^2} = 0,21 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3.$$

4. Ошибка измерений:

– абсолютная ошибка: $\Delta \rho = \gamma_{\alpha} \cdot \sigma_{\rho} = 3,2 \cdot 0,21 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3 = 0,64 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3;$

– относительная ошибка: $\varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\rho_{cp}} \cdot 100 \% = \frac{0,64 \cdot 10^{-2}}{6,98 \cdot 10^3} \cdot 100 \% = 1\%.$

5. Результат измерений:

$$\rho = (\rho_{cp} \pm \Delta \rho) = (6,98 \pm 0,06) \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

Вывод: на примере измерения плотности вещества научились измерять линейные размеры тел с помощью штангенциркуля, освоили методику обработки результатов прямых и косвенных измерений.

1.6. Приложение

Это интересно



Плотность углекислого газа в 1,5 больше, чем воздуха. В Италии, близ Неаполя, есть знаменитая «Собачья пещера», в нижней части её непрерывно выделяется углекислый газ, он стелется понизу и медленно выходит из пещеры. Человек может беспрепятственно войти в эту пещеру, для собаки же такая прогулка кончается плохо. Отсюда и название пещеры.

Даже если корабли построены из плотного материала (например, металла), они не тонут, так как внутри корабля имеются воздушные полости. Поэтому средняя плотность корабля меньше плотности воды.



Если подводной лодке нужно погрузиться, ее воздушные полости заполняются водой, а если нужно всплыть, то воду из полости вытесняют сжатым воздухом, хранящемся в специальных баллонах.

1.6. Приложение



Лабораторная работа № 2

Определение ускорения свободного падения методом обратного маятника



Содержание

2.1. Цель работы, оборудование.

2.2. Задание для работы.

2.3. Методика эксперимента.

2.3.1. Краткие теоретические сведения:

- ускорение свободного движения тела;
- физический маятник;
- метод обратного маятника (метод Бесселя).

2.3.2. План проведения работы:

- упражнение 1: собрать обратный маятник;
- упражнение 2: экспериментально определить ускорение свободного падения.

2.4. Контрольные вопросы.

2.5. Список рекомендуемой литературы.

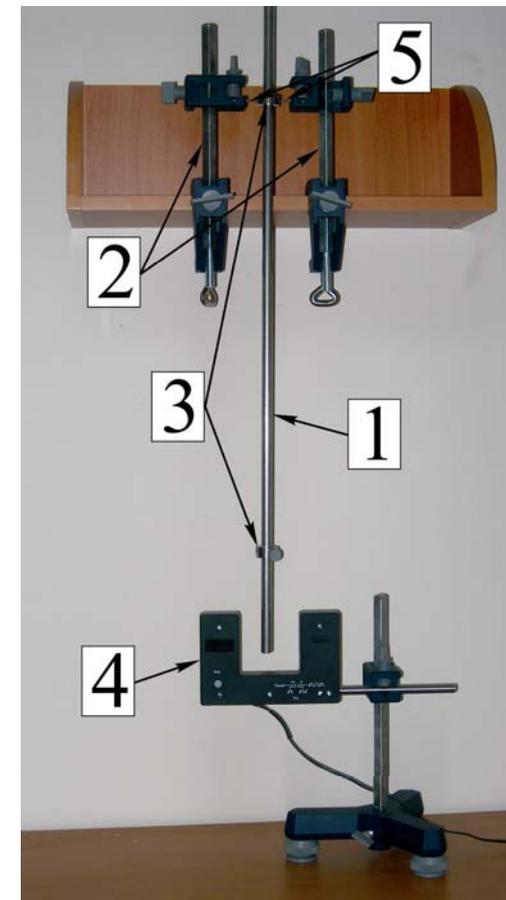
2.6. Приложение.

Цель работы: приобретение практических навыков определения ускорения свободного падения.

Оборудование

Основными элементами установки являются:

- 1 – металлический стержень;
- 2 – штативные стержни;
- 3 – опорные втулки;
- 4 – счётчик времени;
- 5 – опорные призмы.



2.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: собрать оборотный маятник.

Упражнение 2: экспериментально определить ускорение свободного падения.

2.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: ускорение свободного движения тела

Процессы, протекающие на планете, определяются ее параметрами. Например, толщина однородного слоя атмосферы планеты зависит, кроме прочих величин, и от значения ускорения свободного ускорения g .

Планета	Ускорение свободного падения, m/c^2	Высота атмосферы, $10^3 m$
Венера	8,87	15
Земля	9,8	8,5
Марс	3,69	11,8



В данной работе предлагается определить ускорение свободного падения на Земле на широте г. Ижевска.

2.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: физический маятник

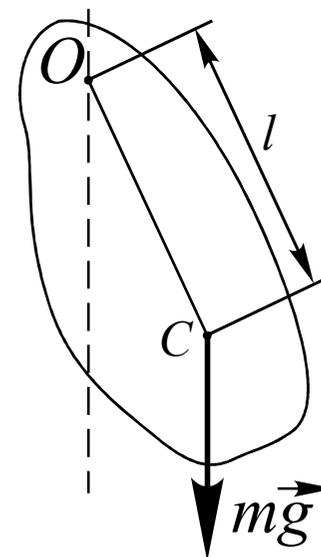
Для определения ускорения свободного падения g воспользуемся физическим маятником.

Физический маятник – это твердое тело, совершающее колебания в поле силы тяжести относительно неподвижной горизонтальной оси O , не проходящей через центр масс этого тела C .

Период колебаний физического маятника определяется по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}},$$

где l – расстояние между осью подвеса O и центром масс C , m – масса, I – момент инерции физического маятника относительно этой оси.



Массу m маятника, период T колебаний и расстояние l можно измерить, но момент инерции I на данной установке определить не удастся. Преодолеть возникшее затруднение можно, применив метод обратного маятника (метод Бесселя).

2.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: метод обратного маятника (метод Бесселя)

Оборотный маятник – это физический маятник, у которого периоды колебаний относительно двух различных осей (например, проходящих через втулки A и B) примерно равны $T_A \approx T_B$.

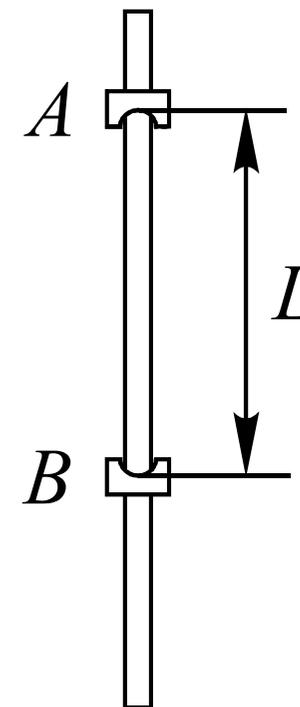
В этом случае период обратного маятника определяется по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

откуда ускорение свободного падения равно

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}. \quad (1)$$

В полученную зависимость входят величины, которые можно измерить непосредственно.



2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: собрать оборотный маятник



1. Поместите втулки A и B на расстояниях $a = 6$ см, $b = 8$ см от соответствующих концов стержня. В дальнейшем положение втулки A на протяжении всего эксперимента не менять.



2. Установите маятник на опорные призмы за втулку A .



3. Отклоните маятник от положения равновесия на малый угол. Нажатием на кнопку «Set» счётчика времени обнулите дисплей светового барьера. Отпустите маятник и снимите показания прибора (период колебаний T_A). Результаты измерений запишите в таблицу 1.

Таблица 1

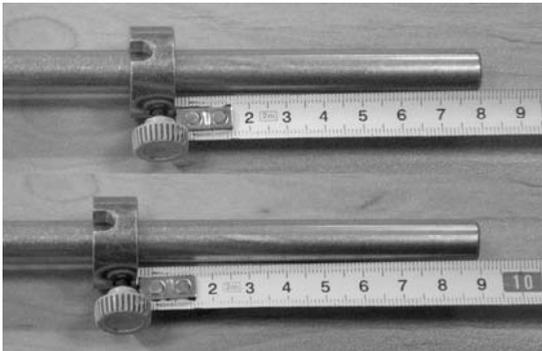
b , см	T_A , с	T_B , с

2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: собрать оборотный маятник



4. Переверните маятник, повесив за втулку B , и определите период колебаний T_B . Результаты измерений запишите в таблицу 1.

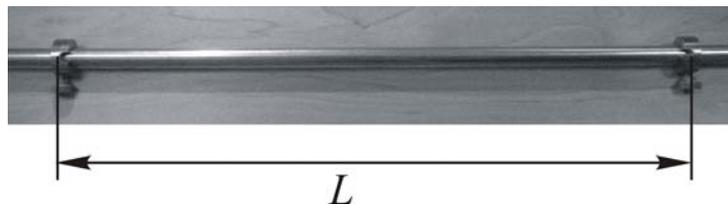


5. Передвигая втулку B на 1 см к центру маятника, вновь определите периоды T_A и T_B . Результаты измерений запишите в таблицу 1.

6. Многократно повторяя действия пункта 5, добейтесь такого положения втулки B , при котором $T_A \approx T_B$.

2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 2: экспериментально определить ускорение свободного падения



1. Измерьте расстояние между двумя втулками L . Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$L = (L_{cp} \pm \Delta L) \text{ м.}$$

2. Определите период колебаний T обратного маятника по 5 раз на каждой втулке. Результаты измерений запишите в таблицу 2.

Таблица 2

$N\bar{o}$	$T, \text{ с}$

3. Используя формулу (1), вычислите g и оцените точность измерений. Проанализируйте полученный результат.

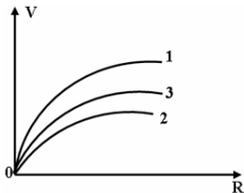
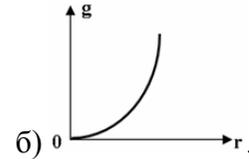
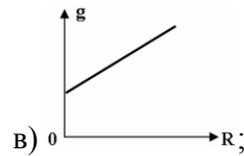
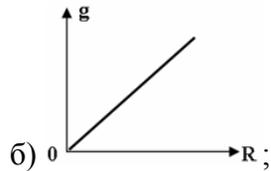
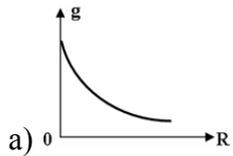
2.3. Методика эксперимента

Часть 1

1. По какой из нижеприведенных формул определяется ускорение свободного падения на некоторой высоте от поверхности планеты? (R - радиус планеты; g_0 - ускорение свободного падения на поверхности планеты.)

а) $g_0 \frac{R}{R+h}$; б) $g_0 \left(\frac{R}{R+h} \right)^2$; в) $g_0 \frac{R+h}{R}$; б) $g_0 \left(\frac{R+h}{R} \right)^2$.

2. Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость ускорения свободного падения от радиуса данной планеты?



3. На рисунке представлен график зависимости первой космической скорости от радиуса планет. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой ускорения свободных падений, на поверхности этих планет, если спутник обращается на незначительной высоте?

а) $g_1 > g_2 > g_3$; б) $g_1 < g_2 < g_3$;
в) $g_1 < g_3 < g_2$; г) $g_1 > g_3 > g_2$.

Часть 2

1. Вычислите значение ускорения свободного падения на широте города Ижевска $\phi = 56^\circ 51'$. (см. Приложение).

2. Как изменится ускорение свободного падения планеты, если:

- масса останется постоянной, а радиус уменьшится в 2 раза;
- масса останется постоянной, а плотность уменьшится в 2 раза;
- плотность останется постоянной, а радиус увеличится в 2 раза.

3. Вычислите ускорение свободного падения для планеты, средняя плотность которой ρ , радиус ее R , если в ней есть сферическая полость $R/2$.

2.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Учеб. пособие для студ. вузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://www.juliantrubin.com>
 7. URL:<http://littleshop.physics.colostate.edu>

2.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

Ускорение свободного падения планеты массой M и радиусом R можно вычислить по формуле

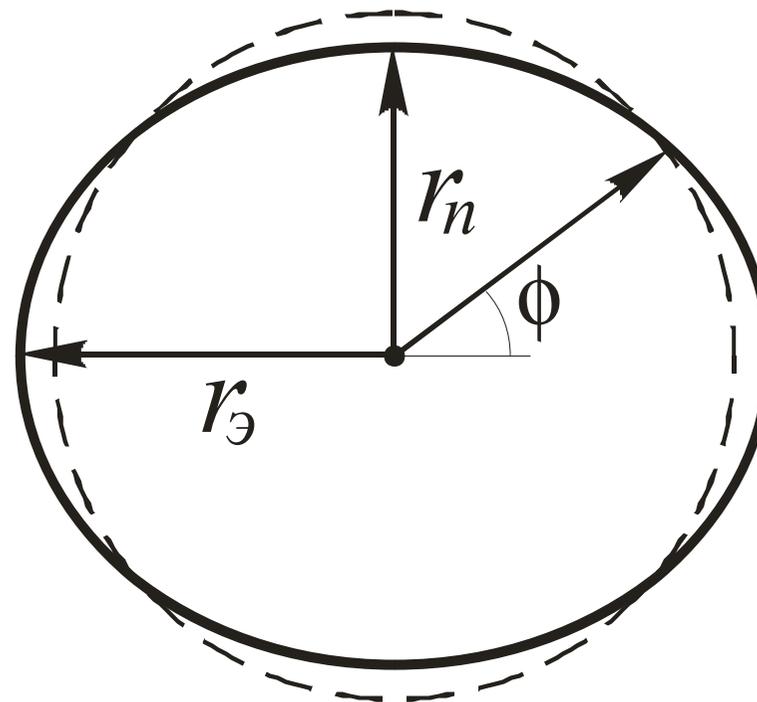
$$g = G \frac{M}{R^2},$$

где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$ – гравитационная константа. Планета

Земля отличается от сферы, она приплюснута на полюсах (отношение радиусов на экваторе r_e и на полюсе r_n равно $1,00236$). Поэтому ускорение свободного падения на поверхности Земли зависит от широты и варьируется от $9,780 \text{ м/с}^2$ на экваторе до $9,832 \text{ м/с}^2$ на полюсах. Оно может быть вычислено по эмпирической формуле

$$g = 9,780327 \left[1 + 5,3 \cdot 10^{-3} \sin^2(\phi) - 5,8 \cdot 10^{-6} \sin^2(2\phi) \right],$$

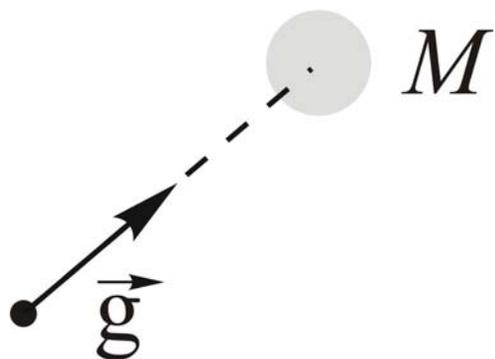
где ϕ – широта рассматриваемого места.



2.6. Приложение

Это интересно

Теория Ньютона и теория гравитационного поля



Гравитационное взаимодействие между телами осуществляется с помощью гравитационного поля. Основное свойство поля тяготения заключается в том, что на всякое тело массой m , внесенное в это поле, действует сила тяготения F , причем величина этой силы пропорциональна массе тела ($F \propto m$).

Коэффициент пропорциональности между этими величинами, называемый напряженностью поля тяготения $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$

- не зависит от величины F и m ;
- сонаправлен с \vec{F} .

Ускорение свободного падения \vec{g} в ньютоновой теории выступает в качестве силовой характеристики гравитационного поля.

2.6. Приложение



Лабораторная работа № 3

Определение момента инерции твёрдых тел



Содержание

3.1. Цель работы, оборудование.

3.2. Задание для работы.

3.3. Методика эксперимента.

3.3.1. Краткие теоретические сведения:

- аналогия двух движений;
- момент инерции;
- метод крутильных колебаний;
- эталонный метод;
- теорема Гюйгенса-Штейнера.

3.3.2. План проведения работы:

- упражнение 1: определить момент инерции тела (по указанию преподавателя);
- упражнение 2: проверить теорему Гюйгенса-Штейнера.

3.4. Контрольные вопросы.

3.5. Список рекомендуемой литературы.

3.6. Приложение.

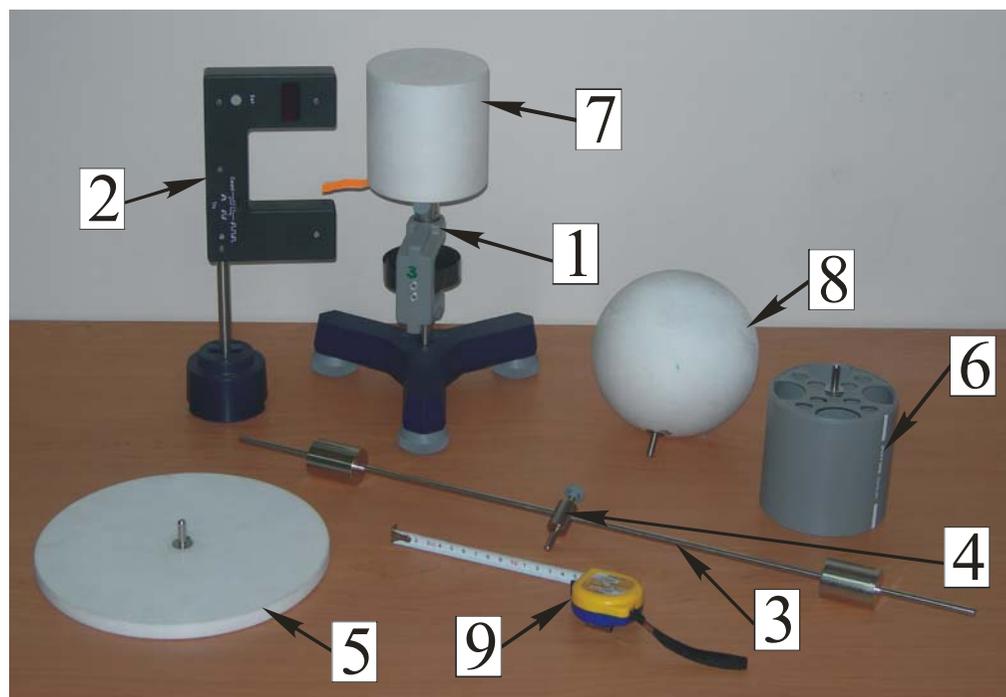
Содержание

Цель работы: приобретение практических навыков определения моментов инерции тел различной формы.

Оборудование

Основными элементами установки являются:

- 1 – вращающийся вал;
- 2 – световой барьер со счетчиком;
- 3 – стержень с подвижными грузами;
- 4 – крепеж;
- 5 – диск;
- 6 – полый цилиндр;
- 7 – сплошной цилиндр;
- 8 – шар;
- 9 – рулетка.



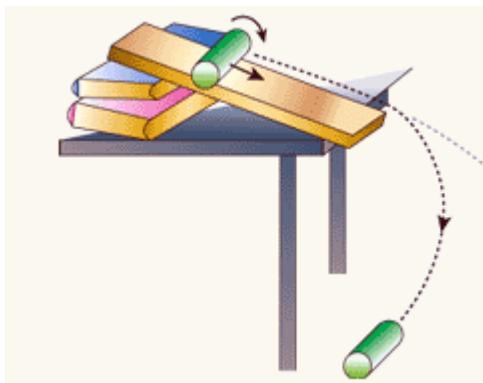
3.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить момент инерции тела (по указанию преподавателя).

Упражнение 2: проверить теорему Гюйгенса-Штейнера.

3.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: аналогия двух движений



Изучение задач динамики тел, катящихся по поверхности, имеет довольно длительную историю. Одной из первых таких задач была задача о движении тяжелого однородного цилиндра (катка) по наклонной плоскости.

Значение исследований по динамике твердого тела хорошо сформулировано в начале XX века Дж. Перри: *"Если бы обстоятельному изучению вращающегося волчка было уделено больше внимания, то успехи (человечества) во многих отраслях промышленности были бы более значительными"*.

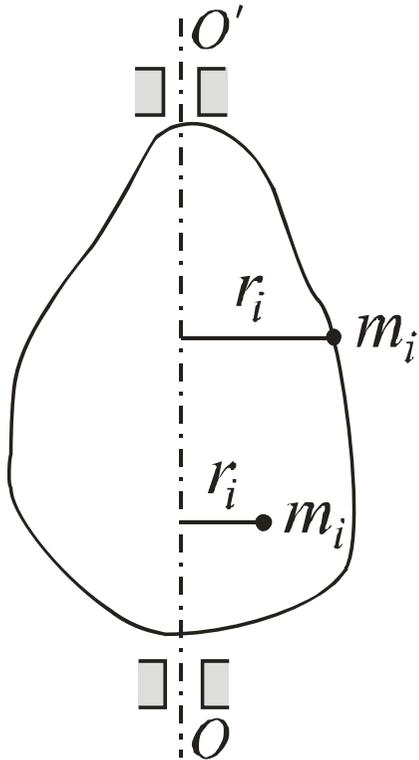
При изучении динамики твердого тела много внимания уделялось анализу вращательного движения. При этом обнаружили любопытные аналогии.

Оказалось, что для любой физической величины, описывающей поступательное движение тела, можно указать сходную по физическому смыслу величину, описывающую вращательное движение. Например, координате x соответствует угол поворота φ , линейной скорости v соответствует угол поворота ω . Аналогом массы m является момент инерции I , который представляет собой меру инертности во вращательном движении.

ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ	ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ
Координата движущейся точки: x	Угол поворота движущейся точки: φ
Скорость поступательного движения: v	Угловая скорость: ω
Ускорение: a	Угловое ускорение: ε
Масса m определяет инерционные свойства тела при поступательном движении	Момент инерции I определяет инерционные свойства при вращении

3.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: момент инерции

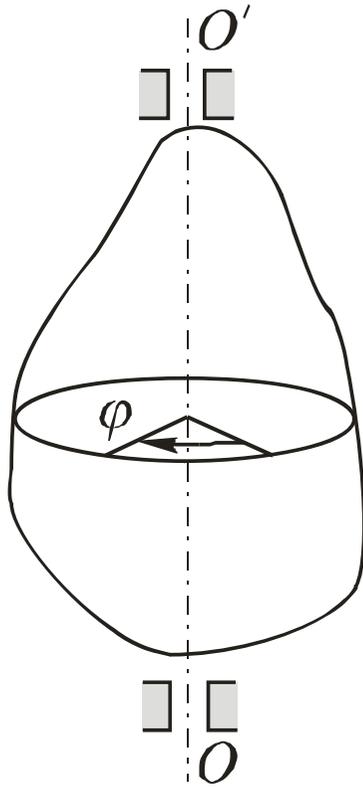


Моментом инерции I твердого тела относительно некоторой оси OO' называется физическая величина, равная сумме произведений масс n материальных точек тела на квадраты их расстояний до рассматриваемой оси:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 .$$

3.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: метод крутильных колебаний



Одним из удобных методов измерения момента инерции твердого тела является метод крутильных колебаний, которые совершает исследуемое тело, насаженное на вертикальный вал. Если систему повернуть на некоторый угол φ от положения равновесия вокруг оси OO' и отпустить, то она начинает совершать крутильные колебания.

Период колебаний T связан с моментом инерции I относительно оси колебаний:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}},$$

где k – коэффициент упругости вала. Откуда момент инерции равен

$$I = \frac{k T^2}{4 \pi^2}. \quad (1)$$

Период колебаний системы T может быть измерен непосредственно. Коэффициент упругости k неизвестен. Для определения коэффициента упругости k воспользуемся эталонным методом.

3.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: эталонный метод

В качестве эталона возьмем тело, момент инерции которого известен. В данной работе эталонным телом будет являться сплошной цилиндр радиусом R_u , массой m_u , момент инерции которого можно рассчитать по формуле

$$I_u = \frac{1}{2} m_u R_u^2.$$

Запишем выражение (1) для периода колебаний системы с эталонным телом

$$\frac{1}{2} m_u R_u^2 = \frac{k T_u^2}{4 \pi^2}. \quad (2)$$

где T_u – период колебаний системы с эталонным телом.

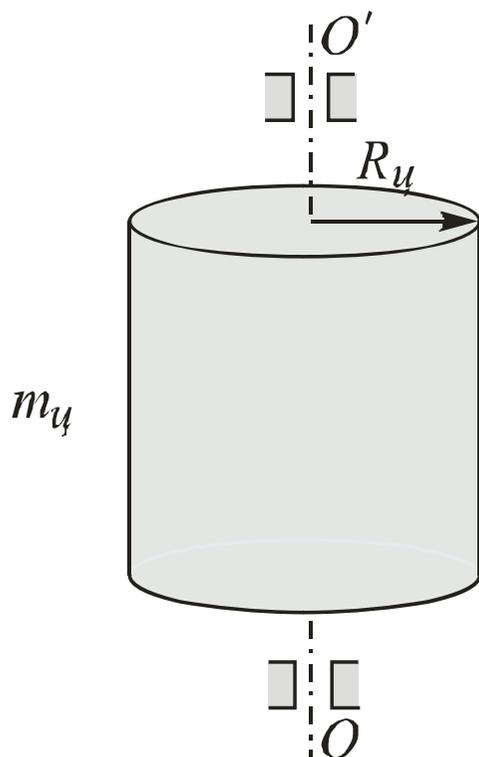
Из уравнения (2) выразим коэффициент упругости

$$k = \frac{2 \pi^2 m_u R_u^2}{T_u^2}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получим

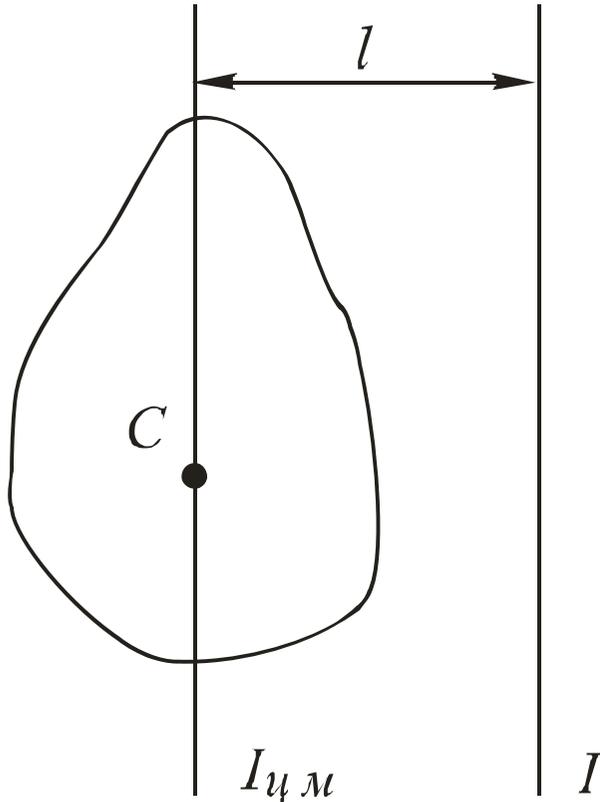
$$I = \frac{m_u R_u^2 T^2}{2 T_u^2}. \quad (4)$$

Зная период колебаний системы с исследуемым телом T и эталонным телом T_u , по формуле (4) можно определить момент инерции I исследуемого тела.



3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: теорема Гюйгенса-Штейнера



Зная момент инерции тела $I_{ц.м}$ относительно оси, проходящей через центр масс тела C , можно по теореме Гюйгенса-Штейнера определить момент инерции тела I относительно любой оси, параллельной данной:

$$I = I_{ц.м} + Ml^2,$$

где M – масса тела, l – расстояние между рассматриваемыми осями.

Проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера сводится к определению разности между моментами инерции тела относительно двух этих осей:

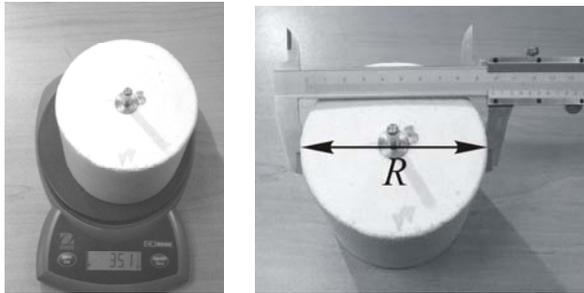
$$I - I_{ц.м} = Ml^2,$$

или с учетом (4)

$$\frac{m_{ц} R_{ц}^2}{2T_{ц}^2} (T^2 - T_{ц.м}^2) = Ml^2. \quad (5)$$

3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить момент инерции тела (по указанию преподавателя)



1. Измерьте массу $m_{ц}$ сплошного цилиндра и его радиус $R_{ц}$ (штангенциркулем!). Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$m_{ц} = (m_{ц\text{ ср}} \pm \Delta m_{ц}) \text{ кг}, \quad R_{ц} = (R_{ц\text{ ср}} \pm \Delta R_{ц}) \text{ м}.$$



2. Соберите установку, как показано на фотографии. Для измерения периода колебаний на цилиндр прикрепите листок бумаги размером $1 \times 3 \text{ см}$. Разместите цилиндр так, чтобы листок пересекал световой барьер. Для светового барьера выберите режим $\square \square \square \square \square$.



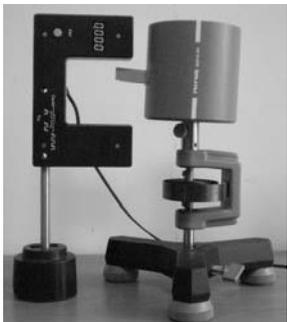
3. Поверните цилиндр на угол $\varphi \approx 90^\circ$. Нажатием на кнопку «Set» обнулите дисплей светового барьера. Отпустите цилиндр и снимите показания прибора (период колебаний $T_{ц}$). Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

$N_{\text{ср}}$	$T_{ц}, \text{ с}$

2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить момент инерции тела (по указанию преподавателя)



4. Для исследуемого тела повторите пункты 2, 3. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

<i>№</i>	<i>T, с</i>

5. По формуле (4) вычислите момент инерции исследуемого тела I и оцените точность эксперимента.

6. Пользуясь таблицей теоретических значений моментов инерций различных тел (см. Приложение) найдите теоретическое значение момента инерции исследуемого тела $I_{рас}$.

Сравните результат эксперимента $I_{экс}$ с расчетным $I_{рас}$.

3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 2: проверить теорему Гюйгенса-Штейнера

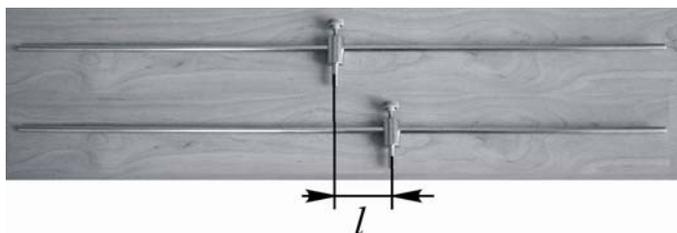


1. Измерьте период колебаний относительно оси, проходящей через центр масс стержня: $T_{ц.м.}$.

Для этого в центре стержня закрепите крепеж (4). Установите крепеж во вращающийся вал (1). Поверните стержень на угол $\varphi \approx 90^\circ$. Нажатием на кнопку «Set» обнулите дисплей светового барьера. Отпустите стержень и снимите показания прибора (период колебаний $T_{ц.м.}$). Результаты измерений занесите в таблицу 3

Таблица 3

N_0	$T_{ц.м.}, c$



2. Измерьте период колебаний относительно оси, проходящей от центра масс на расстоянии l : T .

Для этого сместите стержень в крепеже на расстоянии l относительно первоначального положения. Измерьте период колебаний T . Результат занесите в таблицу 4.

Таблица 4

N_0	T, c

3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 2: проверить теорему Гюйгенса-Штейнера

3. Вычислите значение левой части равенства (5). Оцените точность измерений.

4. Измерьте массу стержень без крепежа M и расстояние l . Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$M = (M_{cp} \pm \Delta M) \text{ кг}, \quad l = (l_{cp} \pm \Delta l) \text{ м.}$$

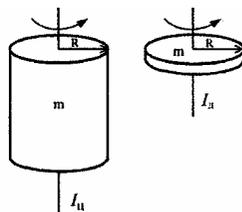
Вычислите значение правой части равенства (5). Оцените точность измерений.



3.3. Методика эксперимента

Часть 1

1. Диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы (рис.). Для их моментов инерции справедливо соотношение...

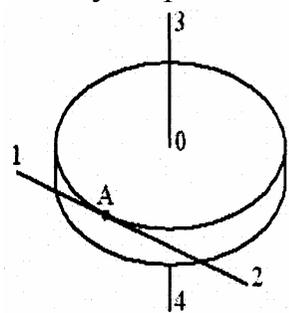


а) $I_u = I_d$;

б) $I_u > I_d$;

в) $I_u < I_d$.

2. Диск радиуса R вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения.



а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

Часть 2

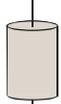
1. Определите момент инерции тонкого стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через конец стержня.

3.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://www.youtube.com>
 5. URL:<http://dic.academic.ru>
 6. URL:<http://ru.wikipedia.org>

3.5. Список рекомендуемой литературы

Моменты инерции однородных тел простейшей формы относительно некоторых осей

Тело	Положение оси	Момент инерции I	
		формула	значение I для исследуемых тел, $10^{-5} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
Цилиндр		$\frac{1}{2}mR^2$	44
Полый цилиндр радиусами $r_{\text{внеш}}, r_{\text{внутр}}$		$\frac{1}{2}m(r_{\text{внеш}}^2 + r_{\text{внутр}}^2)$	80
Диск		$\frac{1}{2}mR^2$	176
Диск		$\frac{1}{4}mR^2$	88
Шар		$\frac{2}{5}mR^2$	71
Стержень длиной l		$\frac{1}{12}ml^2$	530

3.6. Приложение

Это интересно

Загадка кельтского камня

В I тысячелетии до н.э. Западную Европу заселяли кельтские племена. Кто-то из археологов, спасаясь от скуки, крутил на подвернувшейся под руку доске найденный при раскопках предмет, получивший название кельтского камня (предполагается, что кельты использовали его в качестве топора). На вид кельтский камень ничем не примечателен, но он обладает интересным свойством: легко вращается в одну сторону, но отказывается вращаться в другую. Если его закрутить в «неправильном направлении», то, сделав несколько оборотов, он быстро остановится, покачается несколько секунд и начнет вращаться в «правильном» направлении. Закрученный в «правильном» направлении, он продолжает вращаться так до остановки.



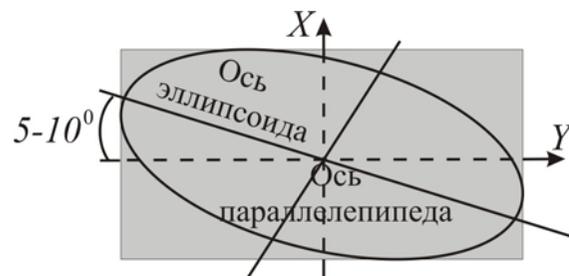
Кельтский камень можно купить в магазинах, где продаются познавательные игры. Но его нетрудно сконструировать и в домашних условиях. Нужно взять половинку эллипсоида (подойдет тело, имеющее форму половинки яйца, или даже столовая ложка с оторванной ручкой) и прикрепить к нему что-либо имеющее форму штыря, так, чтобы продольные оси этих тел были сдвинуты относительно друг друга на $5-10^0$.

В чем кроется секрет кельтского камня? Дело в том, что любое твердое тело имеет три взаимно перпендикулярные оси, проходящие через его центр масс, вокруг которых оно может свободно вращаться, не вращаясь при этом вокруг других осей. Они называются главными осями. Когда тело имеет оси симметрии, то главные оси совпадают с ними.

Если рассчитать момент инерции I тела для всех возможных осей, проходящих через его центр масс, то самое большое и самое маленькое значения получатся для осей, совпадающих с двумя из трех главных осей тела. На рисунке ось Z соответствует самому большому моменту инерции параллелепипеда, X – наименьшему, Y – промежуточному. Действительно, момент инерции тем больше, чем дальше части тела находятся от соответствующей оси. Например, кусочки параллелепипеда A и B находятся дальше от оси Z , чем от оси Y , а от оси Y дальше, чем от оси X .

3.6. Приложение

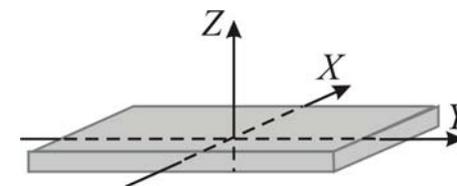
Это интересно



Хотя тело свободно вращается вокруг любой главной оси, не всегда это вращение является устойчивым. И оказывается, что вращение тела вокруг главных осей с самым большим и с самым маленьким моментами инерции является устойчивым. А заставить тело вращаться вокруг оси с промежуточным моментом инерции так же трудно, как заставить карандаш стоять на острие (хотя чисто теоретически возможно): такое движение неустойчиво.

Загадка кельтского камня объясняется расположением его главных осей, которые делают вращение неустойчивым. Кельтский камень вращается на основании, имеющем форму половинки эллипсоида. Но из трех осей симметрии эллипсоида только одна совпадает с направлением главной оси всего камня – вертикальная. Две другие главные оси сдвинуты от осей симметрии в сторону, вдоль которой смещен и лежащий сверху штырь. Это не имело бы ни какого значения, если бы дно было сферой. Однако эллипсоид имеет разные радиусы кривизны в направлениях двух главных осей.

Следовательно, вращение вокруг вертикальной оси становится неустойчивым. Небольшие возмущения, полученные от первоначального толчка или из-за неровностей стола, на котором раскручивали камень в «неправильном» направлении, быстро нарастают и заставляют его колебаться вокруг оси Y. Силы трения, действующие на камень во время колебаний, тормозят вращение в одну сторону и затем вызывают движение в противоположную.



3.6. Приложение



Лабораторная работа № 4

Измерение скорости полета пули



Содержание

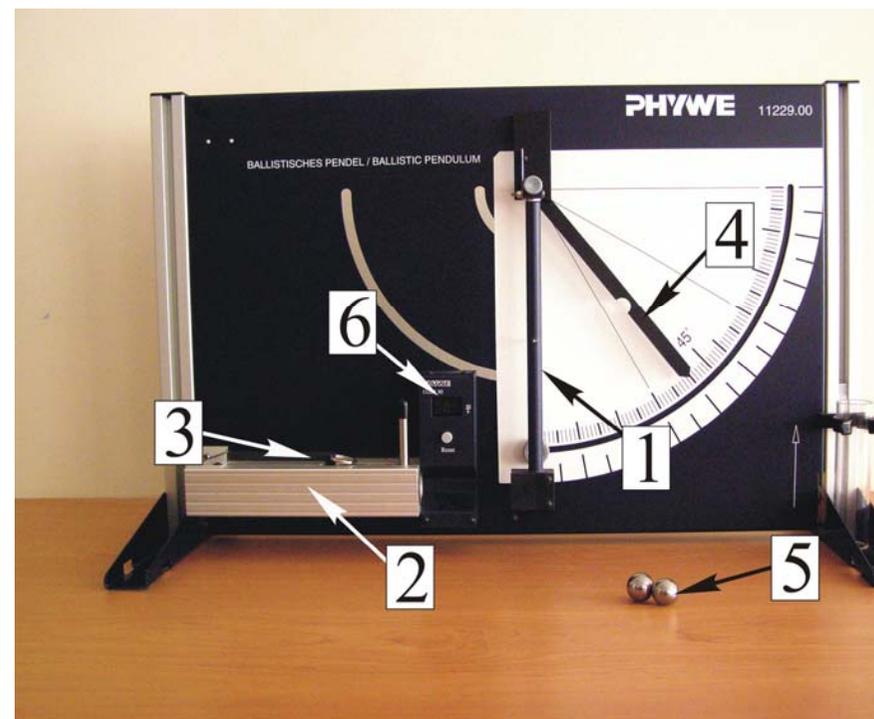
- 4.1. Цель работы, оборудование.
 - 4.2. Задание для работы.
 - 4.3. Методика эксперимента.
 - 4.3.1. Краткие теоретические сведения:
 - скорость;
 - кинематический метод;
 - метод баллистического маятника.
 - 4.3.2. План проведения работы:
 - упражнение 1: измерить скорость полета пули.
 - 4.4. Контрольные вопросы.
 - 4.5. Список рекомендуемой литературы.
 - 4.6. Приложение.
-

Содержание

Цель работы: приобретение практических навыков измерения скорости полета пули методом баллистического маятника.

Оборудование

- 1 – баллистический маятник;
- 2 – стреляющее устройство;
- 3 – курок;
- 4 – подвижная стрелка;
- 5 – пули (стальные шарики);
- 6 – приставка для измерения скорости.



4.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: измерить скорость полета пули.

4.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: скорость

Когда Аристотель, Галилей и даже Ньютон излагали механику, они понимали, что различные движения отличаются друг от друга скоростью. Термин «скорость» присутствовал в их трудах, однако определения этого понятия там нет. Они могли только отметить, что одно из двух движений происходит медленнее, а другое – быстрее. Вплоть до середины XVIII в. считалось недопустимым делить друг на друга величины разного рода. Поэтому можно было делить путь на путь и время на время, но нельзя было делить путь на время.

Превращение скорости из интуитивно понимаемого качества (быстроты) в строго определенную физическую величину произошло благодаря Леонарду Эйлеру (1707–1783), великому швейцарскому ученому, работавшему в России и Германии. Именно он впервые указал, что скорость измеряется частным от деления пути на время, после чего это простое определение было сразу принято всеми учеными, работавшими в области механики. Тем самым человечество было избавлено от страха перед делением разнородных величин, и путь к миру формул открылся.

В данной работе предлагается определить скорость движущегося тела двумя методами: кинематическим и методом баллистического маятника.



4.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: кинематический метод

Кинематический метод осуществляется с помощью специальной аппаратуры – приставки для измерения скорости, которая определяет скорость пули как отношение пройденного пути ΔS за некоторый промежуток времени Δt к этому промежутку времени:

$$v_k = \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$



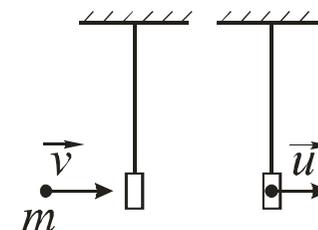
4.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: метод баллистического маятника

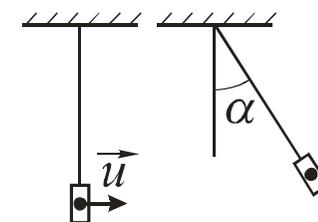
Метод баллистического маятника основан на идее использования неупругого удара, то есть такого, в результате которого столкнувшиеся тела продолжают движение как единое целое.

Метод баллистического маятника включает в себя два физических процесса: *неупругий удар и отклонение*.

1. *Неупругий удар*: горизонтально летящая пуля со скоростью v неупруго ударяется о мишень маятника, застревает в нем и сообщает маятнику скорость u .



2. *Отклонение*: маятник с пулей, имея горизонтальную скорость u , движется вокруг закрепленной оси (ось подвеса маятника). В результате маятник отклоняется на угол α , который можно измерить на данной установке.



4.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: метод баллистического маятника

Используя метод баллистического маятника, скорость полета пули можно вычислить по формуле

$$v_0 = 2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\frac{(I + ml^2)(M + m)g}{m^2 l}}, \quad (1)$$

где m – масса пули;

l – расстояние от оси вращения до центра пули, застрявшей в мишени;

I, M – параметры маятника. Для данной экспериментальной установки

$$I = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \text{ и } M = 6,58 \cdot 10^{-2} \text{ кг}.$$



4.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: измерить скорость полета пули



1. Измерьте массу пули m . Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$m = m_{cp} \pm \Delta m.$$



2. Измерьте расстояние от оси вращения до центра ловушки баллистического маятника l . Результат измерений запишите с учетом погрешности прибора:

$$l = l_{cp} \pm \Delta l.$$

4.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: измерить скорость полета пули



3. Прикрепите шарик к магниту стреляющего устройства, растяните пружину. Затем оттяните курок назад до упора. Убедитесь, что стрелка показывает на отметку «ноль». Спустите курок. Определите угол отклонения маятника α . Снимите показания с приставки определения скорости – v_l . Опыт повторить 5 раз. Результаты измерений занесите в таблицы 1.

Таблица 1

$N_{\text{п}}$	$v_{\text{к}}, \text{ м/с}$	$\alpha, \text{ град}$	$\alpha, \text{ рад}$

4. По формуле (1) вычислите скорость полета пули – $v_{\text{б}}$. Оцените точность измерений.
5. Найдите величину ошибки скорости полета пули $v_{\text{к}}$, полученной кинематическим методом.

4.3. Методика эксперимента

Часть 1

1. Человек сидит в центре вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси карусели и держит в руках длинный шест за его середину. Если он повернет шест из вертикального положения в горизонтальное, то частота вращения в конечном состоянии

а) увеличится; б) не изменится; в) уменьшится.

2. Две материальные точки одинаковой массы движутся с одинаковой угловой скоростью по окружностям радиусами $R_1 = 2R_2$. При этом отношение моментов импульса точек L_1 / L_2 равно ...

а) 4; б) $1/4$;

в) 2; г) $1/2$.

Часть 2

Тело массой 2 кг поднято над Землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Если на поверхности Земли потенциальная энергия тела равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, вычислите скорость с которой оно упадет на Землю.

4.4. Контрольные вопросы

1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. Пособие для вузов. М.: Высш. шк.,2002. 541с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Учеб. пособие для студ. втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
4. URL:<http://dic.academic.ru>
5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
6. URL:<http://school-collection.edu.ru>
7. URL:<http://www.alleng.ru>

4.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

Поймать боевую пулю руками



Во время империалистической войны, как сообщали газеты, с французским летчиком произошел совершенно необыкновенный случай. Летая на высоте двух километров, летчик заметил, что близ его лица движется какой-то мелкий предмет. Думая, что это насекомое, летчик проворно схватил его рукой. Представьте изумление летчика, когда оказалось, что он поймал... германскую боевую пулю!

Не правда ли, это напоминает рассказы легендарного барона Мюнхгаузена, будто бы ловившего пушечные ядра руками?

А между тем в сообщении о летчике, поймавшем пулю, нет ничего невозможного. Пуля ведь не все время движется со своей начальной скоростью 800 – 900 м/с. Из-за сопротивления воздуха она постепенно замедляет свой полет и к концу пути — на излете — делает всего 40 м/с. А такую скорость развивает и самолет. Значит, легко может случиться, что пуля и самолет будут иметь одинаковую скорость; тогда по отношению к летчику пуля будет неподвижна или будет двигаться едва заметно. Ничего не будет стоить тогда, схватить ее рукой, — особенно в перчатке, потому что пуля, движущаяся в воздухе, сильно разогревается.

4.6. Приложение

Это интересно

Скорость (м/с)

Человеческая кровь	0,0005-
в капиллярах	0,02
в венах	0,1-0,2
в артерии	0,2-0,5
Пешеход	1,8
Комнатная муха	1,9
Стрекоза	8,4
Воробей	10,8
Пассажирский поезд	16
Нервный импульс	40-100
Молекула кислорода при температуре 0°C (средняя скорость)	425
Луна на орбите вокруг Земли	1 000
Земля по орбите вокруг Солнца	30 000
Свет в вакууме	300 000 0 00

4.6. Приложение



Лабораторная работа № 5

Определение термического коэффициента упругости воздуха



Содержание

5.1. Цель работы, оборудование.

5.2. Задание для работы.

5.3. Методика эксперимента

5.3.1. Краткие теоретические сведения:

- термический коэффициент упругости воздуха;
- определение термического коэффициента упругости воздуха.

5.3.2. План проведения работы:

- упражнение 1: определить термический коэффициент упругости воздуха.

5.4. Контрольные вопросы.

5.5. Список рекомендуемой литературы.

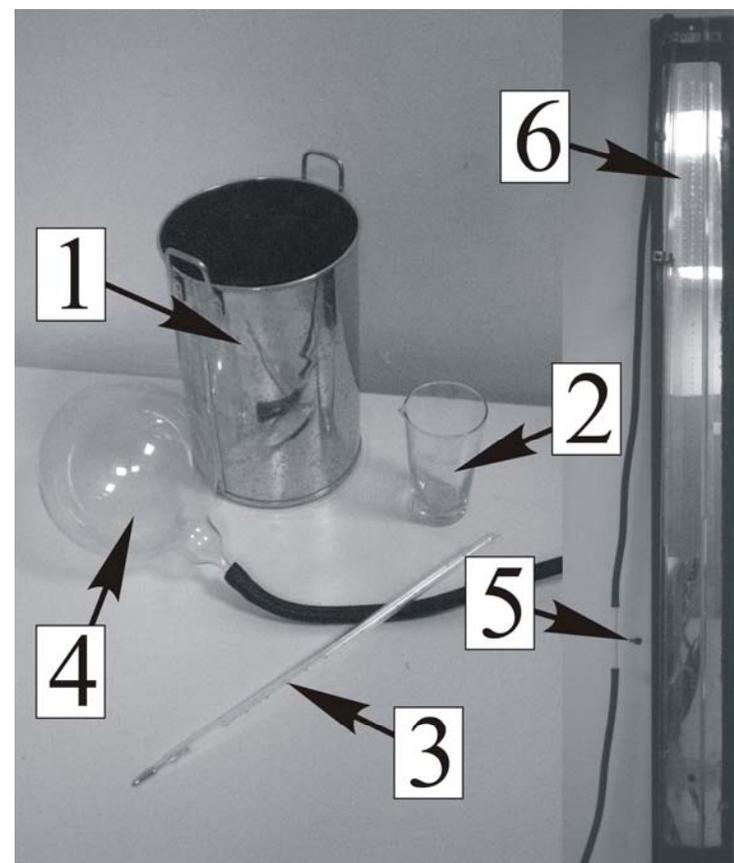
5.6. Приложение.

Цель работы: приобретение практических навыков определения термического коэффициента упругости воздуха.

Оборудование

Основными элементами установки являются:

- 1 – сосуд;
- 2 – лабораторный стакан;
- 3 – термометр;
- 4 – колба;
- 5 – пробка;
- 6 – манометр.



5.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить термический коэффициент упругости воздуха.

5.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: термический коэффициент упругости воздуха

Если зафиксировать объем (такой процесс называется изохорным; от греческого «изос» - постоянное и «хора» - «занимаемое место»), то меняться будет давление и температура. И оказывается, что при нагревании давление газа растет пропорционально температуре:

$$p = p_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

где p_0 – давление газа при нуле градусов Цельсия,

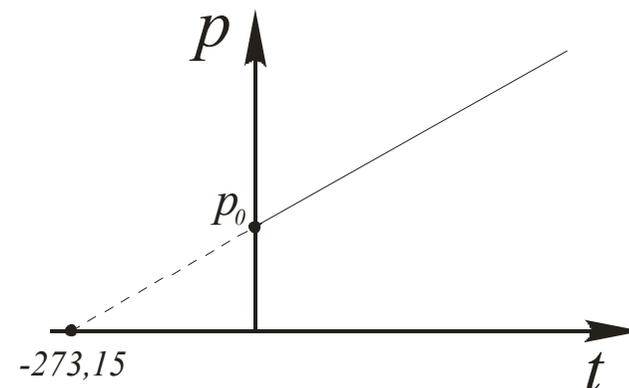
p – конечное давление газа,

α – термический коэффициент упругости газа при постоянном объеме, одинаков для всех смесей газов и равный примерно

$$\alpha \approx 1/273,15,$$

t – температура газа по шкале Цельсия.

Эта зависимость означает, что при нагревании газа на 1°C его давление увеличивается на $1/273,15$ своей величины при 0°C , а при температуре около -273°C обращается в нуль. Так что существует некая предельная температура, ниже которой охладить газ невозможно, при условии, что еще раньше он не превратится в жидкость и, следовательно, больше не будет подчиняться закону (1).



5.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: определение термического коэффициента упругости воздуха

Давления газа при температурах t_1 и t_2 равны соответственно

$$p_1 = p_0(1 + \alpha t_1) \quad \text{и} \quad p_2 = p_0(1 + \alpha t_2).$$

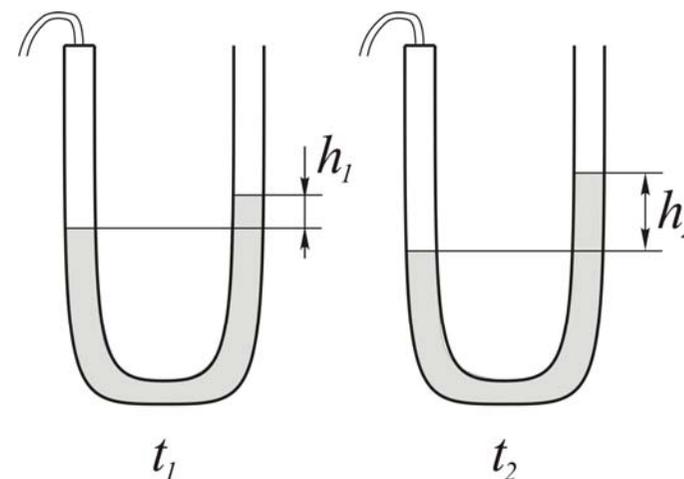
Откуда термический коэффициент упругости газа равен

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_0(t_2 - t_1)}.$$

Распишем давление в каждом случае:

– $p_0 = \rho_g g h_0$, где $h_0 \approx 10$ м – высота водяного столба манометра при нуле Цельсия,

– $\left. \begin{array}{l} p_1 = \rho_g g (h_A + h_1) \\ p_2 = \rho_g g (h_A + h_2) \end{array} \right\}$ где h_A – высота водяного столба манометра при комнатной температуре.



В итоге для термического коэффициента упругости газа имеем

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{10(t_2 - t_1)}. \quad (2)$$

5.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить термический коэффициент упругости воздуха



1. Заполните холодной водой сосуд на 1/4 его объема. Поместите колбу в стакан с водой. Откройте пробку. Оставьте колбу в этом положении на 4-5 мин для того, чтобы температура воздуха в ней стала равна температуре холодной воды. Закройте пробку.



2. Измерьте температуру воды в лабораторном стакане t , для этого поместите термометр в стакан с колбой и водой. Результат измерений запишите в таблицу 1.

Таблица 1

<i>№</i>	<i>t, °C</i>	<i>h, мм. вод. ст.</i>



3. Для измерения давления отметьте разницу уровней h между правым и левым коленом манометра. Результат измерений запишите в Таблицу 1.

5.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить термический коэффициент упругости воздуха



4. Подогрейте воду в сосуде с колбой, для этого добавьте в него 100 г горячей воды из лабораторного стакана. Оставьте прибор на несколько минут, пока температура воздуха в колбе не станет равной температуре воды. Повторите пункты 2 и 3.
5. Повторите пункт 4 три раза.
6. Используя данные таблицы 1, заполните таблицу 2.

Таблица 2

№	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{мм. вод. ст.}$	$\alpha, 1/^\circ\text{C}$
1	t_1	h_1	
2	t_2	h_2	$\alpha_1 = \frac{h_2 - h_1}{10(t_2 - t_1)}$
3	t_3	h_3	$\alpha_2 = \frac{h_3 - h_2}{10(t_3 - t_2)}$
4	t_4	h_4	$\alpha_3 = \frac{h_4 - h_3}{10(t_4 - t_3)}$
5	t_5	h_5	$\alpha_4 = \frac{h_5 - h_4}{10(t_5 - t_4)}$

7. Вычислите среднее значение термического коэффициента упругости воздуха α и ошибку измерения.

5.3. Методика эксперимента

1. Температура тела A равна 100 K , температура тела B равна 100°C . Какое утверждение является правильным?

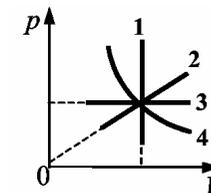
а) температура тела A выше, чем температура тела B ;

б) температура тела B выше, чем температура тела A ;

в) температуры тел A и B одинаковы;

г) сравнивать значения температуры тел нельзя, так как они приведены в разных единицах.

2. На рисунке представлены графики изопроецессов, проводимых с постоянным количеством идеального газа. Какие графики соответствуют изопроецессам?



а) изотерму —;

б) изобару —;

в) изохору —;

г) адиабату —.

3. Какова температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении по абсолютной шкале температур?

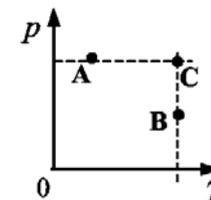
а) 100 K ;

б) 173 K ;

в) 273 K ;

г) 373 K .

4. Три состояния идеального газа неизменной массы показаны на pT -диаграмме точками A , B и C . Как соотносятся объемы газа в этих состояниях?



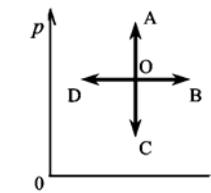
а) $V_A > V_B$;

б) $V_A > V_C$;

в) $V_A = V_B$;

г) $V_A = V_C$.

5. На рисунке представлены графики процессов в идеальном газе. Масса газа постоянна. Изохорному нагреванию



а) OA ;

б) OB ;

в) OC ;

г) OD .

5.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. Пособие для вузов. М.: Высш. шк.,2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. Втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://www.csiro.au>

5.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

От газовых законов к термодинамике

В трех вариантах поведения идеального газа – изотермическом, изобарном и изохорном процессах – один из параметров сохраняется постоянным. Но ведь в принципе ничего не мешает всем трем величинам – температуре, давлению и объему – меняться одновременно. Казалось бы, процессов подобного рода очень много. Но это совсем не так.

Рассмотрим процесс, в котором газ теплоизолирован, но может совершать работу. Этот случай чрезвычайно важен для понимания основных свойств теплоты. Называют его *адиабатным* (от греч. «адиабатос» – «непереходимый») *процессом* (в нем постоянна энтропия).

Условием адиабатического процесса является наличие теплоизолирующей оболочки. Примером теплоизолирующей оболочки может служить обычный термос, а примером адиабатного процесса – распространение звука в газе. С термосом все понятно: его посеребренные стенки обладают низкой теплопроводностью и отражают любые лучи, падающие на них и снаружи и изнутри. Но каким образом осуществляется теплоизоляция при распространении звука? При теплоизоляции нет ни притока, ни отдачи тепла. А что такое звук? Это распространение волны сжатия и разрежения. При распространении звука в местах сжатия газа температура повышается, а в местах разрежения – понижается. Но период звуковых колебаний столь мал, что за это время фактически не происходит теплообмена между сжатыми и разреженными слоями газа. Поэтому-то весь процесс можно считать адиабатным.

В адиабатном процессе изменяются все три величины – температура, объем, давление, и каждая пара из них подчиняется своему закону:

$$PV^\gamma = const; \quad TV^{\gamma-1} = const; \quad T^\gamma P^{\gamma-1} = const ,$$

а все вместе они связаны универсальным газовым законом : $PV = \nu RT$.

Прежде чем были получены эти соотношения, пришлось и экспериментально, и теоретически исследовать процесс распространения звука. Без этих исследований вряд ли удалось бы уяснить, что собой представляет адиабатный процесс, а без понимания этого – что такое энтропия, т.к. не удалось бы построить термодинамику. Словом, никогда заранее не известно, откуда придет неожиданная помощь.

5.6. Приложение

Это интересно

История термометра



Первый современный термометр был изготовлен в 1724 г. Даниелем Фаренгейтом, стеклодувом из Голландии. Современников удивляло, что спиртовые термометры, изготовленные Фаренгейтом, согласовались между собой. Секрет Фаренгейта был прост: мастер очень аккуратно наносил деления на шкалу, используя для этого несколько опорных точек. Самую низкую температуру суровой зимы 1709 г. он имитировал смесью льда, поваренной соли и нашатыря. Вторую точку исследователь получил, погружая термометр в смесь льда и воды.

Расстояние между этими точками Фаренгейт разделил на 32 части. Свою шкалу он проверял, измеряя температуру человеческого тела. Новая точка попадала на 98° . Позднее он вел еще и точку кипения воды – 212°

Во Франции в употребление вошла шкала Реомюра (около 1740 г.), построенная на температурах замерзания воды (0°) и ее кипение (80°). Реомюр из своих измерений вывел, что вода расширяется между этими двумя точками на 80 тысячных объема. До революции 1917 г. в России термометры Реомюра висели на улицах и во всех домах. Лишь в 30-х гг. XX в. они были вытеснены термометром Цельсия.



Современная шкала Цельсия была предложена в 1742 г. Шведскому физику не нравились отрицательные температуры, и он счел нужным перевернуть старую шкалу и поместить нуль в точку кипения воды, а 100° – в точку ее замерзания. Но «перевернутая шкала» не прижилась и очень скоро была «перевернута» обратно.

В Англии и США до сих пор распространен термометр Фаренгейта, и, читая английские книги, не следует удивляться, что мясо надо запекать при температуре $300 - 400^{\circ}$ и что температура ребенка 98° не вызывает тревоги у матери.



5.6. Приложение



Лабораторная работа № 6

Определение влажности воздуха



Содержание

6.1. Цель работы, оборудование.

6.2. Задание для работы.

6.3. Методика эксперимента.

6.3.1. Краткие теоретические сведения:

- постановка вопроса;
- атмосферная влажность;
- психрометрический метод измерения влажности воздуха;
- психрометрическая номограмма.

6.3.2. План проведения работы:

- упражнение 1: определить влажность воздуха в аудитории.

6.4. Контрольные вопросы.

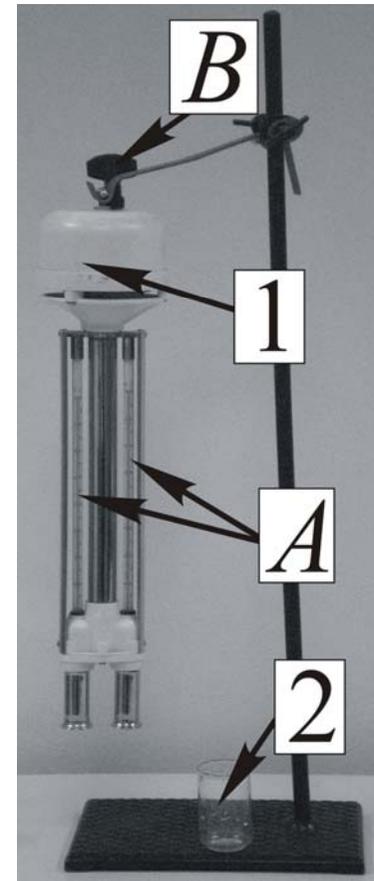
6.5. Список рекомендуемой литературы.

6.6. Приложение.

Цель работы: приобретение практических навыков определения влажности воздуха.

Оборудование:

- 1 – психрометр:
 - *A* – термометры;
 - *B* – ключ для вентилятора;
- 2 – лабораторный стакан для смачивания одного из термометров психрометра (левого).



6.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить влажность воздуха в аудитории.

6.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: постановка вопроса

Знаете, что общего между пустыней Сахара и обычной квартирой с центральным отоплением? Влажность воздуха! И там, и там она одинакова. Всего 20-25%! Что означает это число? Попробуем разобраться.

Только что срубленное бальсовое дерево может иметь влажность, достигающую до 600%, и весить очень много. В высушенном состоянии это дерево легче пробки.

Из бальсового дерева был сделан плот Коп Тікі знаменитого норвежского путешественника Тура Хейердала.



6.3. Методика эксперимента

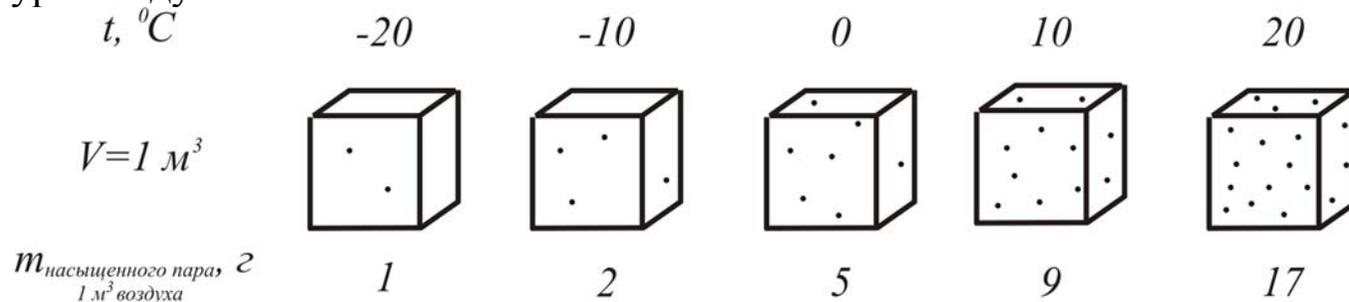
Краткие теоретические сведения: атмосферная влажность



Вследствие испарения воды с океанов, озер и рек, а также с поверхности суши и растительности, атмосферный воздух содержит водяной пар. Содержание водяного пара в воздухе характеризуется *абсолютной* и *относительной влажностью*.

Абсолютной влажностью называют массу водяного пара, фактически содержащегося при данных условиях в 1 м^3 воздуха ($m_{\text{пара в } 1 \text{ м}^3 \text{ воздуха}}$).

Воздух, содержащий максимальное количество влаги, которое он может удержать, называется *насыщенным*. Как видно из рисунка, максимальное количество влаги $m_{\text{насыщенного пара в } 1 \text{ м}^3 \text{ воздуха}}$ зависит от температуры воздуха.



Относительной влажностью называется отношение количества водяного пара, фактически имеющегося в воздухе, к тому количеству, которое необходимо для его насыщения при той же температуре:

$$\varphi = \frac{m_{\text{пара в } 1 \text{ м}^3 \text{ воздуха}}}{m_{\text{насыщенного пара в } 1 \text{ м}^3 \text{ воздуха}}} \cdot 100\%.$$

Для измерения влажности воздуха применяется психрометрический метод. Познакомимся с ним.

6.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: психрометрический метод измерения влажности воздуха

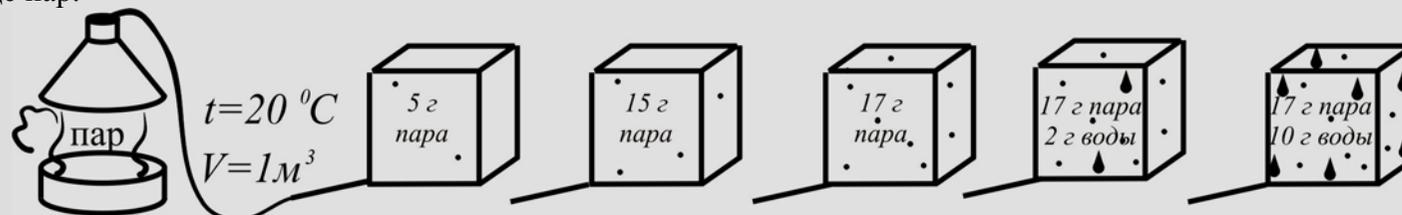
Инструмент, используемый для измерения количества водяного пара в воздухе, называется психрометром.

Он состоит из двух термометров: сухого и влажного. Термометры крепятся рядом на одном основании. Поверхность одного покрывается грубой намоченной тканью, которая может удерживать влагу. Поверхность второго термометра остается свободной и сухой. Испарение воды с предмета охлаждает его. Если воздух содержит много водяных паров, влага с мокрого термометра улетучивается медленно, и он не показывает сильного понижения температуры. Если воздух сухой, влага с мокрого термометра испаряется быстро и мокрый термометр показывает температуру значительно более низкую, чем сухой термометр.

Относительная влажность может быть определена по психрометрической номограмме путем сопоставления двух температур.



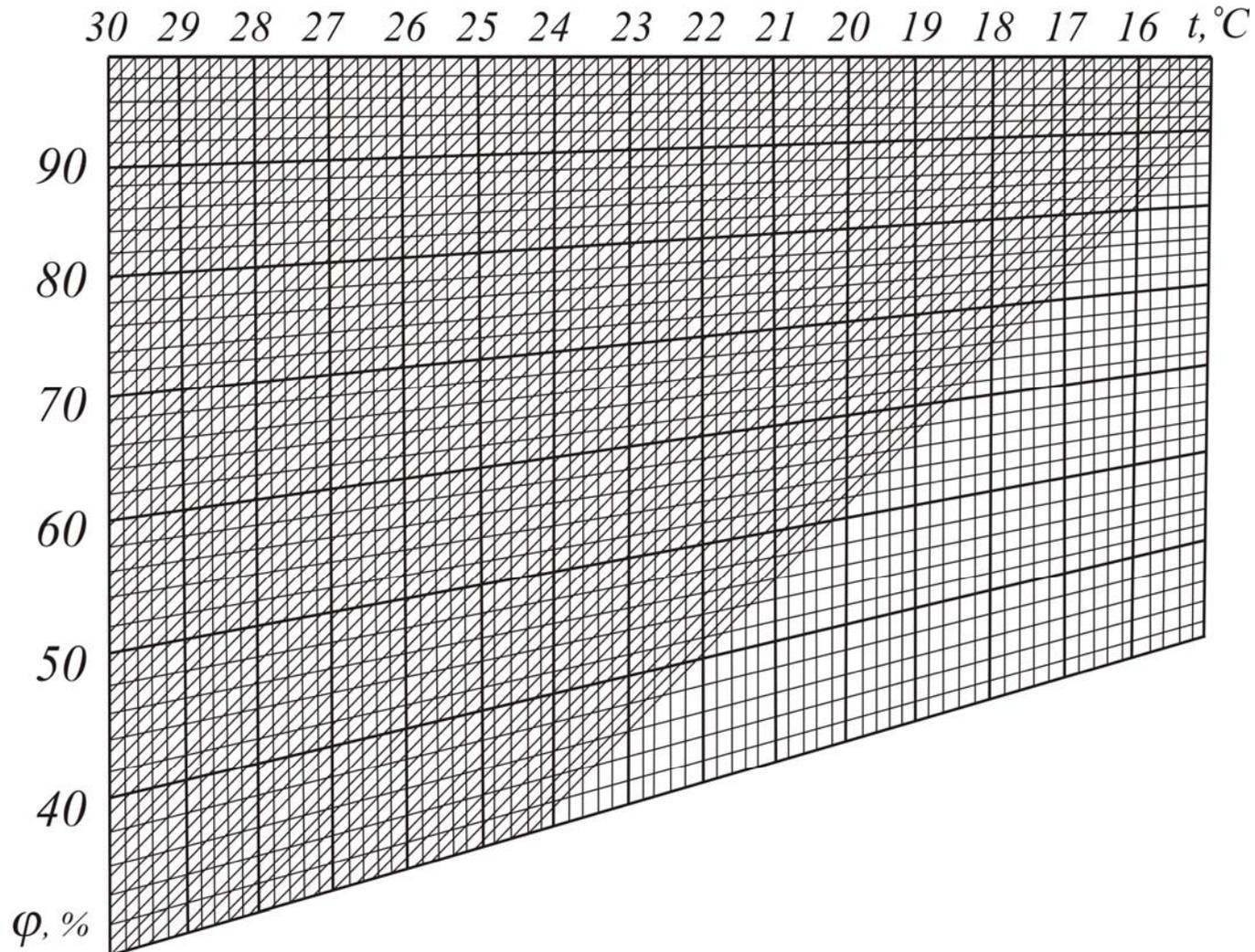
При температуре $t = 20^{\circ}\text{C}$ в 1 м^3 может содержаться не более 17 г пара. Проверим, так ли это. Добавим еще пар.



Ничего не вышло, как только масса пара превысила 17 г , пар начал конденсироваться в воду, – появился туман, стенки запотели.

6.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: психрометрическая номограмма



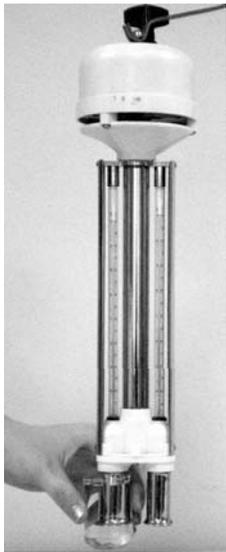
Относительная влажность определяется как точка пересечения вертикальных прямых (температура «сухого» $t_{\text{сух}}$ термометра) и наклонных прямых (температура «влажного» $t_{\text{влаж}}$ термометра). Пример: $t_{\text{сух}} = 23^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{влаж}} = 23^{\circ}\text{C}$. Используя линейку, получим $\varphi = 39\%$.

6.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить влажность воздуха в аудитории



1. В лабораторный стакан налейте воды.



2. Смочите обмотанный тканью левый термометр, для этого поднимайте стакан до тех пор, пока конец левого термометра не окажется погруженным в воду. Опустите стакан.

6.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить влажность воздуха в аудитории



3. Ключом *B* заведите вентилятор (3-4 оборота ключа) и следите за показаниями термометров. Когда показания установятся (через 4-5 мин), их запишите в таблицу 1. Вентилятор при этом должен работать.

Таблица 1

№	$t_{\text{влаж}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$

4. Повторите пункты 2, 3 пять раз. Пользуясь номограммой, для каждого опыта определите относительную влажность воздуха в аудитории. Вычислите ошибку измерений.

6.3. Методика эксперимента

-
1. В субботу температура воздуха была выше, чем в воскресенье. Масса водяного пара в 1 м^3 оставалась постоянной. В какой из дней относительная влажность воздуха была больше? Учтите, что масса насыщенного пара в единице объема увеличивается с ростом температуры.

 2. При одной и той же температуре насыщенный пар в закрытом сосуде отличается от ненасыщенного пара в таком же сосуде:
 - а) плотностью;
 - в) скоростью движения молекул;
 - с) средней энергией хаотического движения молекул;
 - д) отсутствием примеси посторонних газов.

 3. В сосуде под поршнем находится ненасыщенный пар. Его можно сделать насыщенным,
 - а) повышая температуру;
 - в) уменьшая объем сосуда;
 - с) увеличивая внутреннюю энергию;
 - д) добавляя в сосуд другой газ.

6.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. вузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://www.juliantrubin.com>
 7. URL:<http://littleshop.physics.colostate.edu>

6.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

Капиллярная конденсация



Известно, что масса пара, заключенного в единице объема, над вогнутой поверхностью жидкости меньше, чем над плоской или выпуклой поверхностью той же жидкости. Поэтому, когда ветер приносит водяной пар с плоской поверхности морей и рек к кучам камней в пустыне, в капиллярах которых свободная поверхность воды является вогнутой, принесенный водяной пар из насыщенного становится перенасыщенным, и над вогнутым мениском в капилляре начинается конденсация. Это происходит не только в капиллярах, пронизывающих камни, но и в капиллярах растений. Так образуется роса.

В Швейцарии за счет росы почва получает в среднем на 10% больше влаги, чем за счет дождя, поскольку роса выпадает здесь чаще и на более значительной территории, чем дождь. В Калифорнии с июня по сентябрь, когда нет дождей, почва получает влагу только за счет росы. В районе Гибралтара конденсационная влага собирается и стекает в особые резервуары – «пруды росы». Подобного типа пруды существуют и в некоторых районах Англии.

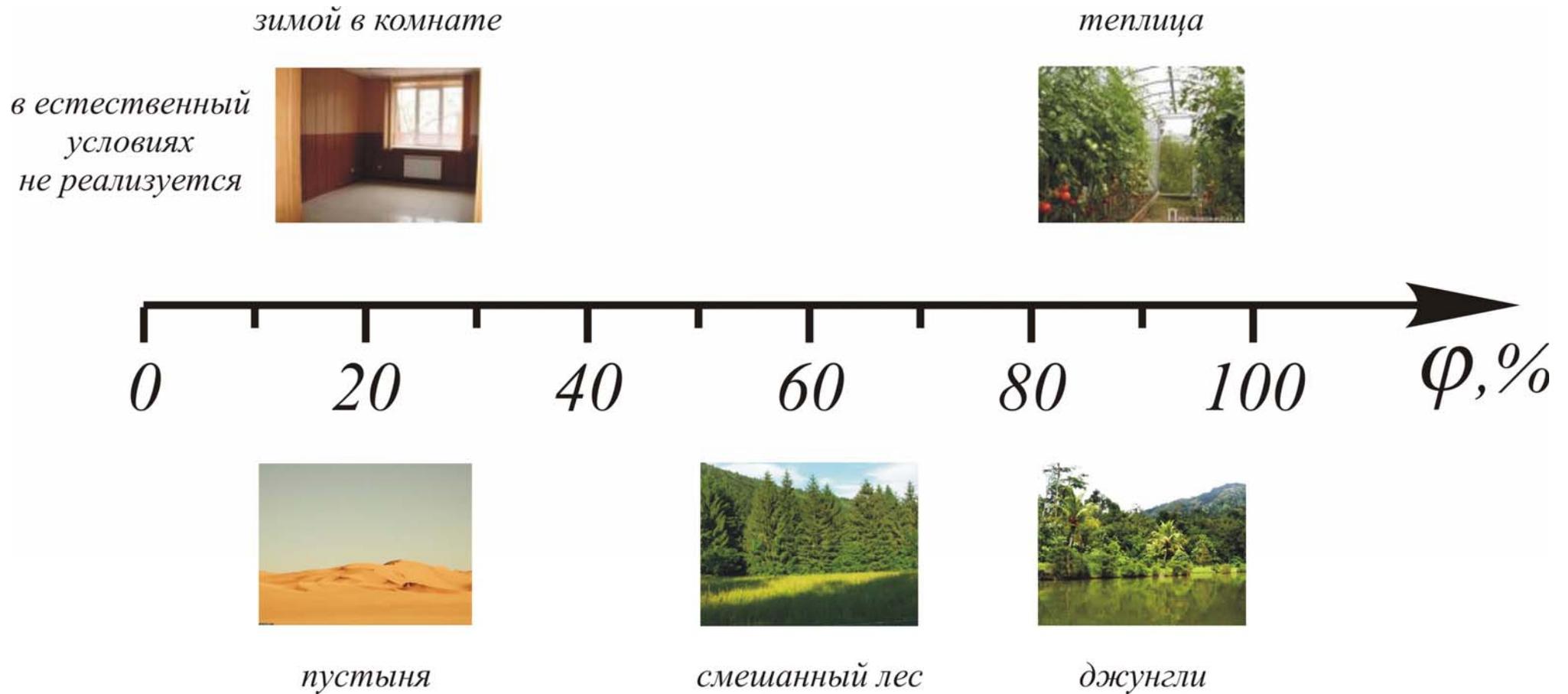
Вблизи Феодосии в Крыму до 1912 года действовала несложная установка для получения влаги из воздуха. Она состояла из нескольких куч камней (объем каждой из них составлял около 290 м^3), расположенных на водоупорном скальном основании. Возникавшая в каменных кучах за счет капиллярной конденсации вода отводилась по гончарным трубам в Феодосию, где питала небольшие фонтаны. Установка давала до 350 литров питьевой воды в сутки. Остатки устройств и приспособлений для получения влаги из воздуха найдены также в Сахаре, в горных районах Италии, в Тувинской республике, в Каракумах и на восточном побережье Каспия.

В 1934 году К.Э. Циолковским был предложен наиболее рациональный проект получения влаги в пустыне путем пропускания теплого и влажного воздуха через подземную галерею, заполненную крупными и мелкими камнями. Этим методом можно получить значительно больше влаги, чем с помощью конденсационных установок других типов.



6.6. Приложение

Это интересно



6.6. Приложение



Домашние лабораторные работы





Первый экспериментатор

Пожалуй, первый великий эксперимент был проведен Архимедом из Сиракуз. История с короной царя Гиерона в виде лаврового венка не только сделала его «отцом криминалистики», но и показала, как исследователь в ходе поиска ответа на один вопрос может найти решение совсем иной проблемы. Однако важнее другое:

Архимед был, наверное, первым ученым, опиравшимся и на теорию, и на эксперимент. Его закон плавания тел – результат наблюдений и эксперимента, закон рычага – итог размышления и догадок. Из механики Архимеда в большей мере, чем из умозрительных рассуждений Аристотеля, выросла физическая наука.





Домашняя лабораторная работа № 1

Определение начальной скорости
тела брошенного под углом
к горизонту



1.1. Цель работы, оборудование.

1.2. Задание для работы.

1.3. Методика эксперимента.

1.3.1. Краткие теоретические сведения:

– движение тела брошенного под углом к горизонту.

1.3.2. План проведения работы:

– упражнение 1: определить начальную скорость тела, брошенного под углом к горизонту.

1.4. Контрольные вопросы.

1.5. Список рекомендуемой литературы.

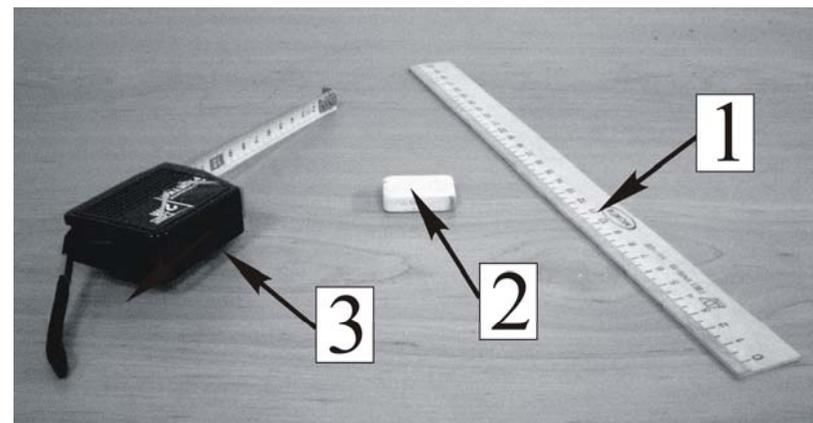
1.6. Приложение.

Цель работы: приобретение практических навыков определения начальной скорости движения тела.

Оборудование

Основными элементами установки являются:

- 1 – линейка длиной 30 см;
- 2 – ластик;
- 3 – рулетка.



Упражнение 1: определить начальную скорость тела, брошенного под углом к горизонту.

1.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: движение тела, брошенного под углом к горизонту

Движение тела в поле тяжести земли описывается уравнением

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}.$$

Перейдем от векторного способа описания движения к координатному. Выберем систему отсчета так, как показано на рисунке, тогда

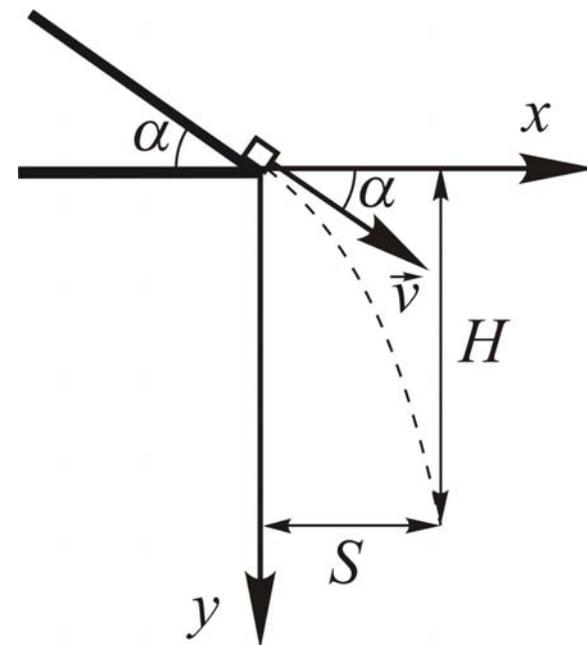
$$\begin{cases} x(t) = v_0 t \cos \alpha \\ y(t) = v_0 t \sin \alpha + \frac{g t^2}{2}. \end{cases}$$

В момент падения ($t = t_1$) координаты тела равны $x = S$ и $y = H$. Поэтому

$$\begin{cases} S = v_0 t_1 \cos \alpha \\ H = v_0 t_1 \sin \alpha + \frac{g t_1^2}{2}. \end{cases}$$

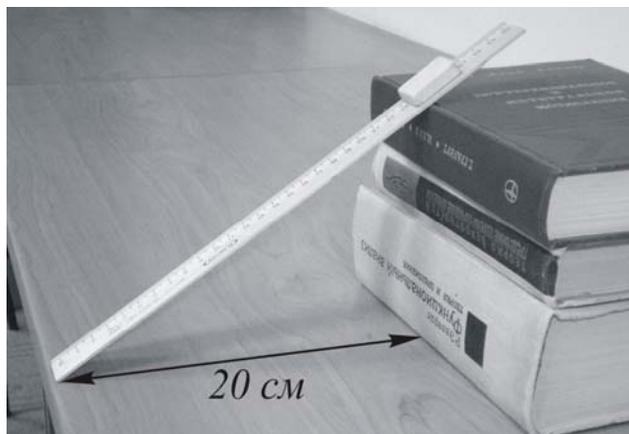
Решая полученную систему, найдем начальную скорость:

$$v_0 = \frac{S}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{g}{2(S \cdot \operatorname{tg} \alpha - H)}}.$$

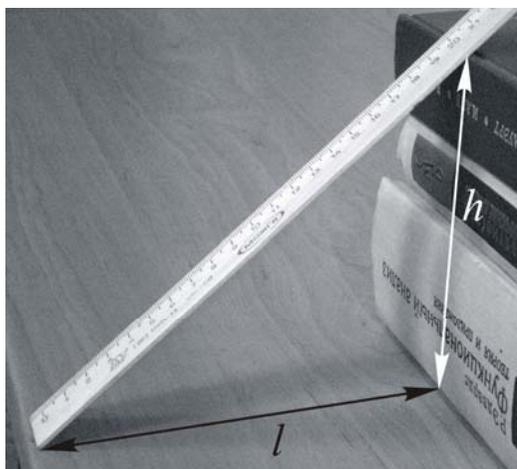


1.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определите начальную скорость тела, брошенного под углом к горизонту



1. Положите 3 книги друг на друга на расстоянии 20 см от края стола. На полу расстелите тряпку так, чтобы ее ближайший к столу край был на расстоянии 10 см , а дальний – на расстоянии 1 м . Линейку расположите, как показано на рисунке.



2. Положите ластик на линейку. Если он не двигается, измените угол наклона линейки. Для этого подвиньте книги к краю стола до тех пор, пока ластик не начнет скользить по линейке. Измерьте расстояние от края стола до книг l и высоту стопки книг h . Запишите результат с учетом погрешности

$$l = (l_{cp} \pm \Delta l) \text{ м} \quad \text{и} \quad h = (h_{cp} \pm \Delta h) \text{ м}.$$

Вычислите тригонометрические функции угла:

$$\cos \alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l}.$$

1.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определите начальную скорость тела, брошенного под углом к горизонту



3. Измерьте высоту стола:

$$H = (H_{cp} \pm \Delta H) \text{ м.}$$



4. Положите ластик на линейку и отпустите его. По следу на тряпке определите расстояние S и запишите в таблицу 1.

Таблица 1

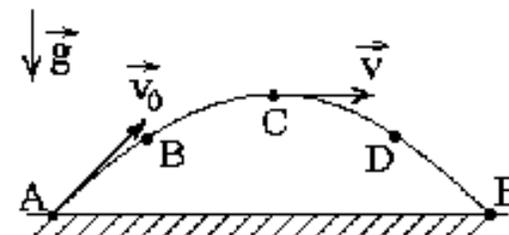
№	$S, \text{ м}$	$v_0, \text{ м/с}$

5. Прodelайте пункт 4 пять раз. Начальную скорость тела v_0 вычислите для каждого измерения и запишите в таблицу 1. Оцените погрешность ее измерения.

1.3. Методика эксперимента

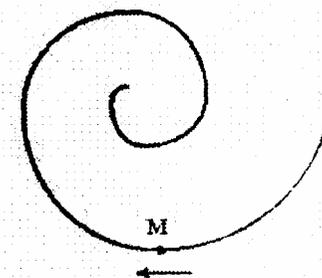
1. Камень бросили под углом к горизонту со скоростью V_0 . Его траектория в однородном поле тяжести изображена на рисунке. Сопротивления воздуха нет. Модуль тангенциального ускорения \vec{a}_τ на участке А-В-С ...

- а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется.



2. Точка M движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. При этом величина нормального ускорения

- а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется.



3. Если \vec{a}_τ и \vec{a}_n - тангенциальная и нормальная составляющие ускорения, то соотношения $\vec{a}_\tau = 0$ и $\vec{a}_n = 0$ справедливы для

- а) прямолинейного равноускоренного движения; б) прямолинейного равномерного движения; в) равномерного криволинейного движения; г) равномерного движения по окружности.

4. Мячик бросили с поверхности земли с начальной скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Мячик достигнет максимальной высоты через

- а) 1 с; б) 2 с; в) 3 с; г) 4 с.

1.4. Контрольные вопросы

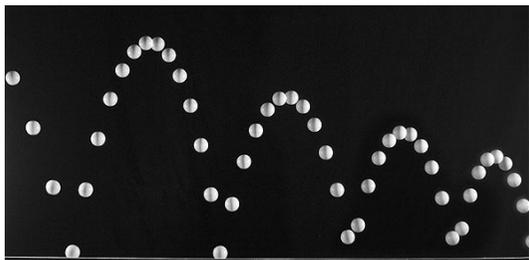
-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://school-collection.edu.ru>
 7. URL:<http://www.alleng.ru>

1.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

Стробоскопический метод изучения движения

Стробоскопический метод исследования движения – восприятие быстрой смены изображений отдельных моментов движения тела как непрерывного его движения.



Данный метод позволяет по стробоскопическим фотографиям определить:

- траекторию движения;
- ориентацию его в пространстве;
- направление, величину скорости и ускорения;
- результирующую силу, действующую на тело;
- изменение механической энергии тела.



На приведенной стробоскопической фотографии показано падение яблока. Продольные линии на снимке соответствуют расстоянию 10 см, интервалы между вспышками 0,01 с. Определим, с каким ускорением двигается яблоко. Для этого рассмотрим три последних положения яблока:

$$t_{10} = 0,09 \text{ с}, S_{10} = 0,4 \text{ м};$$

$$t_{11} = 0,10 \text{ с}, S_{11} = 0,49 \text{ м};$$

$$t_{12} = 0,11 \text{ с}, S_{12} = 0,60 \text{ м}.$$

Средняя скорость на интервале от t_{10} до t_{11} равна $v_1 = \frac{S_{11} - S_{10}}{t_{11} - t_{10}} = \frac{0,49 - 0,4}{0,10 - 0,09} = \frac{0,09}{0,01} = 9 \text{ м/с}.$

Средняя скорость на интервале от t_{11} до t_{12} равна $v_2 = \frac{S_{12} - S_{11}}{t_{12} - t_{11}} = \frac{0,60 - 0,49}{0,11 - 0,10} = \frac{0,11}{0,01} = 11 \text{ м/с}.$

Среднее ускорение на интервале от t_{11} до t_{12} равно $a = \frac{v_2 - v_1}{t_{12} - t_{10}} = \frac{10 - 9}{0,02} = 10 \text{ м/с}^2$, что примерно равно ускорению свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.



1.6. Приложение



Домашняя лабораторная работа № 2

Трение скольжение веревки



Содержание

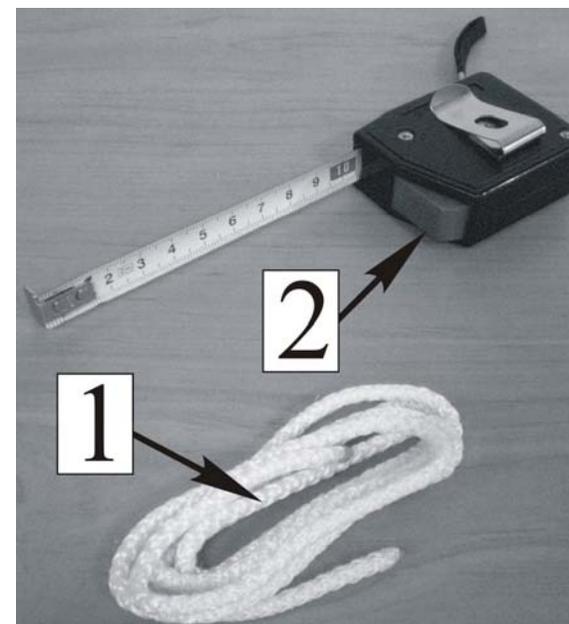
- 2.1. Цель работы, оборудование.
 - 2.2. Задание для работы.
 - 2.3. Методика эксперимента.
 - 1.3.1. Краткие теоретические сведения:
 - коэффициент трения;
 - эксперимент Кулона;
 - 1.3.2. План проведения работы:
 - упражнение 1: определить плотность твердого тела.
 - 2.4. Контрольные вопросы.
 - 2.5. Список рекомендуемой литературы.
 - 2.6. Приложение.
-

Цель работы: приобретение практических навыков определения коэффициента трения скольжения.

Оборудование

Основными элементами установки являются:

- 1 – бельевая веревка (длиной примерно *100 см*);
- 2 – рулетка.



2.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить коэффициент трения бельевой веревки о стол.

2.2. Задание для работы

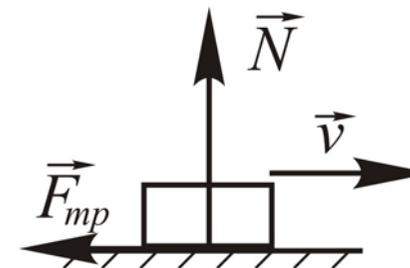
Краткие теоретические сведения: сила трения скольжения

В 1781 г. Шарль Кулон, изучая трение веревок о детали, которые в то время были одними из основных частей механизмов, экспериментально установил, что сила трения $F_{тр}$ прямо пропорциональна силе реакции опоры N :

$$F_{тр} = \mu N.$$

Коэффициент пропорциональности μ – коэффициент трения – определяется шероховатостью соприкасающихся поверхностей; для более гладких поверхностей он меньше.

Воспользуемся идеей Кулона и определим коэффициент трения веревки о деревянный стол.



2.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: эксперимент Кулона

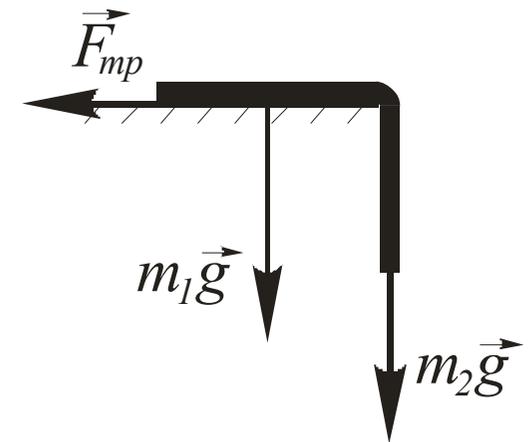
Расположим веревку массой m , длиной L так, чтобы один из ее концов немного свисал со стола. Увеличивая длину свешивающейся части веревки, найдем такое ее положение, когда веревка начнет самостоятельно скользить.

В этот момент:

- сила трения, действующая на левую часть веревки, уравновешивается силой тяжести правой ее части: $F_{mp} = m_2 g$;
- левая часть веревки имеет массу $m_1 = \frac{m}{L} x$, а правая – $m_2 = \frac{m}{L} (L - x)$.

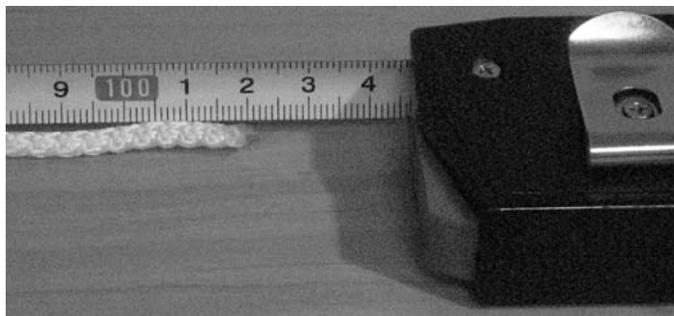
Учитывая эти условия, получаем

$$\begin{aligned} \mu m_1 g &= m_2 g \\ \mu &= \frac{L - x}{x}. \end{aligned} \quad (1)$$



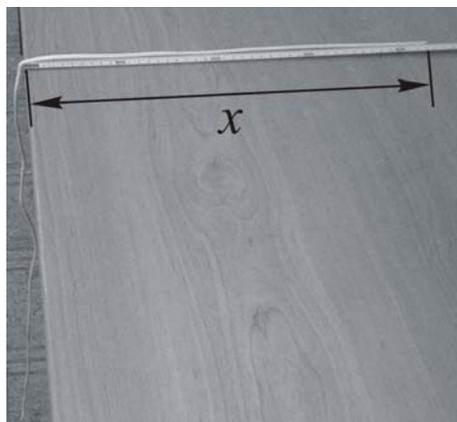
2.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить коэффициент трения бельевой веревки о стол



1. Измерьте длину веревки и запишите результат.

$$L = (L \pm \Delta L) \text{ м.}$$



2. Положите веревку на стол перпендикулярно его краю. Постепенно свешивайте часть веревки со стола до тех пор, пока она не начнет скользить. В этот момент измерьте длину веревки расположенной на столе, и запишите результат.

$$x = (x \pm \Delta x) \text{ м.}$$

Повторите опыт 5 раз.

3. Используя формулу (1), вычислите коэффициент трения скольжения μ и оцените точность измерений.

2.3. Методика эксперимента

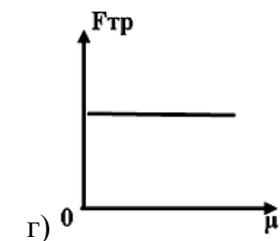
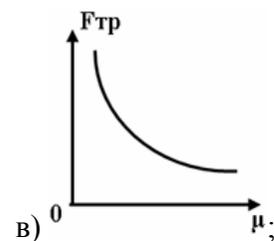
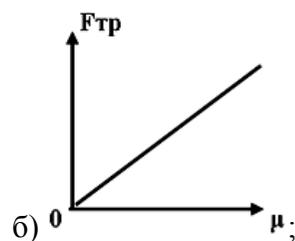
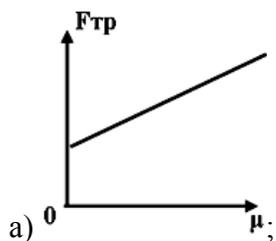
1. Чему равен модуль ускорения автомобиля массой 1 т при торможении на горизонтальной поверхности, если коэффициент трения об асфальт составляет $0,4$?

- а) 100 м/с ; б) 10 м/с ; в) 4 м/с ; г) $0,4\text{ м/с}$.

2. Сани со стальными полозьями перемещаются по льду равномерно, прилагая горизонтальное усилие 2 Н . Определить массу саней, если коэффициент трения стали о лед равен $0,02$.

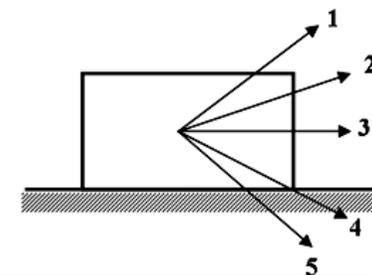
- а) 5 кг ; б) $12,5\text{ кг}$; в) 15 кг ; г) 10 кг .

3. Тело постоянной массы движется по горизонтальной поверхности. Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость силы трения от коэффициента трения скольжения?



4. Тело может двигаться по горизонтальной поверхности под действием одинаковых по модулю сил, направления которых показаны на рисунке. Под действием какой из нижеприведенных сил, сила трения, действующая на это тело, будет максимальной?

- а) F_1 ; б) F_2 ; в) F_3 ; г) F_4 ; д) F_5 ;



2.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. Шк.,2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. Дятлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для студ. втузов. М.: Академия, 2003. 719 с.
 4. URL:<http://dic.academic.ru>
 5. URL:<http://ru.wikipedia.org>
 6. URL:<http://school-collection.edu.ru>
 7. URL:<http://www.alleng.ru>

2.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

Спор, который длился 100 лет



Шел 1500 год. Итальянский художник и ученый Леонардо да Винчи проводил странные опыты, чем удивлял своих учеников: он таскал по полу то плотно свитую веревку, то ту же веревку во всю длину. Его интересовал ответ на вопрос: зависит ли сила трения скольжения от величины площади соприкасающихся в движении тел? Леонардо да Винчи получил потрясающий вывод: сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся тел. Попутно Леонардо да Винчи исследовал зависимость силы трения от материала, из которого изготовлены тела, от величины нагрузки на эти тела, от скорости скольжения и от степени гладкости или шероховатости их поверхностей. Он получил следующие результаты:

- 1) от площади не зависит;
- 2) от материала не зависит;
- 3) от величины нагрузки зависит (пропорциональна ей);
- 4) от скорости скольжения не зависит;
- 5) зависит от шероховатости поверхностей.

1699-й год. Французский ученый Амонтон в результате своих опытов так ответил на те же пять вопросов: на первые три – так же, как Леонардо да Винчи, на четвертый – зависит, на пятый – не зависит.

В течение XVIII и XIX вв. насчитывалось до 30 исследований на эту тему. Их авторы соглашались только в одном: сила трения пропорциональна силе нормального давления, действующей на соприкасающиеся тела. А по остальным вопросам согласия не было. Продолжал вызывать недоумение даже у самых видных ученых экспериментальный факт: сила трения не зависит от площади трущихся тел.

1779 год. В связи с внедрением машин и механизмов в производство назрела острая необходимость в более глубоком изучении законов трения. Выдающийся французский физик Кулон занялся решением задачи о трении и посвятил этому два года. Он ставил опыты на судостроительной верфи в одном из портов Франции. Там он нашел те практические производственные условия, в которых сила трения играла очень важную роль. Кулон на все вопросы ответил - да. Общая сила трения в какой-то малой степени все же зависит от размеров поверхности трущихся тел, прямо пропорциональна силе нормального давления, зависит от материала соприкасающихся тел, зависит и от скорости скольжения, и от степени гладкости трущихся поверхностей. В дальнейшем ученых стал интересовать вопрос влияния смазки и были выделены виды трения: жидкостное, чистое, сухое и граничное.

2.6. Приложение



Домашняя лабораторная работа № 3

Определение доли воды в комке мокрого снега



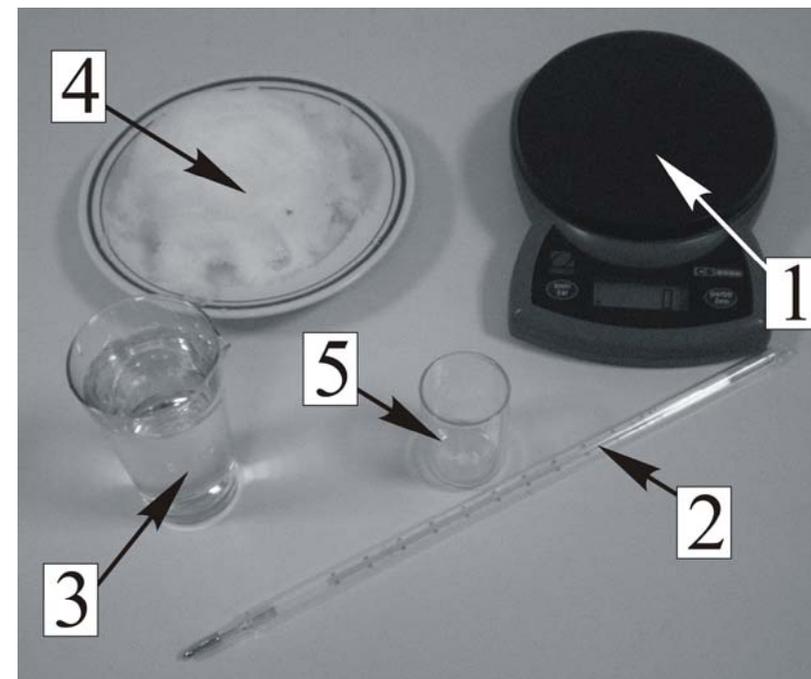
Содержание

- 3.1. Цель работы, оборудование.
 - 3.2. Задание для работы.
 - 3.3. Методика эксперимента.
 - 3.3.1. Краткие теоретические сведения:
 - закон сохранения энергии в тепловых процессах;
 - плавление снега.
 - 3.3.2. План проведения работы:
 - упражнение 1: определить долю воды в комке мокрого снега.
 - 3.4. Контрольные вопросы.
 - 3.5. Список рекомендуемой литературы.
 - 3.6. Приложение.
-

Цель работы: приобретение практических навыков определения доли воды в комке мокрого снега.

Оборудование:

- 1 – весы;
- 2 – термометр;
- 3 – стакан с теплой водой;
- 4 – комок мокрого снега;
- 5 – пустой стакан.



3.1. Цель работы, оборудование

Упражнение 1: определить долю воды в комке мокрого снега.

3.2. Задание для работы

Краткие теоретические сведения: закон сохранения энергии в тепловых процессах

Среди законов физики есть такие, которые очень широко применяются в описании поведения тех или иных систем. Одним из таких законов является закон сохранения энергии в тепловых процессах, то есть для изолированной системы изменение внутренней энергии равно нулю:

$$\Delta U_{\text{сис}} = 0.$$

Бумага – хороший теплоизолятор. Поэтому стенки бумажных осиных гнёзд служат надёжным препятствием для теплообмена с окружающей средой. Колебания температуры внутри гнезда не превышают половины градуса. Даже когда снаружи сравнительно холодно (мороз в -10 градусов), то в гнезде поддерживается оптимальная для развития личинок температура в $+30$ градусов.

Как осы разогревают свой дом?

Осы то расслабляют, то напрягают мускулатуру, которая двигает крыльями (сами крылья в это время не работают). Получается эффект, подобный работе двигателя автомобиля на холостом ходу. Тепло, образующееся в вибрирующих мышцах осы, распространяется от неё во все стороны. Маленькая живая печечка получается! Но оса не одна в гнезде, а их много – вот и образуется тепличный эффект в осином доме.

Ну а если нужно охладить внутренние покои бумажного осиного жилища-шатра?

Тогда осы приносят воду и разбрызгивают её по сотам. А чтобы вода быстрее испарялась (испарение требует затраты тепла), осы стоят над сотами, у входа в гнездо и машут крыльями в очень быстром темпе. Такого рода вентиляция очень надёжна: в течение нескольких секунд температура в гнезде падает на несколько градусов. (Из книги Игоря Акимушкина «Мир животных»).

3.3. Методика эксперимента

Краткие теоретические сведения: плавление снега

В сосуд, содержащий мокрый снег массой m при температуре $t = 0^\circ\text{C}$, вольем теплую воду при температуре t_g такой массы m_g , чтобы весь лед растаял. В результате чего установится температура t_{cm} .

В процессе теплового взаимодействия в системе лед-вода внутренняя энергия воды, отдающей тепло, уменьшается ($\Delta U_g < 0$), а внутренняя энергия снега, получающего теплоту увеличивается ($\Delta U_c > 0$). Запишем закон сохранения энергии для такой системы:

$$\Delta U_g + \Delta U_{cm} = 0.$$

– Теплая вода, отдавая теплоту, остывает от температуры $t = 0^\circ\text{C}$ до t_{cm} . Поэтому внутренняя энергия воды уменьшится на величину

$$\Delta U_g = c_g m_g (t_{cm} - t_g).$$

– В комке мокрого снега массой m содержится вода массой m_l и сухой снег массой $(m - m_l)$. Получая теплоту, сухой снег плавится, превращаясь в воду, затем эта вода и имевшаяся ранее вода в мокром снеге нагреваются. В результате внутренняя энергия снежного комка увеличивается на величину

$$\Delta U_c = (m - m_l)\lambda + c_g m (t_{cm} - 0) = (m - m_l)\lambda + c_g m t_{cm}.$$

Закон сохранения примет вид

$$c_g m_g (t_{cm} - t_g) + (m - m_l)\lambda + c_g m t_{cm} = 0,$$

откуда доля воды в комке мокрого снега $(m - m_l)/m$ равна

$$\frac{(m - m_l)}{m} = \frac{c_g}{\lambda} \left[\frac{m_g}{m} (t_{cm} - t_g) + c_g t_{cm} \right].$$

3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить долю воды в комке мокрого снега



1. Взвесьте пустой стакан:

$$m_1 = (m_{1cp} \pm \Delta m) \text{ кг}.$$

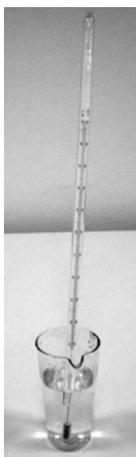


2. Положите в стакан мокрый снег и взвесьте его:

$$m_2 = (m_{2cp} \pm \Delta m) \text{ кг}.$$

По разности масс заполненного m_2 и пустого m_1 стакана определите массу комка мокрого снега:

$$m = ((m_{2cp} - m_{1cp}) \pm 2\Delta m) \text{ кг}.$$



3. Измерьте температуру теплой воды t :

$$t = (t \pm \Delta t) ^\circ\text{C}.$$

3.3. Методика эксперимента

План проведения работы: упражнение 1: определить долю воды в комке мокрого снега



4. Медленно добавляйте в стакан со снегом теплую воду, пока весь снег не растает. Взвесьте стакан с водой и растаявшим снегом:

$$m_3 = (m_{3cp} \pm \Delta m) \text{ кг}.$$

5. Определите массу долитой теплой воды m_6 . Для этого вычислите разность масс стакана со снегом и теплой водой m_3 и стакана со снегом m_2 :

$$m_6 = ((m_{3cp} - m_{2cp}) \pm 2\Delta m) \text{ кг}.$$



6. Измерьте термометром конечную температуру смеси:

$$t_{см} = (t_{см.ср} \pm \Delta t) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7. По формуле (1) вычислите процентное содержание воды в комке мокрого снега. Оцените точность измерения.

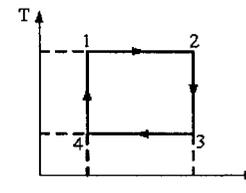
3.3. Методика эксперимента

1. Средняя кинетическая энергия молекул газа при температуре T зависит от их структуры, что связано с возможностью различных видов движения атомов в молекуле гелия (He), равна...

- а) $\frac{1}{2}kT$; б) $\frac{3}{2}kT$; в) $\frac{5}{2}kT$; г) $\frac{7}{2}kT$.

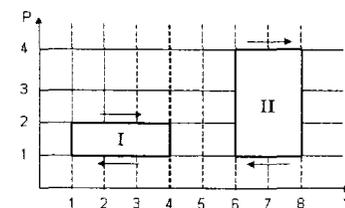
2. На рисунке изображён цикл Карно в координатах (T, S) , где S – энтропия. Изотермическое расширение происходит на этапе

- а) 3-4; б) 1-2; в) 4-1; г) 2-3.



3. На (P, V) – диаграмме изображены два цилиндрических процесса. Отношение работ A_I / A_{II} , совершённых в этих циклах, равно

- а) 2; б) $-1/2$; в) $1/2$; г) -2 .

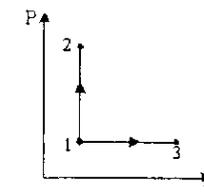


4. Тепловая машина работает по циклу Карно. Если температуру нагревателя увеличить, то КПД цикла...

- а) уменьшится; б) не изменится; г) увеличится.

5. Молярные теплоёмкости гелия в процессах 1-2 и 1-3 равны C_1 и C_2 соответственно. Тогда $\frac{C_1}{C_2}$ составляет

- а) $\frac{3}{5}$; б) $\frac{5}{7}$; в) $\frac{7}{5}$; г) $\frac{5}{3}$.



3.4. Контрольные вопросы

-
1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. Шк.,2002. 541с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 5 кн. Кн.1. Механика. Молекулярная физика СПб.: Лань, 2005. 432с.
 3. URL:<http://dic.academic.ru/>
 4. URL:<http://ru.wikipedia.org/>
 5. URL:<http://school-collection.edu.ru/>
 6. URL:<http://www.alleng.ru/>

3.5. Список рекомендуемой литературы

Это интересно

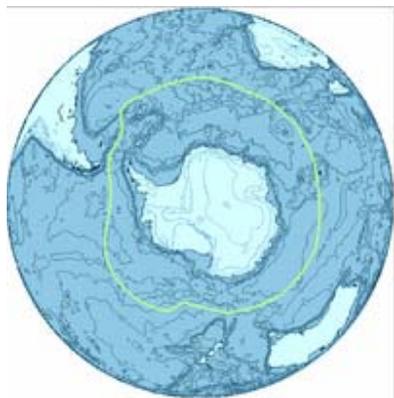
Одежда вскоре сможет приспосабливаться к изменению температуры

В британских учебных заведениях *The University of Bath* и *The London College of Fashion* разрабатывают «умный» материал, который будет и охлаждать владельца, и не давать ему замёрзнуть. Новую технологию учёные «подсмотрели» у сосновых шишек. Верхний слой такой ткани покрыт крошечными иголочками из водоотталкивающего материала. Стоит только человеку начать потеть, как иголочки, среагировав на присутствие влаги, поднимутся, и ткань начнёт пропускать внутрь воздух (так и сосновые шишки открываются и разбрасывают семена). Как только человек прекращает потеть, иголочки опять закрывают доступ воздуху.



Арктика и Антарктика

Несмотря на то, что летом Антарктика получает примерно на 7% больше солнечного тепла, чем Арктика, климат в Арктике значительно теплее, чем в Южной полярной области. Есть несколько причин, объясняющих это, на первый взгляд, странное явление. Одна из них – свободное сообщение Северного Ледовитого океана с Атлантическим на обширном пространстве между Гренландией и северной оконечностью Европы. Тёплые воды Атлантики, в том числе мощный Гольфстрим, свободно проникая под арктические льды, отдают колоссальное количество тепла Арктике, чем значительно смягчают её климат. Кроме того, вместе с пресной водой впадающих в Северный Ледовитый океан крупнейших рек Евразии и Северной Америки Арктика круглый год получает дополнительное количество тепла, которого лишена Антарктика.



Но, пожалуй, одна из главных причин антарктического холода заключается в том, что существующий у Южного полюса материк является самым высоким из всех шести имеющихся на Земле. Средняя высота Антарктического континента – более 2000 м, тогда как следующая за ним по высоте Евразия имеет среднюю высоту всего около 900 м. Этот факт объясняется тем, что материковые породы Антарктиды покрывает мощный слой льда, средняя толщина которого составляет примерно 1800 м. В Центральной Арктике высота поверхности ледяных полей акватории Северного Ледовитого океана составляет считанные метры, что практически соответствует уровню моря. Только за счёт разности высот Антарктида должна быть холоднее Арктики в среднем примерно на 13 °С, а на вершине ледяного купола – на целых 25–28 °С, т.к. температура воздуха в атмосфере убывает на 6,5 °С с каждым километром высоты.

3.6. Приложение

Это интересно

Теплообмен организма человека с окружающей средой

Принимая пищу, человек пополняет свой организм энергией. Часть энергии выделяется. Теплоотдача организма составляет:



на дыхание и испарение воды.....	~8%;
на работу внутренних органов и систем.....	~2%;
на нагрев выдыхаемого воздуха.....	~1%;
на испарение воды с поверхности кожи.....	~17%;
на нагрев окружающего пространства.....	~30%;
на излучение.....	~40%.

Как видно, организм человека главным образом теряет энергию через кожу.

Одним из способов регулирования температуры тела является теплообмен за счёт конвективного охлаждения кожи: в результате циркуляции крови по капиллярным сосудам энергия отводится из внутренних органов к поверхности тела и затем в окружающую среду.

Довольно часто человек страдает от перегрева: при высокой температуре окружающей среды, напряжённой физической работе, при некоторых заболеваниях. Борьба с перегревом осуществляется в основном путём увеличения испарения. Потоотделение – важный фактор терморегуляции, поскольку благодаря испарению пота кожа охлаждается.

Существует другая проблема – чрезмерные потери энергии организмом. У животных для уменьшения потерь энергии имеются покровы из шерсти, пуха, жировой ткани – это теплоизолирующие прослойки между организмом и окружающей средой. У человека эту функцию выполняют одежда, жилище. Воздух в помещении служит теплоизолирующей прослойкой между телом и более холодной окружающей средой. Стены, крыши и пол жилища препятствуют конвективному переносу энергии из помещения на улицу.

Высокая теплоёмкость воды позволяет сохранить живыми ткани организма при кратковременном воздействии относительно высоких температур.

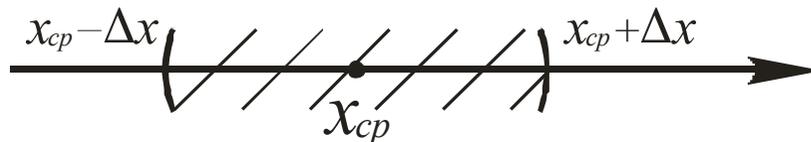
3.6. Приложение

1. Доверительный интервал

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно, поэтому результатом измерения всегда является доверительный интервал, в который попадает истинное значение измеряемой величины $x_{ист}$. В качестве наилучшего значения, близкого к истинному, для измеренной величины принимают среднее арифметическое x_{cp} из всех полученных результатов. Ширина интервала определяется абсолютной погрешностью измерения Δx . Таким образом,

$$x_{ист} \in (x_{cp} \pm \Delta x).$$

Доверительный интервал измеряемой величины x представлен на рисунке.



Гоголевский городничий утверждал, что, «нипригнувши не говорится никакая речь»; так же и любой экспериментатор скажет, что абсолютных измерений без погрешностей не бывает.

Наряду с абсолютной погрешностью Δx используется относительная погрешность ε , равная отношению абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{ист}} 100\%.$$

Опишем без доказательств основные правила определения доверительного интервала, а именно: среднего значения x_{cp} и абсолютной погрешности Δx измеренной величины.

2. Виды измерений

Вычисление доверительного интервала имеет свои особенности в зависимости от способа измерения. Все измерения делятся на прямые и косвенные.

Прямыми называют такие измерения, при которых измеряемая величина определяется каким-либо прибором. Известно, что непосредственно могут быть измерены лишь немногие физические величины, такие, как длина, масса тела, промежутки времени, температура и др. Остальные величины мы определяем с помощью вычислений, пользуясь функциональными связями между физическими величинами, найденными прямыми измерениями. Таким образом, если физическая величина определяется на основании формулы, то такое измерение называется *косвенным*.

Некоторые величины не удается определить точно и рассчитать погрешности. Подобные измерения называют *оценками*.

Мастером оценок был физик Энрико Ферми. На испытаниях атомной бомбы (США, 1945 г.) сразу после взрыва он начал разбрасывать изорванную бумагу. Когда через несколько секунд пришел фронт ударной волны, Ферми, прикинув, на какое расстояние отбросила волна клочки бумаги, сразу оценил мощность взрыва. Анализ показаний многочисленных приборов, проведенный позднее, подтвердил оценку Ферми.

Приложение. Математическая обработка результатов измерений

3. Обработка результатов прямых измерений

Первый способ: однократные измерения величины x .

В этом случае среднее значение величины x_{cp} будет равно измеренному, а абсолютная погрешность Δx – половине цены деления прибора: $x = (x_{cp} \pm \Delta x)$.

Второй способ: многократные измерения величины x .

1. Провести серию измерений изучаемой величины x : $x_1, x_2, x_3 \dots x_N$.

2. Найти среднее значение величины x :
$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}.$$

3. Определить среднеквадратичное отклонение:
$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(x_{cp} - x_1)^2 + (x_{cp} - x_2)^2 + \dots + (x_{cp} - x_N)^2}{N(N-1)}}.$$

4. Найти ошибки измерений:

– случайную: $\sigma_{сл} = t_{N\alpha} \sigma,$

где $t_{N\alpha}$ - коэффициент Стьюдента, численное значение которого для различных N и α приведено в Таблице 1;

– систематическую: $\sigma_{сис} = 0,5(\text{цена деления измерительного прибора});$

– абсолютную: $\Delta x = \sqrt{\sigma_{сл}^2 + \sigma_{сис}^2};$

– относительную: $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{cp}} 100\%.$

5. Записать результат эксперимента: $x = (x_{cp} \pm \Delta x)$.

Приложение. Математическая обработка результатов измерений

4. Обработка результатов косвенных измерений

Пусть $W = f(x, y, z)$ величина, измеряемая косвенно, а x, y, z – непосредственно измеряемые величины. Алгоритм вычисления доверительного интервала величины W :

1. Для каждой непосредственно измеренной величины определить доверительный интервал:

$$x = (x_{cp} \pm \Delta x),$$

$$y = (y_{cp} \pm \Delta y),$$

$$z = (z_{cp} \pm \Delta z).$$

2. Найти среднее значение величины W : $W_{cp} = f(x_{cp}, y_{cp}, z_{cp})$.

3. Определить среднеквадратичное отклонение: $\sigma_w = \sqrt{\left(\frac{\partial W}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial z} \Delta z\right)^2}$.

4. Найти ошибку измерений:

- абсолютную: $\Delta W = \gamma_\alpha \sigma_w$,

где γ_α - коэффициент Чебышева, численное значение которого для различных α приведено в Таблице 2;

- относительную: $\varepsilon = \frac{\Delta W}{W_{cp}} 100\%$.

5. Записать результат эксперимента: $W = (W_{cp} \pm \Delta W)$.

Приложение. Математическая обработка результатов измерений

5. Табличные значения

Таблица 1

Значения коэффициента Стьюдента $t_{N\alpha}$

Число измерений ($N - 1$)	Коэффициент надежности (α)		
	0,8	0,9	0,95
2	1,9	6,3	12,7
3	1,6	2,9	4,3
4	1,5	2,4	3,2
5	1,5	2,1	2,8
6	1,4	2,0	2,6
7	1,4	1,9	2,4
8	1,4	1,9	2,4
9	1,4	1,9	2,3
10	1,4	1,8	2,3

Таблица 2

Значения коэффициента γ_α для неравенства Чебышева

α	0,8	0,9	0,95
γ_α	2,2	3,2	4,4

Приложение. Математическая обработка результатов измерений

Новикова Татьяна Алевтиновна
Белослудцев Александр Вениаминович

Лабораторный практикум
по физике

Часть I

Учебно-методическое пособие для студентов нефизических специальностей

Напечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 09.12.09. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Усл.печ.л. 16,27. Уч.-изд.л. 7,6.

Тираж 120 экз. Заказ №

РИО, типография издательства «Удмуртский университет»

426034, Ижевск, Университетская 1, корп. 4