



**Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ ФИЗИКИ.
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ**

Рассмотрено на заседании кафедры физики
Протокол № 1 от 14.09.2015 г.
Утверждено учебно-издательским советом
ДонНТУ. Протокол № 9 от 21.09.2015 г.

УДК 53(071)

Методическое пособие для самостоятельной работы по курсу физики. Индивидуальные домашние задания / Сост.: Волков А.Ф., Лумпиева Т.П. – Донецк: ДонНТУ. – 2015. – 122 с.

Данное пособие является составной частью комплекта учебно-методических пособий по курсу физики, разработанных в соответствии с кредитно-модульной системой обучения.

Пособие содержит введение в физический практикум, методические указания по решению задач, многовариантные задания для индивидуальной домашней работы. Введение в физический практикум знакомит студентов с правилами выполнения и оформления лабораторных работ, методами расчёта погрешностей, правилами построения графиков, с простейшими измерительными инструментами и электроизмерительными приборами, а также техникой безопасности при работе с электрооборудованием.

Содержание задач соответствует программе курса «Физика» для инженерно-технических специальностей вузов. Приведены справочные материалы. В приложении даны образцы оформления лабораторной работы и индивидуального домашнего задания.

Пособие может быть использовано студентами всех специальностей, в том числе заочной формы обучения.

Рецензент:

Е.Н. Логинова, доц.

Отв. за выпуск:

В.А. Гольцов, проф.

© Волков А.Ф., Лумпиева Т.П., 2015

© ДонНТУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ	5
1.1. Некоторые советы и указания по выполнению лабораторной работы	5
1.2. Представление результатов измерений	6
1.2.1. Составление таблиц. Расчёты	6
1.2.2. Построение графиков	7
1.2.3. Оформление отчётов	10
1.2.4. Вычисление погрешностей	11
1.3. Измерительные инструменты	15
1.4. Электрические измерения	17
1.5. Основные правила безопасной эксплуатации электрических установок. . .	22
1.5.1. Основные положения	22
1.5.2. Опасность поражения электрическим током	22
1.5.3. Действие электрического тока на организм человека. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током . .	22
1.5.4. Меры безопасности при эксплуатации приборов и аппаратов	24
1.5.5. Первая доврачебная помощь пострадавшим от действия электрического тока	25
1.6. Введение в научно-исследовательскую работу	26
РАЗДЕЛ 2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ	29
2.1. Общие методические указания по решению задач	29
2.2. Индивидуальные домашние задания	30
2.2.1. Физические основы механики	30
2.2.2. Молекулярная физика и термодинамика	31
2.2.3. Электростатика. Постоянный ток	32
2.2.4. Электромагнетизм	33
2.2.5. Механические и электромагнитные колебания и волны	35
2.2.6. Волновая и квантовая оптика. Квантовая механика. Физика твёрдого тела. Ядерная физика	38
2.3. Таблицы вариантов заданий	41
РАЗДЕЛ 3. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	81
3.1. Некоторые сведения по математике	83
3.2. Основные физические постоянные	86
3.2.2. Греческий и латинский алфавиты	87
3.2.3. Множители и приставки для образования десятичных, кратных и дольных единиц и их наименований	88
3.2.4. Некоторые сведения о единицах физических величин	89
3.3. Таблицы физических величин	91
Приложение А. Образец оформления задачи индивидуального задания	106
Приложение Б. Образец оформления отчёта по лабораторной работе	108
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	119

ПРЕДИСЛОВИЕ

Физика является одной из фундаментальных дисциплин инженерно-технического образования. Целью преподавания курса общей физики является формирование у будущих инженеров современного физического мировоззрения, на котором базируются инженерно-технические специальности, ознакомление студентов с фундаментальными физическими законами и явлениями, лежащими в основе современных технологий, развитие навыков самостоятельной практической работы.

Важнейшей составной частью учебного процесса по физике являются лабораторные работы. Они способствуют выработке знаний и умений, закреплению основных знаний и приобретению навыков экспериментальной работы. Поэтому первый раздел является введением в физический практикум. Здесь Вы найдете общие методические рекомендации и советы по выполнению лабораторных работ, познакомитесь с тем, как надо представлять результаты измерений, т.е. как заполнять таблицы, проводить расчёты, строить графики, вычислять погрешности, оформлять отчёты по лабораторным работам.

Самостоятельная работа содействует усвоению учебного материала и углублению полученных знаний. Составной её частью являются индивидуальные домашние задания, которые включены во второй раздел вместе с методическими рекомендациями по их выполнению. Задания разбиты по темам:

- Физические основы механики.
- Молекулярная физика и термодинамика.
- Электростатика. Постоянный ток.
- Электромагнетизм.
- Механические и электромагнитные колебания и волны.
- Волновая и квантовая оптика. Квантовая механика. Физика твёрдого тела. Ядерная физика.

Если решение задач вызывает трудности, то примеры решения задач Вы можете найти в методических пособиях. Список пособий дан в рубрике «Рекомендуемая литература».

В третьем разделе представлены справочные данные. Это сведения о единицах измерения физических величин, внесистемных единицах, соотношениях внесистемными единицами и единицами СИ, таблицы основных физических постоянных и таблицы физических величин. Справочные данные помогут Вам оценить достоверность результатов, полученных при выполнении лабораторных работ, и выполнить Ваши индивидуальные домашние задания.

В приложении даны образцы оформления задачи индивидуального домашнего задания и лабораторной работы.

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Физика – наука экспериментальная. Это означает, что физические законы устанавливаются и проверяются путём накопления и сопоставления экспериментальных, опытных данных.

Физика – наука количественная. Это означает, что результаты физических экспериментов представляются чаще всего набором некоторых чисел. Выведенные в результате исследований физические законы и закономерности представляются в виде математических формул, связывающих между собой числовые значения физических величин.

Перед студентом, приступившим к выполнению лабораторных работ физического практикума, ставятся следующие цели:

- научиться измерять числовые значения физических величин и обрабатывать полученные данные.
- изучить основные физические явления, воспроизвести их самому и научиться их анализировать.

1.1. Некоторые советы и указания по выполнению лабораторных работ

1. Извлечь из экспериментальной работы максимальную пользу можно, только относясь к каждой задаче как к небольшой самостоятельной научной работе. Объём навыков и сведений, которые будут получены студентом при выполнении работы, определяется главным образом не описанием, а подходом студента к выполнению работы. Самое ценное, что может дать практикум, – умение применять теоретические знания в экспериментальной работе, умение думать по поводу своих опытов, умение правильно построить эксперимент и избежать ошибок, умение видеть важные и интересные особенности и мелочи, из которых нередко вырастают потом серьёзные научные исследования, – все эти навыки студент должен развить в себе сам в процессе упорного, вдумчивого, сознательного, сосредоточенного труда.

2. Приступая к выполнению лабораторной работы, прежде всего, необходимо внимательно изучить общие положения, приведённые в инструкции. Если после этого теория и сущность изучаемого явления остаются недостаточно ясными, то надо обратиться к конспекту лекций или учебнику. Затем необходимо не менее внимательно ознакомиться с приборами, используемыми в работе, т.е. с их устройством, принципом действия, а также с планом проведения измерений, которые предстоит сделать.

Никогда не следует приступать к работе, если в ней что-либо остается неясным. Успешное выполнение лабораторной работы всегда требует значительной доли навыка и умения обращаться с приборами; поэтому очень часто вначале работа кажется очень трудной, отнимает много времени, а результаты измерений часто бывают совершенно ошибочными. Этим обстоятельством не следует бояться, так как умение производить точные и правильные измерения приходит не сразу и требует значительной работы.

3. Особое внимание надо обратить на правильную установку приборов. Эту часть работы надо делать особенно тщательно, так как можно получить

ошибочные результаты измерений, если установка прибора была сделана неправильно. Пример: для того, чтобы получить правильное значение массы тела при взвешивании, необходимо предварительно уравновесить весы.

4. Работу с незнакомыми приборами можно начинать, лишь прочтя до конца инструкции и выяснив все необходимые предосторожности. Не следует вскрывать приборы, прикасаться пальцами к оптическим поверхностям и тонким деталям, переносить с места на место гальванометры и весы в неарретированном состоянии. Нужно выработать в себе умение бережно обращаться с оборудованием.

5. Измерения должны производиться с максимальной точностью. В точности измерений большую роль играет внимание и сосредоточенность экспериментатора, умение выбрать разумный план измерений и спокойно, удобно организовать измерение.

6. Следует всемерно стремиться к аккуратности и полноте записей, делаемых в лаборатории. Записи результатов делаются на отдельном листе, который называется протоколом измерений. В протоколе указывается название работы, дата выполнения работы. Записи измерений лучше всего вести в виде таблиц с указанием единиц измерения величин. Из записи должно быть совершенно ясно, в какой последовательности производились измерения. В протоколе необходимо указывать цену деления используемых приборов.

7. При обработке результатов следует тщательно обдумывать возможные источники ошибок. Промежуточные вычисления должны делаться с точностью, несколько превосходящей точность измерений, чтобы избежать внесения неоправданных ошибок, связанных с вычислениями. При вычислениях обычно сохраняют на один знак больше, чем будет оставлено в окончательном ответе.

8. Сравнивая результаты с данными таблиц, не следует при несовпадении сразу считать свои данные ошибочными. Нужно тщательно продумать методику измерений, стараясь найти причины расхождения, обращаясь к книгам, прибегать к помощи преподавателя. При сдаче работы с «плохими» результатами студент, после обсуждения с преподавателем, часто получает значительно больше пользы, чем при наличии «хороших» результатов.

1.2. Представление результатов измерений

Результаты измерений необходимо записывать и обрабатывать определённым образом. Разумная схема записи предупреждает грубые ошибки при выполнении измерений, экономит время, позволяет по записи быстро понять смысл работы. Также существенным является умение оценивать погрешность измерений.

1.2.1. Составление таблиц. Расчёты

Результаты измерений рекомендуется записывать в таблицы, которые оформляются заранее, накануне выполнения работы. Оформление таблиц выполняется следующим образом:

1. Над таблицей записывается её номер и название.

2. Каждый столбец (или строка) таблицы должны включать обозначение физической величины и единицу её измерения. Значения физических величин записывают в тех единицах, в которых производятся измерения.

3. Обычно в первых столбцах записывают величины, играющие роль аргумента (температура, время и т.д.), а в последующих – величины, играющие роль функции (сопротивление, ускорение и т.д.).

После окончания измерений проводятся расчёты. Для каждой рассчитываемой величины сначала записывается расчётная формула, затем переписывается та же формула с подставленными значениями, и, наконец, приводится результат вычислений. Таким образом, рекомендуется придерживаться схемы: расчётная формула – арифметическое выражение – результат расчёта. Данные в расчётные формулы необходимо подставлять в СИ. Сами расчёты выполняются с помощью калькулятора или на компьютере. Окончательный ответ следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3,52 \cdot 10^3$, а вместо 0,0000129 записать $1,29 \cdot 10^{-5}$.

1.2.2. Построение графиков

Очень важным методом обработки результатов опыта является представление их в виде графика. Графики дают менее точное, но более наглядное представление о результатах измерений, чем таблицы. По графику, строящемуся непосредственно во время эксперимента, очень удобно следить за его ходом и выявлять промахи. При построении графиков необходимо придерживаться следующих правил:

1. Графики выполняют на миллиметровой бумаге (бумаге, имеющей координатную сетку), размером не более тетрадного листа.

2. На бумагу, прежде всего, наносятся координатные оси. Затем выбирают масштаб для координатных осей (отдельно для каждой оси). Масштаб выбирают таким образом, чтобы график не был сжат или растянут вдоль одной из осей. Он должен занимать все поле чертежа. За единицу масштаба разумно принимать числа, соответствующие 1, 2, 5 единицам откладываемой величины, или кратным и дольным им. Если необходимо отложить по оси «длинные», многозначные числа, то множитель, указывающий порядок числа, лучше вынести в запись обозначения величины.

3. По оси ординат (оси y) откладывают значение функции, по оси абсцисс (оси x) – значение аргумента. Начало отсчёта не обязательно совмещать с нулем. На осях координат наносят метки (в виде чёрточек) через равные промежутки (как правило, через один сантиметр). Внизу под каждой меткой в соответствии с выбранным масштабом пишут соответствующее ей числовое значение. **Полученные в эксперименте числовые значения величин на осях координат откладывать нельзя!** Около осей координат (вверху слева – для оси y , внизу справа – для оси x) необходимо написать обозначения величин и единицы их измерения. Экспериментальные точки наносятся на чертеже в виде условных знаков (точки, кружочки, квадратики, крестики и т.д.).

4. После нанесения экспериментальных точек проводится предсказанная теорией плавная кривая или прямая. Экспериментальные точки вследствие погрешностей измерений не ложатся на гладкие кривые или прямые линии зависимостей одних физических величин от других, а группируются вокруг них случайным образом. Поэтому **не следует соединять соседние экспериментальные точки на графике отрезками прямой и получать, таким образом, некоторую ломаную линию**. Гладкие кривые или прямые линии через соответствующие экспериментальные точки проводят с помощью линейки или лекала. Линию на графике проводят так, чтобы она лежала как можно ближе к экспериментальным точкам, и чтобы по обе её стороны оказывалось приблизительно одинаковое количество точек.

5. Если имеется несколько кривых, то каждой кривой присваивается номер, а на свободном поле чертежа указывают название, обозначение, соответствующее этому номеру. Каждый график должен иметь номер и наименование, которое отражает основное содержание графика.

В лабораторном практикуме встречаются следующие случаи графического представления результатов эксперимента:

- график строится для того, чтобы сравнить предсказанную теорию с результатами эксперимента;
- график строится для того, чтобы из эксперимента определить неизвестный параметр (тангенс угла наклона прямой, показатель экспоненты и т.д.);
- график представляет собой градуировочную кривую.

Рассмотрим случай сравнения предсказанной теории с экспериментом на примере исследования зависимости сопротивления металлов от температуры. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$R, \text{Ом}$	100,82	101,10	101,86	101,84	102,42	102,75	102,96	103,43	103,84

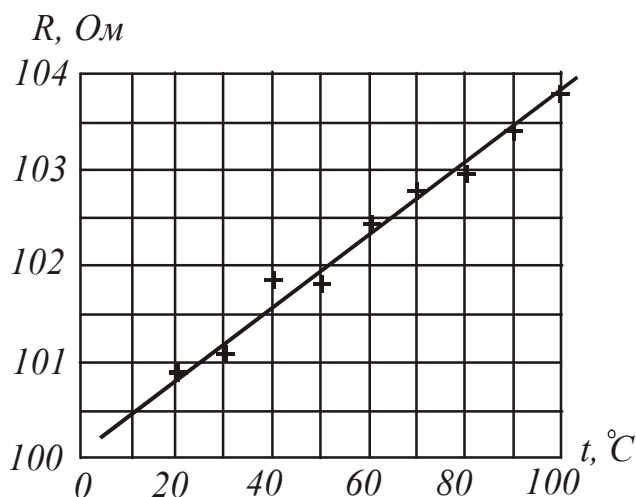


Рисунок 1

Масштаб графика выбран так, чтобы получить примерно равные размеры по длине и высоте. Экспериментальные точки отмечены крестиками (+). Теоретическая зависимость сопротивления металлов от температуры описывается уравнением: $R = R_0(1 + \alpha t)$. Это означает, что график должен иметь вид прямой линии. Рассмотрение результатов показывает, что при температуре 40°C величина сопротивления, по-видимому, измерена неверно. Эту точку следует изме-

речь заново или не включать в обработку результатов. Остальные точки достаточно хорошо ложатся на прямую, изображённую на рис. 1. Прямая проведена так, что она лежит как можно ближе к точкам, и по обе её стороны оказалось приблизительно равное их количество. Теория совпала с экспериментом.

Рассмотрим случай построения графика для определения неизвестного параметра. Определим ускорение тела, которое движется равноускоренно.

Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2

S , см	20	25	30	35	40	45
t , с	2,02	2,20	2,45	2,70	2,87	2,97
$t^2/2$, с ²	2,04	2,43	3,00	3,65	4,12	4,41

Теоретическая зависимость не является прямой линией, так как зависимость пути S тела от времени t (при условии, что начальная скорость тела $v_0=0$) описывается уравнением:

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

Если изобразить результаты опыта на графике, по осям которого отложены S и t , то точки расположатся вокруг параболы, провести которую на глаз очень трудно. Поэтому лучше по оси абсцисс (оси x) отложить не время t , а $t^2/2$; а по оси ординат (оси y) – путь S . При этом точки расположатся около прямой линии, которую нетрудно провести на глаз с достаточной точностью (рис. 2).

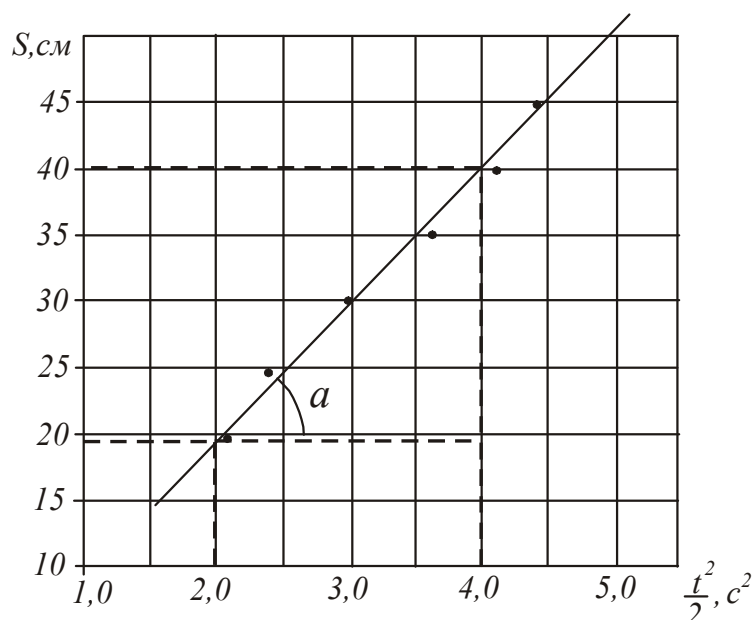


Рисунок 2

Определим ускорение a , с которым двигалось тело. Если исходить из формулы $a = \frac{S}{t^2/2}$,

то достаточно взять из таблицы любую пару значений S и t . Однако каждое измерение проводилось с какой-то погрешностью, поэтому искомое значение ускорения a должно учитывать не какое-то одно измерение, а всю совокупность данных. Это можно сделать с помощью графика. Как следует из формулы, ускорение численно равно тангенсу угла наклона

прямой. Выберем произвольно на графике значение $t_1^2/2$ и найдем соответствующее ему значение S_1 . Затем также произвольно выбираем $t_2^2/2$ и находим S_2 . Из полученного прямоугольного треугольника следует, что

$$a = \operatorname{tg} \alpha = \frac{S_2 - S_1}{\frac{t_2^2}{2} - \frac{t_1^2}{2}}.$$

Для графика, изображенного на рис. 2, $\frac{t_1^2}{2} = 2 \text{ с}^2$, $S_1 = 19 \text{ см}$; $\frac{t_2^2}{2} = 4 \text{ с}^2$, $S_2 = 40 \text{ см}$.

$$a = \frac{40 - 19}{4 - 2} = 10,5 \text{ см/с}^2.$$

Метод определения физических величин по тангенсу угла наклона прямой очень часто используют при проведении экспериментов. Обращаем Ваше внимание на то, что **нельзя измерять угол транспортом**, а затем определять тангенс угла, так как в этом случае значение величины будет зависеть от выбранного Вами масштаба.

1.2.3. Оформление отчётов

Правильно оформленная лабораторная работа – это отчёт, основу которого составляют три части: конспект, основная и итоговая. В **конспект** входят:

1. Титульный лист, на котором указывается название лабораторной работы, фамилия и группа студента и т.д.
2. Текст инструкции к лабораторной работе.
3. Ответы на контрольные вопросы и задания подготовки к работе, приведённые в инструкции. Ответы представляются в письменном виде.

В **основной части** должны содержаться результаты всех прямых измерений в виде таблиц (протокол измерений) и расчёты. **Протокол измерений подписывается преподавателем.**

Оформление расчётов физических величин рекомендуется по схеме:

алгебраическая формула – арифметическое выражение – результат расчёта.

В случае необходимости результаты представляют в графическом виде на миллиметровой бумаге (бумаге с координатной сеткой).

Затем, если это возможно, рассчитывается среднеарифметическое значение определяемой величины, оценивается полная ошибка проведённого измерения.

В **итоговой части** приводятся:

1. Запись окончательного результата в стандартной форме.

Пример: $E = (2,10 \pm 0,12) 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

2. Ответы на контрольные вопросы и задания по защите работы, приведённые в инструкции. Ответы представляются в письменном виде

3. Вывод по результатам работы, в котором оценивается достоверность полученного результата, т.е. полученные значения сравниваются с табличными, проверяется их физическая разумность. В случае недостоверности полученного результата объясняются причины. Если результаты эксперимента оформлены в виде графика, то необходимо проверить, соответствует ли полученный график теоретической зависимости.

1.2.4. Вычисление погрешностей

Измерить физическую величину – значит определить, во сколько раз она отличается от соответствующей величины, принятой за единицу. Измерения делят на:

- прямые;
- косвенные.

Прямые измерения – измерения, при которых измеряемая величина определяется непосредственно при помощи измерительного прибора. Пример:

- 1) линейный размер тела измеряют при помощи линейки, штангенциркуля или микрометра;
- 2) напряжение измеряют вольтметром, силу тока – амперметром.

Косвенные измерения – измерения, при которых измеряемая величина определяется (рассчитывается) по результатам прямых измерений. Пример:

- 1) плотность твердого тела вычисляют по измеренной массе и геометрическим размерам;
- 2) сопротивление проводника вычисляют по измеренным силе тока и напряжению.

Никакие измерения нельзя выполнить абсолютно точно. Любое измерение всегда содержит ошибку (погрешность). Это обусловлено отсутствием идеально точных приборов, несовершенством наших органов чувств, несовершенством методики измерений и т.д.

Ошибки, возникающие при измерениях, условно делят на следующие типы:

1. Грубые ошибки (промахи). Они обусловлены недостатком внимания экспериментатора, неправильной записью результата и т.д. В случае обнаружения грубой ошибки результат измерения отбрасывают. Чтобы избежать промахи, измерения повторяют несколько раз.

2. Систематические ошибки. Математических формул, позволяющих определить систематические ошибки, не существует. Пределы, в которых может быть заключена систематическая ошибка, иногда указываются на приборах. *Пример:*

- 1) на микрометре указана точность измерения – 0,01 мм;
- 2) для электроизмерительных приборов приборная погрешность определяется классом точности (класс точности 0,5 означает, что показания правильны с точностью 0,5% от полной величины шкалы прибора).

3. Случайные ошибки обусловлены большим числом случайных факторов. Это может быть влияние температуры, неидеальная обработка поверхности, влияние внешних электрических или магнитных полей при измерении силы тока и т.д. Влияние случайных ошибок на результат измерений может быть существенно уменьшено при многократном повторении опыта.

Оценивают величину случайных ошибок методами математической статистики, которая основана на понятиях и законах теории вероятности.

При выполнении лабораторных работ по физике мы, как правило, будем выполнять небольшое количество измерений. Для небольшого количества измерений применяют метод расчёта ошибки, разработанный английским математиком В. Гассетом (свои работы он опубликовал под псевдонимом Стью-

дент). В соответствии с этим методом за наиболее вероятное значение измеряемой величины принимается её среднее арифметическое значение, которое можно обозначать любым из следующих способов: $x_{\text{сред}}$, \bar{x} , $\langle x \rangle$.

Введем два понятия из теории вероятности.

Доверительная вероятность (α) – количественная оценка возможности появления того или иного события. Доверительная вероятность может принимать значения от нуля до единицы $0 \leq \alpha \leq 1$. Если $\alpha = 0$, то событие не наступает никогда (недостоверно). Если $\alpha = 1$, то событие наступает всегда (достоверно). С точки зрения теории вероятности правильное измерение – это тоже событие. Если Δx – это величина абсолютной ошибки измерений, то α покажет вероятность того, что результат измерений отличается от истинного значения на величину не большую, чем Δx . Для технических измерений обычно принимают $\alpha = 0,95$. Доверительную вероятность, выраженную в процентах, называют надёжностью и обозначают p , т.е. для технических измерений $p=95\%$.

Доверительный интервал – интервал значений измеряемой величины, в котором с доверительной вероятностью α находится её истинное значение (см. рис. 3). Так как за наиболее вероятное значение принимается её среднее арифметическое значение, то

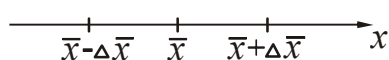


Рисунок 3

$$\bar{x} - \Delta x < x_{\text{ист}} < \bar{x} + \Delta x,$$

или

$$x_{\text{ист}} = \bar{x} \pm \Delta x.$$

Рассмотрим порядок расчёта величины абсолютной ошибки Δx измерений, т.е. порядок нахождения доверительного интервала.

1.2.4.1. Погрешность прямых измерений

1. Пусть некоторую физическую величину x измерили n раз. Результаты заносим в таблицу. Рассчитываем среднее арифметическое значение измеряемой величины:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (1.1)$$

2. Находим среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (стандарт отклонения):

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (1.2)$$

3. Для выбранной доверительной вероятности ($\alpha = 0,95$) и проведённого количества измерений n по таблице определяем коэффициент Стьюдента $t_{\alpha,n}$. Например, для $n=5$ и $\alpha = 0,95$: $t_{\alpha,n} = 2,78$.

Коэффициенты Стьюдента $t_{\alpha,n}$

Таблица 3

$n \setminus \alpha$	0,9	0,95	0,98	0,999
2	6,31	12,71	31,82	636,62
3	2,92	4,30	6,97	31,60
4	2,35	3,18	4,54	12,94
5	2,13	2,78	3,75	8,61
6	2,02	2,57	3,37	6,86
7	1,94	2,45	3,14	5,96
8	1,90	2,37	3,00	5,41
9	1,86	2,31	2,90	5,04
10	1,83	2,26	2,82	4,78

4. Рассчитываем случайную составляющую абсолютной ошибки измерений:

$$\Delta x_{\text{случ}} = t_{\alpha,n} \cdot S_{\bar{x}}. \quad (1.3)$$

При многократном измерении одной и той же величины полная ошибка прямого измерения содержит приборную $\Delta x_{\text{пр}}$ и случайную $\Delta x_{\text{сл}}$ составляющие погрешности измерения. С учётом приборной погрешности полная ошибка измерений:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{случ}}^2 + \Delta x_{\text{приб}}^2}, \quad (1.4)$$

где $\Delta x_{\text{случ}}$ – случайная ошибка; $\Delta x_{\text{приб}}$ – приборная ошибка. Обычно за приборную ошибку принимают половину цены деления прибора δ : $\Delta x_{\text{приб}} = \frac{\delta}{2}$. Если измерение проводилось только один раз, то $\Delta x = \Delta x_{\text{приб}}$.

5. Находим относительную погрешность измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (1.5)$$

6. Записываем окончательный результат в виде

$$x_{\text{ист}} = \bar{x} \pm \Delta x. \quad (1.6)$$

Пример:

$$d = (12,18 \pm 0,14) \text{ мм}$$

$$m = (35,2 \pm 0,1) \text{ г}$$

Обратите внимание! Среднее значение величины и абсолютная ошибка измерений должны иметь одинаковое число значащих цифр после запятой.

1.2.4.2. Погрешность косвенных измерений

Пусть некоторая физическая величина является функцией нескольких переменных $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$, где k – число переменных. Расчёт погрешности можно выполнить двумя способами.

Способ 1 (не воспроизводимые условия).

1. Каждую переменную измеряем несколько n раз. Рассчитываем y_1, y_2, \dots, y_n .
2. Находим среднее арифметическое значение \bar{y} :

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}. \quad (1.7)$$

Далее рассчитываем Δy как случайную составляющую ошибки прямых измерений. *Приборная погрешность при этом не учитывается, так как при косвенных измерениях переменные измеряются разными приборами!* Далее находим относительную погрешность измерений, записываем результат измерений в стандартном виде (см. п. 1.2.4.1).

Способ 2 (воспроизводимые условия).

Абсолютная погрешность Δy вычисляется по формуле

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_k} \Delta x_k\right)^2}, \quad (1.8)$$

где $\frac{\partial y}{\partial x_k}$ – частные производные функции $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$ вычисленные по средним значениям $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$,

Δx_i – определяется методом расчёта ошибок прямых измерений.

Пример: Плотность материала цилиндра рассчитывается по формуле: $\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$.

Если взять частные производные плотности по массе, диаметру и высоте, то можно получить следующую формулу для расчёта абсолютной погрешности:

$$\Delta \rho = \bar{\rho} \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\bar{m}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\bar{h}}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{\bar{d}}\right)^2}.$$

Относительная ошибка косвенных измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{\bar{y}} \cdot 100\%. \quad (1.9)$$

Окончательный результат записываем в виде

$$y = \bar{y} \pm \Delta y.$$

Примеры:

$$\rho = (2700 \pm 100) \text{ кг/м}^3$$

$$E = (2,16 \pm 0,12) \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2.$$

1.3. Измерительные инструменты

Штангенциркуль – универсальный измерительный инструмент, предназначенный для измерения наружных и внутренних диаметров, глубин, длин, толщин и т.п.

Основной частью штангенциркуля является линейка с миллиметровыми делениями. Штангенциркули снабжаются нониусами. Нониус – это дополнительная линейка, которая может перемещаться вдоль основной линейки. С его помощью производят отсчёт дольных частей миллиметра. Выпускаются штангенциркули с точностью нониуса 0,1 мм и 0,05 мм.

Порядок проведения измерений с помощью штангенциркуля:

1. Проверить установку нуля: при сдвинутых губках штангенциркуля нулевая

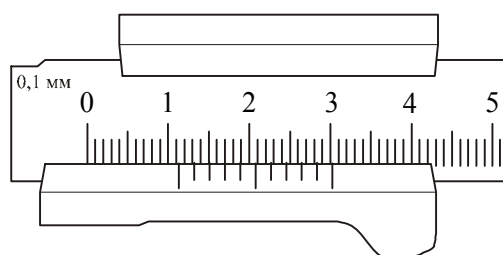


Рисунок 4

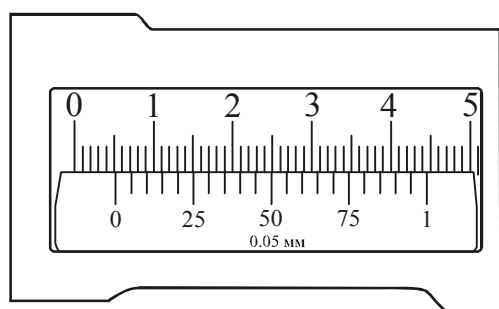


Рисунок 5

отметка нониуса должна совпадать с нулевой отметкой основной шкалы.

2. Зажать измеряемое тело между губками штангенциркуля.

3. Произвести отсчёт целых делений (мм) по основной шкале до нуля нониуса.

4. Найти на нониусе деление, совпадающее с любым делением основной шкалы. Это деление нониуса показывает доли миллиметра.

Примеры отсчётов штангенциркулей с различной точностью нониуса показаны на рис. 4 и рис. 5.

Рассмотрим рис. 4. Точность нониуса 0,1 мм. До нуля нониуса на основной шкале 11 делений (11 мм). С одним из делений основной шкалы совпадает

третье деление нониуса. Отсчёт – 11,3 мм.

Рассмотрим рис. 5. Точность нониуса 0,05 мм. До нуля нониуса на основной шкале 5 делений (5 мм). С одним из делений основной шкалы совпадает шестое деление нониуса. Отсчёт – 5,30 мм.

Микрометр – измерительный инструмент, снабженный микрометрическим винтом – винтом с малым и очень точно выдержанным шагом. Его применяют при точных измерениях расстояний.

Основной частью микрометра является втулка, имеющая с внутренней стороны микрометрическую резьбу. На наружной поверхности втулки проведена продольная (горизонтальная) черта, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше нее – полумиллиметровые. Один поворот винта микрометра передвигает его стержень на 0,5 мм. Барабан, связанный со стержнем, разбит на 50 делений. Поворот барабана на одно деление соответствует смещению стержня на 0,01 мм. С этой же точностью производятся измерения с помощью микрометра.

При работе с измерительными инструментами следует иметь в виду, что результат измерения зависит от того, с какой силой сжимается измеряемый объект штангенциркулем или микрометром. Это в первую очередь относится к микрометру. Во-первых, винт с малым шагом превращает незначительные усилия руки, поворачивающей барабан микрометра, в большие силы, действующие на предмет. Во-вторых, точность микрометра обычно на порядок выше точности штангенциркуля, и небольшие деформации предмета становятся более заметными. Чтобы уменьшить ошибку, связанную со слишком сильным (и неодинаковым в разных опытах) сжатием измеряемых предметов, рукоятка микрометра снабжена специальной головкой с трещоткой, позволяющей создавать при измерении постоянное в разных опытах давление на измеряемый объект.

Порядок проведения измерений с помощью микрометра:

1. Проверить установку микрометра на нуль. При этом окончательная точная установка производится трещоткой, иначе можно испортить нарезку винта. Если установка сбита, то настроить микрометр может только специалист. В этом случае студент должен обратиться к преподавателю.

2. Установить измеряемое тело между наковаленкой и микрометрическим винтом. Окончательную установку провести трещоткой.

3. Произвести отсчёт целых миллиметров по нижней шкале втулки, полумиллиметров – по верхней.

4. Отсчитать сотые доли миллиметра по нониусу барабана по делению, ближе всего расположенному к продольной черте.

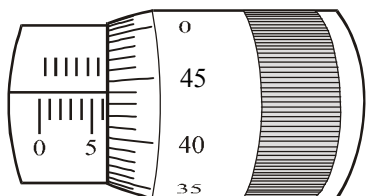


Рисунок 6

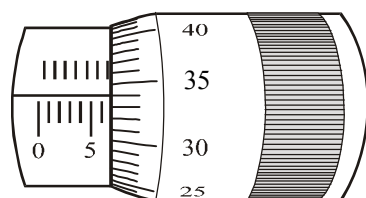


Рисунок 7

Примеры отсчётов с помощью микрометра показаны на рис. 6 и 7.

Рассмотрим рис. 6. По нижней шкале втулки определяем целое число миллиметров – 6 мм. На верхней шкале втулки не видно полумиллиметровое деление, поэтому отсчитываем сотые доли миллиметра по нониусу барабана – 0,44 мм. Отсчёт – 6,44 мм.

Рассмотрим рис. 7. По нижней шкале втулки определяем целое число миллиметров – 6 мм. На верхней шкале втулки отсчитываем полумиллиметровое деление – 0,5 мм. По нониусу барабана отсчитываем сотые доли миллиметра – 0,34 мм. Отсчёт – 6,84 мм.

Существуют не только линейные, но и угловые нониусы. Ими снабжаются гониометры, теодолиты и многие другие приборы.

Весы технические. Предельная нагрузка – 200 г. Имеют набор гирь 100 – 0,01 г. Основными частями являются (рис. 8):

– платформа 1 с двумя установочными винтами 2 и одной ножкой;

– колонка 3, в которой находится стойка. Стойка поднимается и опускается поворотом арретира 5;

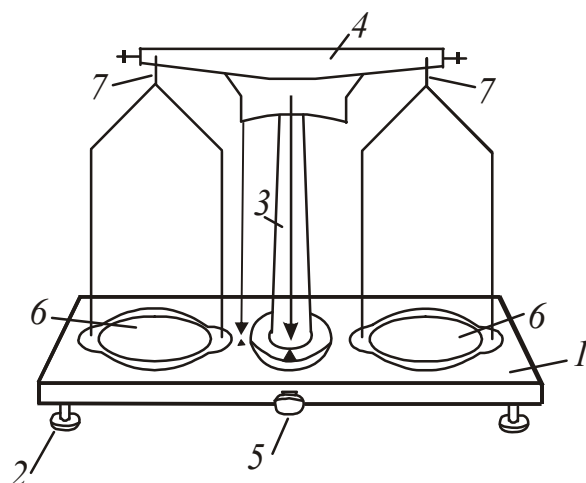


Рисунок 8

– коромысло 4, закрепляемое в гнезде стойки;

– чашки 6 с крестовинами, которые с помощью серёг 7 надеваются на боковые призмы коромысла.

Порядок взвешивания:

1. Выровнять положение подставки весов при помощи установочных винтов 2, контролируя его по отвесу. Острие отвеса должно находиться против указателя.
2. Поднять стойку с чашками поворотом арретира. Убедиться, что весы уравновешены. В случае необходимости для уравновешивания на более легкую чашку нужно добавить полоски бумаги и т.п.
3. Нагрузку и разгрузку чашек производят при опущенной стойке (при арретированных весах).
4. Взвешиваемое тело кладут на левую чашку весов, а гири – на правую. Во избежание порчи весов взвешиваемое тело и гири опускают на чашки осторожно, не роняя их даже с небольшой высоты.
5. Положив взвешиваемое тело на левую чашку весов, на правую кладут гирю, имеющую массу, примерно равную массе тела (подбирают на глаз с последующей проверкой). При несоблюдении этого правила нередко случается, что мелких гирь не хватает и приходится взвешивание начинать сначала. Если гиря перевесит чашку, то её кладут обратно в футляр, если нет – оставляют на чашке. Затем то же самое проделывают со следующей гирей меньшей массы и т.д., пока не будет достигнуто равновесие. Мелкие разновески берут пинцетом. Уравновесив тело, подсчитывают общую массу гирь, лежащих на чашке.
6. По окончании работы стойку опускают с помощью арретира. Гири переносят в футляр.

1.4 Электрические измерения

1.4.1 Электроизмерительные приборы

Электроизмерительный прибор – совокупность технических средств, при помощи которых происходит измерение той или иной электрической величины. Электроизмерительные приборы делятся на приборы непосредственной оценки и приборы сравнения. В приборах непосредственной оценки измеряемая величина определяется непосредственно по показанию стрелки на шкале прибора или светового «зайчика» на градуированной шкале. В цифровых приборах показания снимаются с цифрового табло. К таким приборам относятся

амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры, гальванометры. К приборам сравнения относятся многочисленные компенсаторы и электрические мосты. В них измеряемая величина определяется сравнением с известной однородной величиной.

Для измерения электрических величин в приборах непосредственной оценки используются физические явления, создающие вращающий момент и перемещение подвижной системы прибора. Вращающий момент может быть создан взаимодействием магнитного поля постоянного магнита и тока в катушке, магнитного поля катушки с током и ферромагнетика, взаимодействием магнитных полей катушек с током, взаимодействием заряженных тел.

В зависимости от используемого в приборах явления взаимодействия различают следующие системы электроизмерительных приборов: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, индукционную, электростатическую, термоэлектрическую и т. д.

1. Силу тока в цепи измеряют амперметрами, миллиамперметрами, микроамперметрами. Эти приборы включают в цепь последовательно. На рис. 9 показано их условное изображение на схемах.

Любой измерительный прибор должен как можно меньше влиять на измеряемую величину. Нужно иметь в виду, что сам амперметр обладает некоторым сопротивлением R_A . Поэтому сопротивление участка цепи с включенным амперметром увеличивается, и при неизменном напряжении сила тока уменьшается в соответствии с законом Ома. Чтобы амперметр не влиял на измеряемый ток, его сопротивление делают очень малым. Это

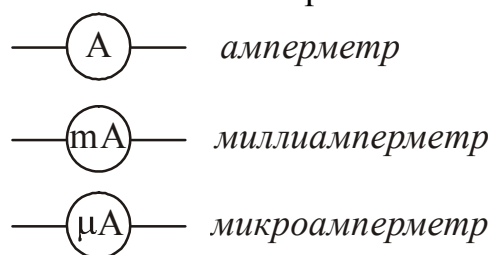


Рисунок 9

нужно помнить и никогда не пытаться измерять силу тока в осветительной сети, подключая амперметр к розетке. Произойдет **короткое замыкание**: сила тока при малом сопротивлении прибора достигнет столь большой величины, что обмотка амперметра сгорит.

Для расширения пределов измерения амперметра используют шунтирование – подключение параллельно амперметру сопротивления $R_{ш}$. (рис. 10).

Приведем пример расчёта сопротивления шунта, который нужно подключить для увеличения предела измерения тока в n раз, т.е. для значений $I > I_0$:

$$n = \frac{I}{I_0}$$

где I_0 – ток, на который рассчитан амперметр;
 I – ток в цепи.

Ток $I_{ш}$, текущий через шунт, по законам параллельного соединения равен:

$$I_{ш} = nI_0 - I_0 = I_0(n - 1)$$

Напряжение на амперметре U_A равно напряжению на шунте $U_{ш}$: $U_A = U_{ш}$. По закону Ома для однородного участка цепи:

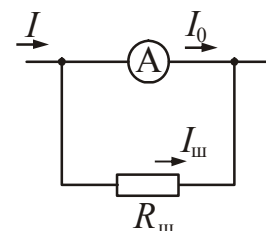


Рисунок 10

$$U_A = I_0 R_A; \quad U_{ш} = I_{ш} R_{ш}.$$

где R_A – сопротивление амперметра;
 $R_{ш}$ – сопротивление шунта.

$$I_0 R_A = I_{ш} R_{ш}.$$

Отсюда:

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_A}{I_{ш}}.$$

Заменяв $I_{ш}$ по записанной выше формуле, получим

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_A}{I_0 (n-1)} = \frac{R_A}{(n-1)}.$$

Таким образом, сопротивление шунта должно быть в $(n-1)$ раз меньше сопротивления амперметра.

2. Напряжение измеряют вольтметрами, милливольтметрами и т.д. Эти приборы включают в цепь параллельно участку, на котором измеряется напряжение. На рис. 11 показано их условное изображение на схемах.

— (V) — вольтметр

— (mV) — милливольтметр

— (kV) — киловольтметр

Показание вольтметра равно падению напряжения на сопротивлении прибора:

$$U_V = I_V R_V.$$

Напряжение на вольтметре совпадает с напряжением на участке цепи.

Если сопротивление вольтметра R_V , то после включения его в цепь, сопротивление участка будет уже не R , а $R' = \frac{R R_V}{R + R_V} < R$. Из-за этого измеряемое напряжение на участке цепи уменьшится. Для того чтобы вольтметр не вносил заметных искажений в измеряемое напряжение его сопротивление должно быть большим по сравнению с сопротивлением участка цепи, на котором измеряется напряжение. Вольтметр можно включать в сеть без риска, что он сгорит, если только он рассчитан на напряжение, превышающее напряжение сети.

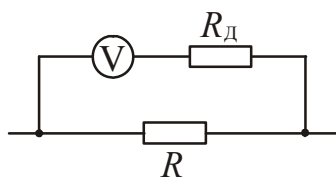


Рисунок 12

Чтобы расширить пределы измерения напряжения в n раз и измерять напряжения до значений $U > U_0$, последовательно вольтметру нужно присоединить добавочное сопротивление R_d (рис. 12).

Приведем пример расчёта добавочного сопротивления. Вольтметр имеет сопротивление R_V и рассчитан на напряжение U_0 . Нужно расширить пределы измерения, т.е. сделать возможным измерение напряжений в n раз больших, чем указано на шкале прибора:

$$n = \frac{U}{U_0}.$$

Без внешнего добавочного сопротивления предел измерений вольтметра равен U_0 . Ток, отклоняющий стрелку вольтметра на всю шкалу, определится по закону Ома:

$$I = \frac{U_0}{R_V}.$$

При подключении добавочного сопротивления предел измерения будет равен nU_0 , а общее сопротивление окажется равным $R_V + R_d$.

Следовательно,

$$I = \frac{nU_0}{R_V + R_d}.$$

В первом и во втором случаях токи одинаковые. На основании этого можно записать:

$$\frac{U_0}{R_V} = \frac{nU_0}{R_V + R_d},$$

или

$$R_d = R_V(n - 1).$$

Таким образом, добавочное сопротивление должно быть в $(n-1)$ раз больше сопротивления вольтметра.

3. Для регулировки силы тока в цепи и напряжения используют реостат со скользящим контактом.

а). Для регулировки силы тока реостат включается в цепь последовательно.

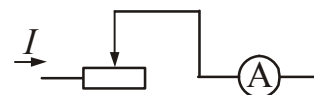


Рисунок 13

Практический совет: перед началом измерений реостат включают (вводят) полностью.

На рис. 13 это соответствует крайнему правому положению скользящего контакта.

б). Для регулировки напряжения реостат включается параллельно источнику. В этом случае его называют потенциометром или делителем напряжения. *Практический совет: перед началом измерений потенциометр выводят на нуль.* На рис. 14 это соответствует крайнему левому положению скользящего контакта.

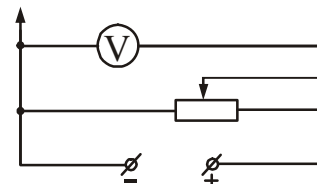


Рисунок 14

1.4.2. Основные характеристики электроизмерительных приборов

Качество электроизмерительных приборов определяется их чувствительностью, классом точности, пределами измерений, равномерностью шкалы и т.д.

1. **Чувствительность** – отношение линейного или углового перемещения $\Delta\alpha$ стрелки прибора к изменению измеряемой величины Δx , вызвавшему это перемещение:

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x}.$$

Пример: Предел измерений миллиамперметра 150 мА, шкала имеет 75 делений.

$$S = \frac{75}{150} = 0,5 \left(\frac{\text{дел}}{\text{мА}} \right).$$

2. **Цена деления прибора** – число единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы прибора:

$$C = \frac{\Delta x}{\Delta\alpha}.$$

Пример: Предел измерений вольтметра 3 В, шкала имеет 75 делений.

$$C = \frac{3}{75} = 0,04 \left(\frac{\text{В}}{\text{дел}} \right).$$

3. **Класс точности прибора** – абсолютная ошибка, выраженная в процентах от максимального значения измеряемой прибором величины. Класс точности указывается на шкале прибора. Существуют следующие классы точности: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и т.д. У приборов с высоким классом точности шкала, как правило, зеркальная.

Так, например, при выполнении измерений силы тока миллиамперметром класса точности $\varepsilon_{\text{п}}=1,0$ с использованием шкалы, позволяющей регистрировать значения до $I_{\text{max}}=150$ мА, максимальная погрешность измерений не будет превышать величину

$$\Delta I_{\text{max}} \leq \frac{I_{\text{max}} \cdot \varepsilon_{\text{п}}}{100\%} = \frac{150 \cdot 1,0}{100} = 1,5 \text{ мА}.$$

Ошибка 1,5 мА составляет небольшую долю от измеренного тока лишь при измерении токов порядка 150 мА, т.е. при отклонении стрелки на всю шкалу. При отклонении стрелки на 1/2 шкалы ошибка составит уже 3% от измеряемой величины, а при измерении еще меньших токов может составить 10% или даже 20% от величины измеряемого тока. Поэтому рекомендуется выбирать такой прибор, на котором измеряемый ток вызовет отклонение больше чем на половину шкалы.

1.5 Основные правила безопасной эксплуатации электрических установок

1.5.1. Основные положения

При выполнении лабораторных работ по физике может возникнуть опасность поражения работающего электрическим током, поэтому каждый студент должен знать, чем опасен электрический ток, и какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе с электрооборудованием. Кроме этого, необходимо знать правила оказания первой доврачебной помощи пострадавшим от действия электрического тока.

Прежде всего, надо помнить, что действующими считаются электроустановки, содержащие в себе источники электроэнергии, которые находятся под напряжением полностью или частично, а также те, на которые в любой момент может быть подано напряжение. По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В включительно и электроустановки напряжением выше 1000 В. Для работы на электроустановках напряжением свыше 1000 В нужен специальный допуск.

В лабораторном физическом практикуме используются, как правило, электроустановки напряжением до 1000 В. Допуск студентов к работе с этими установками проводит преподаватель, ведущий занятия. В каждой учебной лаборатории обязательно проводится инструктаж по технике безопасности с личной росписью в журнале инструктажа по технике безопасности.

Подавать напряжение на установку можно только после проверки схемы преподавателем.

1.5.2. Опасность поражения электрическим током

Опасность поражения человека электрическим током может возникнуть:

- а) при нарушении правил эксплуатации электроприборов;
- б) при случайном прикосновении к токоведущим частям или металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением из-за неисправности изоляции или по другим причинам.

Опасность электрического тока состоит в том, что электричество не воздействует на органы чувств человека до момента соприкосновения с частями, находящимися под напряжением. Поэтому человек не может почувствовать наличие напряжения и предвидеть грозящую ему опасность.

1.5.3. Действие электрического тока на организм человека.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Электрический ток, проходя через тело человека, производит термическое, химическое и биологическое воздействие, нарушая нормальную жизнедеятельность органов человека.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электрические ожоги могут быть вызваны действием электрической дуги, когда её пламя непосредственно воздействует на наружные ткани тела. Могут быть ожоги, вызванные непосредственным протеканием электрического тока, особенно в месте контакта кожи с токоведущими частями.

Металлизация кожи может возникнуть в результате проникновения частичек металла в её верхние слои, например при горении электрической дуги.

Химическое действие тока ведет к электролизу крови и других, содержащихся в организме, растворов, что приводит к изменению их химического состава и, следовательно, к нарушению их функций.

Биологическое действие тока проявляется в опасном возбуждении живых клеток организма, в частности, нервных клеток и всей нервной системы. Такое возбуждение может сопровождаться судорогами, явлениями паралича. В ряде случаев возможен паралич дыхательного аппарата (паралич мышц грудной клетки) и паралич сердца, что может привести к смертельному исходу.

По результатам действия электрического тока на человека выделяют два основных вида поражения:

- электрическая травма;
- электрический удар.

Характерными признаками электрических травм являются:

- электрические ожоги;
- электрические знаки (пятна серого или бледно-жёлтого цвета на коже);
- воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия электрической дуги;
- металлизация кожи;
- механические повреждения вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Электрические удары в зависимости от исхода поражения разделяют условно на пять степеней:

I – судорожное, едва ощутимое сокращение мышц;

II – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

III – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работой сердца;

IV – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания;

V – клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения (продолжительность – 4–6 мин).

Основными факторами, влияющими на исход поражения электрическим током, являются: величина тока, длительность прохождения тока, путь тока через тело человека, а также индивидуальные свойства человека. Если человек находится в состоянии опьянения, нервного возбуждения, имеет нарушение кожных покровов, поражение током будет более тяжёлым.

Действие электрического тока на организм человека оценивают следующим образом:

0,5 – 1,5 мА – ощутимый ток;

10 – 15 мА – неотпускающий ток;

20 – 70 мА – поражает органы дыхания и сердечно-сосудистую систему; более 100 мА – наступает фибрилляция сердца, заключающаяся в беспорядочном хаотическом сокращении и расслаблении мышечных волокон сердца. Такой ток считается смертельным.

1.5.4. Меры безопасности при эксплуатации приборов и аппаратов

Правильное пользование электроэнергией в сухих помещениях с деревянными или другими, не проводящими электрический ток, полами практически исключает случаи поражения электрическим током. При этом следует соблюдать одно основное условие: все электроприборы должны быть удалены от труб отопления, водопровода и других металлических коммуникаций настолько, чтобы исключалось одновременное прикосновение к этим коммуникациям и к прибору, шнуру или розетке (отдаленность розетки – 0,5 м, электроприборов – 1,5 м от металлических коммуникаций).

Одним из основных условий электробезопасности является сохранение исправного состояния изоляции электропроводки, электроприборов и аппаратов, выключателей, штепсельных разъёмов (розетка и вилка), ламповых патронов, светильников, а также шнуров, с помощью которых включается в сеть электроприборы. Категорически запрещается пользоваться неисправными приборами и аппаратами.

Внешним признаком неисправности электрической проводки или электроприбора является искрение, перегрев деталей штепсельного разъёма, запах подгоревшей резины.

Если при прикосновении к корпусу электроприбора «бьет током», то это значит, что данный предмет находится под напряжением. В этом случае следует немедленно отключить прибор от сети, обязательно предупредить окружающих об опасности, сообщить об этом преподавателю и лаборантам, для того чтобы они вызвали электрика.

Во избежание порчи изоляции шнуров к электрическим приборам следует тщательно оберегать электропроводку от повреждений:

- не вытягивать вилку из розетки за шнур;
- не подвешивать провод на гвоздях и других предметах;
- не завязывать или перекручивать провода;
- не закладывать провода на газовые и водопроводные трубы, за батареи отопления;
- не вешать что-либо на провода;
- не заземлять провода дверями, форточками и т. п.

Электронагревательные приборы следует заполнять водой только отключенными от сети.

Если электрический прибор или аппарат имеет шнур с двумя разъёмами, подключать шнур необходимо сначала к прибору, затем к сети. Выключение производится в обратной последовательности – из сети, а затем от электроприборов.

Категорически запрещается включать в сеть электроприборы без штепсельных вилок.

Необходимо обращать внимание на состояние изоляции гибких проводов и шнуров, питающих электроприборы и аппараты. На сгибах у вилок и в местах, где шнур входит в электроприбор, наиболее вероятны повреждения изоляции. Прикосновение к оголенному проводу в этих местах приводит к поражению электрическим током.

Вне помещения опасность поражения электрическим током может возникнуть при перемещении по земле вблизи замыкания токоведущих частей на землю. К любым проводам, лежащим на земле, нельзя подходить ближе, чем на 5-8 м, поскольку в этом случае можно попасть под «шаговое напряжение». В случае попадания в эту зону, из нее нужно выходить прыжками на одной ноге.

При коротком замыкании (иногда по другим причинам) электропроводка или шнур, питающие электроприбор или аппарат, могут загореться. В этом случае категорически запрещается применять воду для тушения. Необходимо пользоваться порошковыми огнетушителями. Использовать воду для тушения можно лишь после отключения электроприбора от сети.

1.5.5. Первая доврачебная помощь пострадавшим от действия электрического тока

Первая доврачебная помощь – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление или сохранение жизни и здоровья пострадавшего, осуществляемых не медицинскими работниками. Одним из важнейших положений оказания первой помощи является её срочность – чем быстрее она оказана, тем больше надежды на благоприятный исход.

Оказывать помощь необходимо в следующей последовательности:

- а) устранить воздействие на организм электрического тока;
- б) определить характер и тяжесть травмы;
- в) восстановить проходимость дыхательных путей;
- г) поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника;
- д) вызвать скорую медицинскую помощь или врача.

Спасение пострадавшего в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от действия электрического тока. Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц. Если пострадавший держит провод руками, его пальцы так сильно сжимаются, что высвободить провод из его рук становится невозможным. Поэтому, прежде всего, необходимо немедленно отключить ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателя, разъёма штепсельного соединения, автоматического выключателя на щитке освещения.

После освобождения человека от действия электрического тока при необходимости выполняют искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

Существует два способа искусственного дыхания «рот в рот» и «рот в нос». Для выполнения искусственного дыхания необходимо очистить полость рта пострадавшего и запрокинуть его голову. На нижнюю часть грудины наложить основание ладони и, усиливая давление второй руки, произвести 4-6

надавливаний, после чего сделать 2-3 глубоких вдувания воздуха в рот или в нос. Надавливание следует производить рывком. Искусственное дыхание выполняют до приезда врача. Заключение о целесообразности или бесполезности мероприятий по оживлению пострадавшего имеет право дать только врач.

1.6 Введение в научно-исследовательскую работу

Недостаточно лишь знать – надо применять знания.

Недостаточно только хотеть – надо еще и делать.

Иоганн Вольфганг фон Гёте

Учёба в университете подразумевает не только изучение учебного материала, предусмотренного программой, но и участие студентов в научно-исследовательской работе (НИРС). Для студентов первых – вторых курсов основными формами этой работы являются участие в предметных студенческих олимпиадах и студенческих научных конференциях. Цель таких конференций – дать студентам возможность научиться выступать перед слушателями, а также пообщаться на почве общих интересов. На конференциях студенты могут делать доклады как по результатам своей работы, так и реферативные. Тезисы докладов, как правило, публикуются в сборниках тезисов.

Тезисы – кратко сформулированные основные положения, главные мысли научного труда, статьи, доклада, курсовой или дипломной работы и т. д. Они могут быть авторскими и вторичными, т.е. созданными на основе чужого текста. Тезисы публикуются в виде сборника и обычно распространяются между участниками какой-либо конференции.

Тезисы состоят из преамбулы (вступления), содержащей ввод в проблематику, тезисного изложения проблематики и итогового тезиса. Содержание тезисов разделяется выделением абзацев под одной рубрикой.

Некоторые советы, относящиеся к докладу

Во время доклада автор общается с аудиторией. Доклад обычно сопровождается проецированием слайдов на большой экран. Как правило, докладчик сообщает больше того, что слушатель видит на экране. Полное представление о предмете изложения у слушателя складывается из синтеза того, что он слышит, и из того, что он видит.

Для того чтобы слушатели захотели вас слушать, вам необходимо установить хорошие взаимоотношения с аудиторией. Если вы не сделаете этого, вас не станут слушать, какой бы блестящей и революционной ни была ваша работа. Вы докладываете не для того, чтобы рассказать слушателям все, что есть в вашей работе, поэтому определитесь с тем, чего Вы хотите от ваших слушателей. Вы докладываете для того, чтобы они заинтересовались и захотели прочесть ваш доклад, чтобы они сделали полезные замечания? Помогли, задавая осмысленные вопросы, дали вам новые идеи или новое понимание?

Определив цели вашего доклада, необходимо определить, перед кем вы выступаете, кто ваши слушатели, каковы их потребности, каков уровень их понимания. Это коллеги одной с вами специальности? Коллеги, имеющие общее

знакомство с вашим предметом? Или они не знают или почти не знают вашей специальности? Рассчитывайте свое выступление на некоторый средний уровень подготовки. Умейте объяснить сложные вещи неспециалистам. Умейте перейти к подробностям, если специалист задаст вопрос.

Помните, что ваши слушатели – живые люди. Кривая внимания аудитории имеет форму буквы U. Вас будут слушать с самого начала, в середине выступления внимание снизится. Оно вновь усилится, когда вы скажете «Подводя итоги» или «В заключение». Для того, чтобы удержать внимание слушателей, можно использовать следующие приёмы.

- Передвигайтесь по помещению.
- Встретьтесь взглядом с отдельными людьми в зале.
- Задавайте слушателям вопросы или другим образом заставляйте их участвовать в работе.

Помните, что в отличие от статьи, которую читатель может листать вперед и назад и долго рассматривать иллюстрации, ваши слушатели увидят и услышат ваш материал только один раз, и притом с той скоростью, с которой вы его подаете.

Структура 5-7-минутного доклада

- **Вступительная часть** (1–2 минуты). Задача вступительной части – установить контакт со слушателями, привлечь их внимание, сообщить, что вы собираетесь им рассказать.

- **Основная часть** (3 – 4 минуты). Задачи основной части – сформулировать проблемы. Здесь вы должны сообщить аудитории, почему она должна потратить время на ваш доклад. Что особенно важно из того, что вы собираетесь сказать. Расскажите о близких работах. Постарайтесь покороче осветить методы, используемые в вашей работе. Доложите результаты работы. Достаточно трех-четырех основных результатов.

- **Резюме или выводы** (1 минута).

Повторите основные идеи. Поблагодарите за внимание. Еще раз покажите первый слайд со сведениями для контакта. Скажите, что Вы готовы ответить на вопросы слушателей.

Как подготовиться к выступлению?

1. За неделю – две до доклада составьте план вашего выступления. Подготовьте слайды для показа.
2. Заранее напишите и выучите свою речь.
3. Уровень выступления рассчитывайте на среднего слушателя, а не на выдающихся специалистов.
4. Проставьте на страницах доклада метки с номерами слайдов. Не показывайте слишком много слайдов. Не показывайте их слишком быстро. Чтобы воспринять информацию с экрана нужно примерно 30 секунд.
5. Следите за временем. Сто тридцать слов в минуту или две с половиной минуты на страницу машинописного текста через два интервала – достаточная

скорость. После особенно трудного места помолчите секунд двадцать, дайте аудитории подумать над тем, что вы сказали, – никто не требует, чтобы вы говорили без остановки. За несколько дней до доклада прорепетируйте выступление.

6. Во время выступления говорите чётко и громко, чтобы вас было слышно в самых дальних углах зала.
7. Не говорите очень длинными предложениями. Разумно сочетайте короткие и длинные слова.
8. Доклад нужно закончить вовремя!

Некоторые советы по составлению презентации (слайдов)

1. Количество слайдов презентации зависит от отведённого на доклад времени: примерно 1 слайд на минуту выступления.

2. Первый слайд должен содержать заглавие и сведения о докладчике (название организации, фамилию, имя, отчество).

3. На слайды выносятся иллюстративный материал к докладу: рисунки, графики, таблицы, уравнения, справочный материал, цитаты, а также кратко сформулированные цели, результаты и выводы.

4. Полный текст доклада на слайды не размещают, потому что слушатель не может одновременно читать текст и слушать.

5. При изложении материала необходимо обращаться к слайдам, разъясняя слушателям их содержание. Используйте для этого лазерную указку.

6. Последний слайд может содержать сведения для контакта, благодарность слушателям или вашим помощникам. Можно в качестве последнего слайда показать первый слайд – напомнить тему доклада и сведения о докладчике.

7. Заготовьте несколько подробных запасных слайдов для ответов на возможные вопросы слушателей.

РАЗДЕЛ 2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

2.1. Общие методические указания по решению задач

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение. Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, развивают навыки использования общих законов для решения конкретных вопросов, имеющих практическое значение. Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала и его усвоения.

Прежде, чем приступить к выполнению заданий, ознакомьтесь с основными требованиями по их оформлению.

Номер варианта задания соответствует номеру студента в журнале группы.

Каждая задача индивидуального домашнего задания выполняется *на отдельном двойном тетрадном листе*. Условие задачи надо переписать полностью без сокращений. Затем выполняется краткая запись условия с переводом данных в СИ. Для замечаний преподавателя на страницах надо оставлять поля. *Графики выполняются на миллиметровой бумаге*.

Прежде чем приступить к решению задач какого-либо раздела, необходимо проработать теорию по этому разделу. Без знания теории нельзя рассчитывать на успешное решение даже простых задач.

Рекомендуем Вам при решении задач придерживаться следующей последовательности действий.

1. Полностью запишите условие задачи.
2. Сделайте краткую запись условия, выразите все данные в единицах СИ.
3. Выполните схематический чертёж (где это возможно), отражающий условия задачи и идею её решения.
4. Запишите формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. Сопровождайте решение задачи краткими, но исчерпывающими пояснениями. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины.
5. Прежде чем решать составленную систему уравнений, убедитесь в том, что число неизвестных равно числу уравнений, иначе система не будет иметь определенного решения. Решите систему относительно неизвестного.
6. Выполните численный расчёт и проанализируйте полученный результат.

Как правило, решать задачу следует в общем виде, т.е. надо выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи и взятых из таблиц. Получив ответ в виде алгебраической формулы или уравнения, проверьте, даёт ли полученная формула единицу измерения искомой величины. Если при проверке единица измерения искомой величины не получается, то это означает, что в решении допущена ошибка. Убедившись в

правильности наименования искомой величины нужно подставить в окончательную формулу числовые данные, выраженные в единицах одной системы. Вычисления по расчётной формуле надо проводить с соблюдением правил приближённых вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3,52 \cdot 10^3$, а вместо 0,0000129 записать $1,29 \cdot 10^{-5}$ и т.п.

Срок сдачи индивидуального задания определяется учебно-методическим планом специальности.

Примеры решения задач, а также подробные методические рекомендации и советы по решению задач Вы можете найти в методических пособиях [5,6] (см. раздел «Рекомендуемая литература»).

2.2 Индивидуальные домашние задания

2.2.1 Физические основы механики

Задача 1. Уравнение движения точки имеет вид, указанный в таблице 1. Пользуясь уравнением, выполнить следующее: 1) определить координату x_0 точки в начальный момент времени; 2) написать формулу зависимости скорости от времени $v=f(t)$; 3) найти начальную скорость v_0 точки; 4) найти ускорение a точки; 5) построить график зависимости координаты от времени $x=f(t)$ и скорости от времени $v=f(t)$ в интервале $0 \leq t \leq \tau$ с шагом Δt ; 6) указать характер движения точки.

Рекомендации: 1) Изучите §4 пособия [1] или [3] и п.1.2.2 данного пособия. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §5 пособия [5]. 3) См. приложение А данного пособия.

Задача 2. Колесо радиусом R вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^3$. Используя данные таблицы 2, найти для точек, лежащих на ободе колеса через t сек после начала движения следующие величины: 1) угловую скорость; 2) линейную скорость; 3) угловое ускорение; 4) тангенциальное ускорение; 5) нормальное ускорение; 6) полное ускорение.

Рекомендации: 1) Изучите §5 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §5 пособия [5].

Задача 3. Под действием силы F тело массой m равномерно перемещается по наклонной плоскости длиной l в направлении, указанном в таблице 3. Высота наклонной плоскости h . Используя данные таблицы, найти коэффициент трения μ тела о плоскость.

Рекомендации: 1) Изучите §6 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §6 пособия [5].

Задача 4. К ободу однородного диска массой m и радиусом R приложена касательная сила F . При вращении на диск действует момент сил трения $M_{\text{тр}}$. Диск вращается с угловым ускорением ε . Используя данные таблицы 4, найти недостающую величину.

Рекомендации: 1) Изучите §7 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §6 пособия [5].

Задача 5. Пуля, летящая горизонтально со скоростью v , попадает в шар, подвешенный на невесомом жёстком стержне, и застревает в нем. Масса пули – m , масса шара – M . Расстояние от центра шара до точки подвеса стержня – l . От удара пули стержень с шаром отклонился на угол α , поднявшись на высоту h . Используя данные таблицы 5, найти недостающие величины.

Рекомендации: 1) Изучите §6 и §9 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §7 пособия [5].

2.2.2 Молекулярная физика и термодинамика

Задача 6. В колбе объёмом V находится смесь газов известной природы (M_1, M_2 – молярные массы). Экспериментатор установил, что при давлении газа p_1 масса колбы с газом была равна m_1 , а при давлении p_2 – m_2 . Найти молярную массу смеси и массовую долю каждого из компонентов газовой смеси x_1 и x_2 , если температура газа t . Исходные данные приведены в таблице 6.

Массовая доля компонента – это отношение массы данного газа к суммарной массе газов, составляющих смесь.

$$x_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^k m_i}.$$

Рекомендации: 1) Изучите §13, §14, §15 пособия [2]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §8 пособия [5].

Задача 7. Атмосфера планеты состоит газа, молярная масса которого M . Измерения показали, что на высоте h_1 над поверхностью планеты атмосферное давление равно p_1 , плотность газа при этом равна ρ_1 . При подъёме на высоту h_2 атмосферное давление стало равным p_2 , а плотность газа – ρ_2 . Температура t газа в процессе подъёма не изменялась.

Используя данные таблицы 7, найти недостающие величины. g – ускорение свободного падения для данной планеты.

Рекомендации: 1) Изучите §15 и §21 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §8 пособия [5].

Задача 8. Давление воды в водопроводе у основания здания равно p_0 . Под каким давлением p выходит вода из крана на высоте h от основания? С какой силой F давит вода на отверстие крана площадью S ? На какую высоту H может подняться вода в трубе? Исходные данные приведены в таблице 8.

Рекомендации: 1) Изучите §14 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §8 пособия [5].

Задача 9. Газ известной природы массой m занимает объём V_1 при температуре t_1 и находится под давлением p_1 . ν – количество вещества. Газу сообщили количество тепла Q , в результате этого параметры газа изменились. В таблице 9 указано условие, при котором осуществлялась передача тепла. Используя данные таблицы 9, выполнить следующее:

1. Рассчитать недостающие величины.
2. Найти работу A , совершаемую газом; количество тепла Q , переданное газу; изменение внутренней энергии ΔU .
3. Привести диаграмму процесса в координатах p, V (можно без соблюдения масштаба).

Рекомендации: 1) Изучите §30 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §9 пособия [5].

2.2.3 Электростатика. Законы постоянного тока

Задача 10. Два точечных заряда q_1 и q_2 находятся в среде с диэлектрической проницаемостью ε на расстоянии r . Сила взаимодействия зарядов F . Используя данные таблицы 10, найдите недостающие данные. Укажите характер взаимодействия: притяжение или отталкивание?

Рекомендации: 1) Изучите §35, §37 и §38 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §10 пособия [5].

Задача 11. Используя данные таблицы 11, найти численное значение и указать направление вектора напряжённости \vec{E} электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами q_1 и q_2 . Расстояние между зарядами d . Заряды находятся в среде с диэлектрической проницаемостью ε .

Рекомендации: 1) Изучите §35, §37 и §38 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §10 пособия [5].

Задача 12. Заряд q_0 находится в поле бесконечно длинной заряженной нити с линейной плотностью заряда на ней τ . При перемещении заряда q_0 из точки, отстоящей на расстоянии r_1 от нити, в точку, находящуюся на расстоянии r_2 от нити, совершается работа A . $\Delta\varphi$ – разность потенциалов между точками, $E(r_1)$ – напряжённость поля на расстоянии r_1 . Используя данные таблицы 12, найти недостающие величины.

Рекомендации: 1) Изучите §35, §37 и §38 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §10 пособия [5].

Задача 13. Плоский конденсатор площадью пластин S и расстоянием между пластинами d заполнен веществом с диэлектрической проницаемостью ε . К конденсатору приложено напряжение U . Используя данные, приведённые в таблице 13, определить: электроёмкость C конденсатора, энергию W заряженного конденсатора, напряжённость электрического поля E между пластинами, объёмную плотность энергии w .

Рекомендации: 1) Изучите §42 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §10 пособия [5].

Задача 14. Для изготовления нагревательного элемента мощностью P взяли проволоку длиной l . Диаметр проволоки d , удельное сопротивление материала, из которого изготовлена проволока – ρ . Приложенное напряжение U . Используя данные таблицы 14, определить длину l проволоки, её сопротивление R , силу тока I и плотность тока j .

Рекомендации: 1) Изучите §45 и §47 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §11 пособия [5].

Задача 15. Проводник длиной l и диаметром d находится при температуре t_1 , при этом его сопротивление R_1 . После нагревания до температуры t_2 его сопротивление стало R_2 . ρ_0 – удельное сопротивление материала, α – температурный коэффициент сопротивления.

1. Используя данные таблицы 15, найти недостающие величины.
2. Построить график зависимости сопротивления от температуры $R=f(t)$ в интервале $t_1 \leq t \leq t_2$ с шагом Δt .
3. Используя справочные данные, определить возможный материал проводника.

Рекомендации: 1) Изучите §45 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §11 пособия [5].

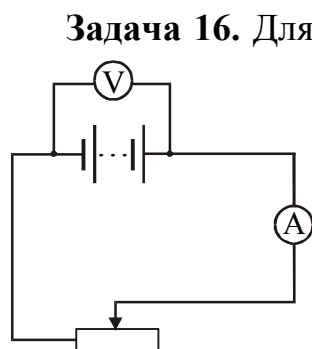


Рисунок к задаче 16

Задача 16. Для определения эдс ε и внутреннего сопротивления r источника тока собрали цепь по схеме, приведённой на рис. к задаче 16. При некотором положении скользящего контакта реостата амперметр показал силу тока I_1 , а вольтметр – напряжение U_1 . Когда контакт переместили влево, амперметр показал – I_2 , а вольтметр – U_2 . Найти внутреннее сопротивление r источника и его эдс ε . Исходные данные приведены в таблице 16.

Рекомендации: 1) Изучите §45 пособия [1] или [3].
2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §11 пособия [5].

Задача 17. Составьте схему из трех соединённых участков, которые изображены на рис. к задаче 17. Номера участков, эдс источников ε_i , внутреннее сопротивление источников r_i , сопротивление участков R_i (или сила тока I_i , который протекает по одному из участков в направлении от точки А к В) заданы в таблице 17. Найти: 1) величины, указанные в последней колонке таблицы; 2) разность потенциалов ($\varphi_A - \varphi_B$) между точками А и В.

Рекомендации: 1) Изучите §46 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §11 пособия [5].

2..4. Электромагнетизм

Задача 18. Бесконечно длинный тонкий проводник, по которому течёт ток I , имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Используя данные таблицы 18, рассчитайте напряжённость H и магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке О. Укажите направление векторов \vec{H} и \vec{B} .

Рекомендации: 1) Изучите §49 и §50 пособия [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §12 пособия [5].

Задача 19. Прямоугольная плоская катушка со сторонами a и b содержит N витков провода и находится в однородном магнитном поле, индукция которого \vec{B} . По катушке течёт ток силой I . Используя данные таблицы 19, определите магнитный момент p_m катушки с током и вращательный момент $M_{вр}$, который действует на неё со стороны магнитного поля, если плоскость катушки об-

разует с направлением линий магнитной индукции угол α . Сделайте поясняющий рисунок и укажите на нем направление векторов \vec{p}_m и $\vec{M}_{вр}$.

Рекомендации: 1) Изучите §49 и §50 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §12 пособия [5].

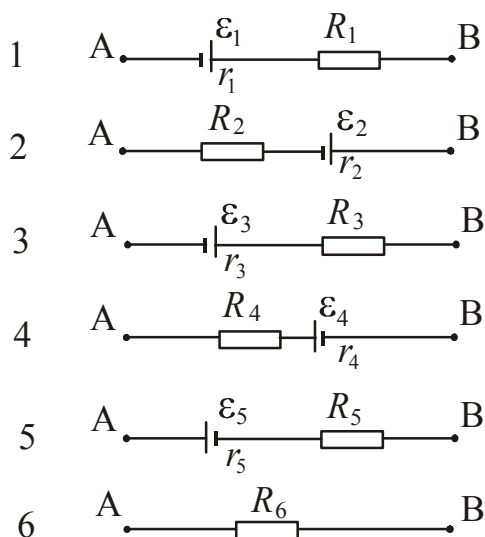


Рисунок к задаче 17

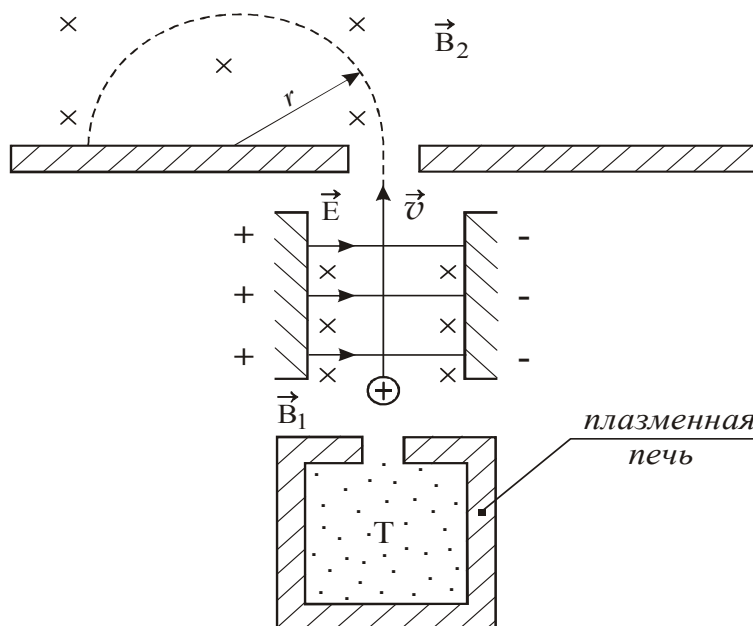


Рисунок к задаче 20

Задача 20. Ионы элемента A_ZX (Z – порядковый номер, A – массовое число), вылетают из плазменной печи и проходят через фильтр скоростей, который представляет собой скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля. \vec{E} – напряжённость электрического поля, \vec{B}_1 – индукция магнитного поля. T – температура плазмы. В фильтре ионы движутся перпендикулярно обоим полям, не испытывая отклонений от прямолинейной траектории. Затем они попадают в отклоняющее магнитное поле индукцией \vec{B}_2 масс-спектрометра Бейнбриджа (см. рисунок к задаче 20). Радиус кривизны траектории ионов в этом поле – r , заряд ионов $q = +ne$ (где n – кратность ионизации, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл). Фильтр скоростей “настроен” на наиболее вероятную скорость атомов.

Пользуясь данными таблицы 20, найти недостающие величины.

Рекомендации: 1) Изучите §35 и §55 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §12 пособия [5].

Задача 21. В однородном магнитном поле, индукция которого B , вращается рамка с постоянной частотой f . Обмотка рамки содержит N витков провода и охватывает площадь S . При этом на концах обмотки регистрируется напряжение, эффективное значение которого $U_{эф}$. Используя числовые данные, приведённые в таблице 21, найти недостающую величину.

Рекомендации: 1) Изучите §58 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §13 пособия [5].

Задача 22. Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, содержит N витков провода. Длина катушки l , площадь поперечного сечения S . По проводу течёт ток I_0 . За время Δt сила тока убывает до значения I . Используя данные таблицы 22, определить индуктивность L катушки и среднее значение ЭДС ϵ , возникающей в контуре.

Рекомендации: 1) Изучите §59 пособия [1] или [3]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §13 пособия [5].

2.2.5 Механические и электромагнитные колебания и волны

Задача 23. Пружинный маятник совершает гармонические колебания по закону $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Используя данные таблицы 23, выполните следующее:

1. Найдите недостающие в таблице величины.
2. Запишите уравнение колебаний $x(t)$ с числовыми коэффициентами и постройте график зависимости $x(t)$ в пределах $0 \leq t \leq T$ с шагом $\Delta t = T/12$.

Обозначения, принятые в таблице:

x_0 – значение координаты в начальный момент времени; φ_0 – начальная фаза; k – коэффициент жёсткости пружины; v_0 и a_0 – значения скорости и ускорения в начальный момент времени; v_{\max} и a_{\max} – максимальные значения скорости и ускорения.

Рекомендации: 1) Изучите §1, §2 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §1 пособия [6].

Задача 24. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью L и конденсатора ёмкостью C . Напряжение на конденсаторе изменяется по закону $u_c(t) = U_{\max} \cos \omega_0 t$. Используя данные таблицы 24, выполните следующее:

1. Нарисуйте схему колебательного контура.
2. Найдите недостающие в таблице величины.
3. Запишите уравнение изменения $u_c(t)$ с числовыми коэффициентами.
4. Получите уравнения изменения с течением времени заряда $q(t)$ на обкладках конденсатора, силы тока $i(t)$ в контуре, энергии магнитного $W_m(t)$ и электрического $W_{эл}(t)$ полей и запишите их с числовыми коэффициентами.

Рекомендации: 1) Изучите §4 (п.4.4) пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §2 пособия [6].

Задача 25. Точка участвует в двух колебаниях одного направления и одинаковой частоты ν . Амплитуды колебаний равны A_1 и A_2 . φ_{01} и φ_{02} – начальные фазы этих колебаний. A – амплитуда результирующего колебания, φ_0 – его начальная фаза. Используя данные таблицы 25, выполните следующее:

1. Найдите недостающие величины.
2. Постройте векторную диаграмму сложения колебаний с соблюдением масштаба.
3. Запишите уравнение результирующего колебания с числовыми коэффициентами.

Рекомендации: 1) Изучите §5 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §1 пособия [6].

Задача 26. Точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями:

$$\begin{aligned}x(t) &= A_1 \cos \omega t, \\y(t) &= A_2 \cos(\omega t + \varphi).\end{aligned}$$

Используя данные таблицы 26, выполните следующее:

1. Найдите уравнение траектории точки.
2. Постройте её с соблюдением масштаба.
3. Укажите направление движения.

Рекомендации: 1) Изучите §5 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §1 пособия [6].

Задача 27. Маятник совершает затухающие колебания. Используя данные таблицы 27, выполните следующее:

1. Найдите недостающие в таблице величины.
2. Запишите уравнение колебаний с числовыми коэффициентами.
3. Постройте график зависимости амплитуды затухающих колебаний от

времени $A = f(t)$ в пределах $0 \leq t \leq 2\tau$ с шагом $\Delta t \approx \frac{\tau}{5}$.

Обозначения, принятые в таблице: β – коэффициент затухания; ω_0 – собственная частота колебаний; λ – логарифмический декремент затухания, τ – время релаксации, N_e – число колебаний, за которое амплитуда уменьшается в $e=2,718\dots$ раз, Q – добротность колебательной системы.

Рекомендации: 1) Изучите §6 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §1 пособия [6].

Задача 28. Пружинный маятник совершает вынужденные колебания под действием внешней периодически изменяющейся силы $F = F_0 \cos \Omega t$. Используя данные таблицы 28, выполните следующее:

1. Найдите значения резонансной частоты $\Omega_{\text{рез}}$, резонансной амплитуды $A_{\text{рез}}$, и статического смещения $A_{\text{ст.}}$.
2. Запишите уравнение установившихся вынужденных колебаний системы с числовыми коэффициентами при $\Omega = \Omega_{\text{рез}}$.
3. Нарисуйте схематический график зависимости амплитуды от частоты вынуждающей силы, указав рассчитанные параметры.

Обозначения, принятые в таблице: m – масса груза; ω_0 – собственная частота колебаний; β – коэффициент затухания; F_0 – амплитудное значение вынуждающей силы.

Рекомендации: 1) Изучите §7 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §1 пособия [6].

Задача 29. Звуковая волна интенсивностью I и частотой ν распространяется в некоторой газообразной среде, плотность которой ρ .

Используя данные таблицы 29, выполните следующее:

1. Найдите недостающие в таблице величины.

2. Запишите уравнение плоской бегущей волны $\xi(x, t)$ с числовыми коэффициентами.
3. Рассчитайте смещение $\xi(x_1, t_1)$ частиц среды в точке, находящейся на расстоянии x_1 от источника, в момент времени t_1 .
4. Получите уравнение скорости колебаний частиц среды, продифференцировав уравнение волны по времени (т.е. найдите $(\partial\xi/\partial t)$).
5. Рассчитайте амплитуду скорости $(\partial\xi/\partial t)_{\max}$ колебаний частиц среды.
6. Рассчитайте уровень громкости звука, приняв интенсивность порога слышимости равной $I_0=10^{-12}$ Вт/м².

Обозначения, принятые в таблице: λ – длина волны, k – волновое число, T – период колебаний частиц среды, v – скорость волны.

Рекомендации: 1) Изучите §8, §9 и §10 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §3 пособия [6].

Задача 30. Колебательный контур состоит из катушки и плоского конденсатора. Катушка (без магнитного сердечника) имеет длину l , площадь поперечного сечения S_1 и содержит N витков. Конденсатор состоит из двух пластин площадью S_2 каждая. Расстояние между пластинами d заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε . Используя данные, приведенные в таблице 30, найдите недостающие величины.

Обозначения, принятые в таблице: T – период колебаний, ν – частота колебаний, λ – длина волны, на которую резонирует контур.

Рекомендации: 1) Изучите §8, §9 и §10 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §3 пособия [6].

Задача 31. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной изотропной немагнитной среде с диэлектрической проницаемостью ε . Напряжённость электрического поля волны изменяется по закону $E = E_{\max} \cos(\omega t - kx)$. Используя данные таблицы 31, выполните следующее:

1. Найдите недостающие в таблице величины.
2. Запишите уравнения изменения напряжённости $E(x, t)$ электрического поля и напряжённости $H(x, t)$ магнитного поля с числовыми коэффициентами.
3. Схематично изобразите график волны с указанием амплитудных значений напряжённостей E_{\max} и H_{\max} .
4. Найдите интенсивность волны, рассчитайте значение вектора Пойнтинга в точке с координатой $x_1=\lambda/8$ в момент времени t_1 . Укажите направление вектора.

Рекомендации: 1) Изучите §14 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §3 пособия [6].

2.2.6 Волновая и квантовая оптика. Квантовая механика. Физика твёрдого тела. Ядерная физика

Задача 32. Пучок параллельных монохроматических лучей с длиной волны λ падает на находящуюся в воздухе тонкую плёнку с показателем преломления n . α – угол падения лучей, d – наименьшая толщина плёнки, при которой отражённые лучи максимально усилены (ослаблены) интерференцией. Используя данные таблицы 32, выполните следующее:

1. Найдите недостающие величины.
2. Начертите ход лучей в тонкой плёнке.
3. Укажите лучи, которые интерферируют.

Рекомендации: 1) Изучите §17, §18 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §4 пособия [6].

Задача 33. На дифракционную решётку нормально к её поверхности падает параллельный пучок света с длиной волны λ . Помещённая вблизи решётки линза проецирует дифракционную картину на экран, удаленный от линзы на расстояние L . Расстояние между двумя максимумами интенсивности первого порядка на экране равно l . Постоянная решётки – d . Число штрихов решётки на единицу длины – n . Максимальный порядок спектра – m_{\max} . Число максимумов, которое при этом даёт решётка – N . Угол дифракции первого порядка – φ_1 . Используя данные таблицы 33, найдите недостающие величины.

Рекомендации: 1) Изучите §20 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §4 пособия [6].

Задача 34. Два николя N_1 и N_2 расположены так, что угол между их плоскостями пропускания равен φ . I_0 – интенсивность естественного света, падающего на поляризатор; I_1 – интенсивность поляризованного света, падающего на анализатор; I_2 – интенсивность света, вышедшего из анализатора. Коэффициент поглощения света в каждом никеле k . P – степень поляризации. Используя данные таблицы 34, найти недостающие величины.

Рекомендации: 1) Изучите §22, §23 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §4 пособия [6].

Задача 35. Электрическая муфельная печь потребляет мощность P . Температура её внутренней поверхности при открытом небольшом отверстии площадью S равна t . λ_{\max} – длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения.

Считая, что отверстие печи излучает как абсолютно черное тело, определить, какая часть η мощности рассеивается стенками, а также другие недостающие в таблице 35 величины.

Рекомендации: 1) Изучите §26, §27 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §5 пособия [6].

Задача 36. На поверхность некоторого материала падает свет частоты ν . ϵ – энергия фотона, падающего на поверхность; λ_0 – красная граница фотоэффекта для этого вещества; $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона, v_{max} – максимальная скорость фотоэлектронов; U_3 – задерживающее напряжение.

Используя данные таблицы 36, найдите недостающие величины. Используя справочные таблицы, определите название материала.

Рекомендации: 1) Изучите §14 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §5 пособия [6].

Задача 37. При измерении сопротивления собственного полупроводника было установлено, что при температуре t_1 его сопротивление равно R_1 , а при температуре t_2 равно R_2 . ΔE – ширина запрещенной зоны. Используя данные таблицы 37, выполните следующее:

1. Найдите недостающие величины.
2. Постройте график зависимости сопротивления полупроводника от температуры в интервале от t_2 до t_1 с шагом Δt .
3. Найдите значения температурного коэффициента сопротивления полупроводника при температурах t_2 и t_1 .
4. Используя справочные таблицы, определите название полупроводника.

Рекомендации: 1) Изучите §42 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §8 пособия [6].

Задача 38. В таблице 38 приведена сокращённая форма записи ядерной реакции. Дайте полную запись реакции и найдите энергетический выход в МэВ. Укажите характер реакции – экзотермическая или эндотермическая.

Принятые обозначения:

$\alpha = {}^4_2\text{He}$ – альфа-частица, $p = {}^1_1p$ – протон, $n = {}^1_0n$ – нейтрон, $d = {}^2_1\text{H}$ – дейтон, γ – гамма-квант, X – искомый элемент.

Рекомендации: 1) Изучите §47 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §9 пособия [6].

Задача 39. Пучок моноэнергетического γ -излучения с энергией ϵ проходит через поглощающее вещество. Используя данные таблицы 39, выполните следующее:

1. Найдите длину волны λ , соответствующую этому излучению.
2. Определите линейный коэффициент ослабления μ , соответствующий данному излучению. Воспользуйтесь графиком зависимости линейного коэффициента ослабления μ от энергии фотонов ϵ , данным в приложении.
3. Рассчитайте, какой толщины x должна быть пластинка из этого вещества, чтобы интенсивность γ -излучения уменьшилась в k раз?

Рекомендации: 1) Изучите §28 и §47 (п. 47.4) пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §9 пособия [6].

Задача 40. Масса радиоактивного препарата изотопа ${}_Z\text{X}^A$ равна m . Используя данные таблицы 40, выполните следующее:

1. Найдите значение начальной активности препарата и его удельную активность.
2. Рассчитайте промежуток времени, в течение которого активность препарата уменьшится в k раз?

Рекомендации: 1) Изучите §47 (п. 47.2) пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §9 пособия [6].

Задача 41. Рассчитайте дефект массы ядра Δm , энергию связи $\Delta E_{\text{св}}$ и удельную энергию связи нуклонов в ядре $\epsilon_{\text{уд}}$. Используя график зависимости удельной энергии связи от массового числа, данный в приложении, определите значение удельной энергии связи для Вашего элемента. Сравните найденное значение с рассчитанным.

Номер элемента соответствует Вашему номеру по журналу + 15.

Рекомендации: 1) Изучите §46 пособия [2] или [4]. 2) Алгоритмы и примеры решения задач см. в §9 пособия [6].

2.3. Таблицы вариантов заданий

Таблица 1

№ п/п	Уравнение движения $x(t)$, м	τ , с	Δt , с	x_0 , м	v_0 , м/с	a , м/с ²	Вид движения
1	$x = -270 + 12t$	20	2,0				
2	$x = -1,5t$	10	1,0				
3	$x = 20 + 0,4t^2$	40	4,0				
4	$x = 1 - 0,2t^2$	30	3,0				
5	$x = -0,4t^2$	20	2,0				
6	$x = 20 + 5t$	50	5,0				
7	$x = 150 - 10t$	40	4,0				
8	$x = 400 - 0,6t$	100	10,0				
9	$x = 10t + 0,4t^2$	20	2,0				
10	$x = 2t - t^2$	15	1,5				
11	$x = 3 - 4t + 2t^2$	25	2,5				
12	$x = -t - 6t^2$	50	5,0				
13	$x = -10 + 0,5t$	40	4,0				
14	$x = 5 - t$	100	10,0				
15	$x = 2t + 0,2t^2$	30	3,0				
16	$x = 80 - 4t$	50	5,0				
17	$x = 15 + t^2$	20	2,0				
18	$x = 5 + 8t$	40	4,0				
19	$x = 4 + t + 0,3t^2$	50	5,0				
20	$x = -3 + 2t + 0,4t^2$	20	2,0				
21	$x = 10t + 0,5t^2$	30	3,0				
22	$x = 40 + 5t + 0,6t^2$	100	10,0				
23	$x = -20 + 4t$	40	4,0				
24	$x = 0,9t^2$	20	2,0				
25	$x = 30t + 5t^2$	30	3,0				
26	$x = 30t - 5t^2$	30	3,0				
27	$x = 10 - 100t^2$	50	5,0				
28	$x = 12 - 0,6t^2$	20	2,0				
29	$x = 20 + 2t$	40	4,0				

Таблица 2

№ п/п	B , рад/с	C , рад/с ²	R , м	t , с	ω , рад/с	v , м/с	ε , рад/с ²	a_{τ} , м/с ²	a_n , м/с ²	a , м/с ²
1	5	6	0,20	2,5						
2	3	4	0,15	1,5						
3	7	3	0,25	3,0						
4	2	8	0,10	2,0						
5	3	4	0,50	3,0						
6	1	7	0,30	1,5						
7	4	2	0,45	3,0						
8	1	3	0,50	2,5						
9	5	4	0,25	1,5						
10	2	1	0,10	2,0						
11	6	5	0,15	3,0						
12	4	3	0,25	2,0						
13	3	7	0,10	3,0						
14	8	2	0,50	1,5						
15	4	3	0,30	3,0						
16	7	1	0,45	2,5						
17	2	4	0,50	1,5						
18	3	1	0,25	2,0						
19	4	5	0,10	3,0						
20	1	2	0,45	2,0						
21	2	3	0,30	3,0						
22	3	8	0,45	1,5						
23	1	4	0,50	3,0						
24	4	7	0,25	2,5						
25	1	2	0,10	1,5						
26	5	3	0,15	2,0						
27	2	4	0,25	3,0						
28	6	1	0,10	2,0						
29	4	5	0,50	3,0						
30	3	3	0,30	1,5						

Таблица 3

№ п/п	l , м	h , м	m , кг	F , Н	μ	Направление движения
1	1,0	0,20	0,20	1,0		вверх
2	1,1	0,38	0,15	0,24		вниз
3	1,2	0,21	0,12	0,51		вверх
4	9,8	1,2	14,0	31,0		вниз
5	8,0	1,4	12,5	69,6		вверх
6	12,8	2,0	135	381		вниз
7	7,2	1,5	18,0	123		вверх
8	6,6	1,7	22,0	110		вверх
9	9,3	2,1	1,9	9,3		вверх
10	21,0	2,2	19,5	37		вниз
11	5,8	1,1	25	124		вверх
12	3,3	0,8	24,0	21		вниз
13	4,3	0,9	23,0	126		вверх
14	4,4	1,0	21,0	31,5		вниз
15	13,8	1,2	17,0	81		вверх
16	18,6	1,3	15,0	51		вниз
17	20,5	2,5	150,0	822		вверх
18	9,6	1,5	16,8	49		вниз
19	6,2	1,6	16,0	113		вверх
20	7,9	1,1	80,0	203		вверх
21	10,0	1,9	70,0	225		вверх
22	19,5	1,7	75,0	53		вниз
23	10,4	1,8	65,0	224		вверх
24	18,0	2,2	50,0	37,5		вниз
25	8,1	2,1	40,0	185		вверх
26	6,2	1,5	36,0	31		вниз
27	6,2	1,4	72,0	276		вверх
28	7,2	1,5	66,0	49		вниз
29	12,2	1,7	10,0	28		вверх
30	6,6	1,6	34,0	52		вниз

Таблица 4

№ п/п	R , м	F , Н	$M_{тр}$, Н·м	ε , рад/с ²	m , кг
1	0,3		3,6	72	10
2	0,25	140		84	12
3	0,5	200	10,0		20
4	1,2	1150	120	8,8	
5	0,45		4,0	80	5
6	1,3	900	120		250
7	1,4	800	150	3,3	
8	0,75	250		4,0	100
9	0,2	98,1	4,9		7,4
10	0,9		20	7,0	90
11	1,8	1300	270	1,5	
12	0,6	400	22		70
13	1,25	1000	125	4,0	
14	1,0		30	10,0	85
15	1,8	1400	280		1000
16	1,1		100	4,0	400
17	0,8	600	60	20	
18	0,85	650	50		120
19	0,3	160		70	14
20	1,4	950	200	2,5	
21	1,5	850	180		500
22	0,45		4,0	60	15
23	1,35	1000	160	3,4	
24	0,7	800		35	60
25	1,2	700	90	2,5	
26	1,95	1250	300		1500
27	0,75		65	14	150
28	1,7	1200		1,0	1400
29	0,25	130	28	60	
30	1,6		180	0,8	1600

Таблица 5

№ п/п	m , г	M , г	v , м/с	l , м	α° ,	h , см
1	3,6	3600		1,00		1,5
2	4,2		600	0,74		8,1
3		2600	550	1,57		18,4
4	8,8	3800			24	8,9
5	3,9		610		22	3,3
6		2450	480		20	9,6
7	5,5	3050		1,16	15	
8	4,6		670	1,51	5	
9	6,8	1850	470	1,49		
10		1400	520	2,19	17	
11	6,6	2650		0,94		12,6
12	8,2	4600			23	4,5
13	4,3		600		32	9,9
14	6,5	1700	540	0,97		
15	6,4		500	0,65		11,8
16		1500	700	1,07	33	
17	7,2	3100	650		29	
18		1300	670		37	30,8
19		2700	590	1,07		9,3
20	4,4	1900		1,18	20	
21	7,4	3500		1,11		10,4
22	8,0		540	1,10	18	
23	3,8		560	0,57	29	
24	6,0	2000		1,27	25	
25	5,8	2550			20	8,9
26		1150	660	2,36	31	
27	5,0		620	0,64		6,5
28	7,6	2300	520	1,37		
29		3400	740		14	4,0
30	7,8		550		33	8,4

Таблица 6

№ п/п	V , см ³	m_1 , г	m_2 , г	p_1 , мм рт.ст	p_2 , мм рт.ст	t , °С	Хим. состав
1	300	144,26	143,92	742	70	22	O ₂ , N ₂
2	260	121,67	121,50	750	30	17	O ₂ , H ₂
3	350	153,38	152,97	737	42	25	Ar, He
4	240	117,66	117,51	744	25	20	N ₂ , H ₂
5	270	131,44	131,12	740	15	32	CO ₂ , CH ₄
6	310	141,83	141,60	748	30	19	He, CO
7	175	89,19	88,97	753	18	24	Ar, CH ₄
8	340	138,65	138,52	745	50	20	SO ₂ , H ₂
9	320	133,71	133,55	739	42	30	CO ₂ , H ₂
10	340	140,84	140,71	750	31	18	O ₂ , He
11	290	125,08	124,92	752	37	20	N ₂ , He
12	240	121,17	120,81	725	41	22	SO ₂ , NH ₃
13	250	125,23	125,04	740	47	24	N ₂ , He
14	350	152,47	152,35	755	53	30	CO ₂ , H ₂
15	310	148,44	148,05	750	44	21	CO ₂ , CH ₄
16	280	146,33	146,21	743	55	35	Ar, H ₂
17	315	154,38	153,67	755	32	22	SO ₂ , N ₂
18	270	121,77	121,45	746	24	20	Ar, H ₂
19	284	139,22	138,98	735	28	19	CO, He
20	324	160,77	160,55	743	41	23	N ₂ , He
21	360	136,48	136,37	749	38	24	H ₂ , CH ₄
22	245	121,43	120,87	753	28	20	Cl ₂ , N ₂
23	294	128,44	127,99	748	33	21	Cl ₂ , He
24	325	135,94	135,28	758	44	24	Cl ₂ , Ar
25	305	141,35	140,84	757	48	20	Cl ₂ , Ne
26	285	136,84	136,45	734	52	19	N ₂ , Ar
27	360	190,38	190,11	742	42	25	CO ₂ , He
28	318	166,63	165,88	751	66	23	H ₂ S, Cl ₂
29	360	135,72	134,96	730	72	22	NH ₃ , Cl ₂
30	400	124,52	123,98	746	53	10	N ₂ , CO ₂

Таблица 7

№ п/п	h_1 , км	p_1 , МПа	h_2 , км	p_2 , МПа	g , м/с ²	t , °С	ρ_1 , кг/м ³	ρ_2 , кг/м ³	M , кг/моль
1	0	9,120	5	6,717	8,76	468			
2	5	6,717	10	4,845	8,75	420			
3	10	4,845	20	2,372	8,74	360			
4	20	2,372	30	1,048	8,73	280			
5	30	1,048	40	0,405	8,72	202			
6	40	0,405	50	0,125	8,70	110			
7	50	0,125	70	0,0048	8,69	3			
8	0		5		8,70	460	63,23	46,51	
9	5		10		8,69	433	49,86	36,26	
10	10		20		8,68	405	38,95	20,08	
11	20		30		8,67	285	21,93	9,82	
12	30		40		8,65	190	11,53	4,39	
13	40		50		8,64	120	5,38	1,72	
14	50		60		8,63	0	2,34	0,46	
15	0	0,101	1,0		9,81	20			0,029
16	0,5	0,095	1,5		9,80	0			0,029
17	1,0	0,090	2,0		9,80	- 10			0,029
18	1,5	0,079	3,0		9,80	- 20			0,029
19	2,0		4,0	0,060	9,78	- 25			0,029
20	3,0		5,0	0,054	9,78	- 28			0,029
21	5,0	0,054	6,0		9,78	- 30			0,029
22	6,0	0,043	7,0		9,78	- 33			0,029
23	2,0		8,0	0,030	9,81	- 30			0,029
24	3,0		9,0	0,027	9,81	- 30			0,029
25	1,0		1,5		9,81	- 10	1,10		0,029
26	15		22		8,73	310	43,31	25,10	
27	18		25		8,72	296	21,19	12,18	
28	35		40		8,70	117	9,23	5,19	
29	26	1,675	33	0,843	8,72	187			
30	12	5,102	20	2,643	8,73	277			

Таблица 8

№ п/п	p_0 , атм	h , м	S_2 , см ²	p , Па	F , Н	H , м
1	2,5	15	0,50			
2	4,1	18	0,61			
3	3,7	12	0,72			
4	1,7	3	0,85			
5	1,9	6	0,52			
6	3,0	10	0,84			
7	7,5	30	0,86			
8	4,7	26	0,60			
9	5,2	21	0,95			
10	3,6	11	0,65			
11	2,6	12	0,68			
12	5,4	14	0,74			
13	6,7	31	1,00			
14	2,4	9	0,88			
15	3,4	13	0,55			
16	5,1	29	0,96			
17	4,9	23	0,75			
18	4,3	19	0,70			
19	3,5	16	0,97			
20	7,7	32	0,48			
21	6,5	21	0,62			
22	5,7	27	0,54			
23	6,2	25	0,78			
24	5,8	29	0,98			
25	4,6	17	0,80			
26	7,8	17	0,57			
27	7,9	24	0,66			
28	5,0	22	0,90			
29	8,0	19	0,82			
30	8,1	28	0,59			

Таблица 9

№ п/п	Процесс	Газ	ν , МОЛЬ	m , КГ	p_1 , кПа	V_1 , дм ³	t_1 , °С	p_2 , кПа	V_2 , дм ³	t_2 , °С
1	$Q=0$	O ₂	1,0		100	22			11	
2	$T=\text{const}$	N ₂	2,0		70	40		35		
3	$p=\text{const}$	He		0,010	100		27			77
4	$V=\text{const}$	Воздух	0,8		100		20			60
5	$T=\text{const}$	O ₂		0,029		20	30		40	
6	$Q=0$	He	2,0		200	40		80		
7	$p=\text{const}$	Ar		0,043	200		33			200
8	$V=\text{const}$	Ne		0,012	90	15				300
9	$T=\text{const}$	He	1,0		100	23		80		
10	$Q=0$	Воздух		0,021		15	25	30		
11	$p=\text{const}$	O ₂	1,2				20	100		250
12	$V=\text{const}$	Ar		0,010		5	40			100
13	$T=\text{const}$	Cl ₂			100	20		50		50
14	$Q=0$	He			100	40	20		20	
15	$p=\text{const}$	Воздух		0,015	100		25			70
16	$V=\text{const}$	O ₂		0,016	65			100	20	
17	$T=\text{const}$	Ar	1,0		150	18		75		
18	$Q=0$	Cl ₂		0,071	200		27			127
19	$p=\text{const}$	Ne		0,020	100	28			30	
20	$V=\text{const}$	CH ₄		0,032		20	30			200
21	$T=\text{const}$	CH ₄		0,016		15		30		70
22	$p=\text{const}$	N ₂		0,014	100	12			30	
23	$Q=0$	He	2,0		90	50			100	
24	$V=\text{const}$	Ar		0,04		20	27			80
25	$T=\text{const}$	O ₂	3,0		100			50		50
26	$Q=0$	NH ₃		0,034	95		17			97
27	$V=\text{const}$	He	2,5			7	28			67
28	$p=\text{const}$	CO ₂		0,088	200	2			75	
29	$T=\text{const}$	Cl ₂		0,071		25		100		37
30	$p=\text{const}$	SO ₂	1,5		78		30			66

Таблица 10

№ п/п	ε	q_1 , нКл	q_2 , нКл	r , см	F , мкН
1	2,0	- 20,0	30,0	10,0	
2	7,0	7,5		5,0	56,7
3	3,0		6,0	8,0	43,6
4	5,0	18,0	- 35,0		50,4
5		24,0	7,5	3,0	90
6	7,0	14,0		12,0	31,3
7	5,0	- 6,5	27,0	7,0	
8	2,2		8,0	4,0	511,4
9		17	5,5	7,0	21,5
10	3,0	8,5	- 14,6	5,5	
11	3,0	- 12,0	7,0		205,7
12	5,0	4,5		4,5	55,2
13	2,1		9,5	5,0	228,0
14		12,5	4,0	7,0	23,0
15	8,0		3,5	3,0	80,9
16	2,2	3,0		2,5	166,9
17	5,0	7,0	25,0		20,2
18	7,0	8,5	16,5	7,5	
19	2,2	4,5	5,0		9,2
20	3,0	3,0		8,0	10,5
21	8,0		6,5	6,5	20,8
22		15,5	7,0	7,5	82,7
23	7,0		2,5	4,0	35,2
24	4,0	6,5		3,0	195,0
25	2,2	7,0	15,0		53,0
26	5,0	10,0	4,5	12,0	
27	3,0	8,5	7,0		59,0
28	4,0	12,5		3,5	126,3
29	2,2		3,6	7,5	30,1
30		17,5	4,8	13,0	6,4

Таблица 11

№ п/п	ε	q_1 , нКл	q_2 , нКл	d , см	E , кВ/м
1	2,1	- 6,0	4,0	16	
2	7,0	5,5	3,0	12	
3	5,0	5,5	- 6,2	6	
4	2,2	- 3,5	8,0	8	
5	4,0	- 5,3	- 6,5	20	
6	5,0	- 12,3	9,0	14	
7	2,1	- 8,3	12,0	10	
8	7,0	4,0	5,0	8	
9	3,0	- 4,6	9,5	12	
10	8,0	9,2	- 4,8	18	
11	2,2	4,0	- 6,0	10	
12	8,0	3,0	5,5	22	
13	2,2	- 6,2	5,5	16	
14	5,0	8,0	- 3,5	14	
15	7,0	- 6,5	- 5,3	24	
16	2,2	9,0	- 12,3	14	
17	3,0	12,0	- 8,3	18	
18	8,0	5,0	4,0	20	
19	2,1	9,5	- 4,6	14	
20	7,0	- 4,8	9,2	12	
21	5,0	- 12,3	4,0	8	
22	2,2	- 8,3	3,0	6	
23	4,0	4,0	- 6,2	16	
24	5,0	- 4,6	8,0	12	
25	2,1	9,2	- 6,5	18	
26	7,0	4,0	9,0	22	
27	3,0	3,0	12,0	20	
28	8,0	- 6,2	5,0	24	
29	2,2	8,0	9,5	16	
30	8,0	- 6,5	- 4,8	18	

Таблица 12

№ п/п	q_0 , нКл	τ , нКл/м	r_1 , см	r_2 , см	A , мкДж	$E(r_1)$, кВ/м	$\Delta\varphi$, В
1	30		2,0	4,0	1,50		
2	25		1,0	2,0			74,8
3	50	4,0		3,0	2,50		
4	35	2,5	2,4		1,25		
5		7,5			3,07	3,86	68,2
6	52		3,0	6,2	2,17		
7		5,0			2,80	5,62	82,4
8	28	8,8		7,2	2,61		
9	25	15,0	1,6		5,84		
10		3,5			1,60	3,50	53,4
11	22		2,0	4,7	1,42		
12		7,0			1,88	4,84	94,4
13	35	8,0	2,4		4,78		
14	45		2,2	5,2			103,7
15		2,0			1,04	2,00	20,7
16	75	7,2		4,3	7,94		
17	70		2,0			3,42	55,4
18		8,5			3,69	9,00	123,0
19	55	3,6	1,8		2,85		
20	65		1,9			4,17	64,7
21	27		2,0	4,5	3,31		
22	60	6,4		4,8	5,71		
23		5,5	2,2		4,08		90,7
24	30		2,3	5,0			70,0
25	40		2,5			3,24	74,8
26	35	3,5		2,5	2,02		
27		10,0	1,2		1,14		152,5
28	60		1,3			12,46	112,2
29	44		1,4	3,5			131,9
30	20		1,5	4,0	2,47		

Таблица 13

№ п/п	ε	d , мм	S , см ²	U , В	C , нФ	W , мкДж	E , кВ/м	w , Дж/м ³
1	2,0	0,2	50	30				
2	7,0	1,1	100	150				
3	3,0	1,2	30	100				
4	5,0	1,3	60	40				
5	2,0	1,4	30	36				
6	7,0	1,5	50	70				
7	5,0	1,6	20	30				
8	2,2	1,7	80	150				
9	2,0	1,8	120	100				
10	3,0	1,9	40	40				
11	5,0	2,0	50	36				
12	2,2	0,8	100	70				
13	5,0	0,7	30	30				
14	3,0	0,6	60	150				
15	7,0	0,5	30	100				
16	2,0	0,5	50	40				
17	7,0	0,6	20	36				
18	3,0	0,7	80	70				
19	5,0	0,8	120	36				
20	2,0	0,9	40	70				
21	7,0	1,0	50	30				
22	5,0	1,1	100	150				
23	2,2	1,2	30	100				
24	2,0	1,3	60	40				
25	3,0	1,4	30	36				
26	5,0	1,5	50	70				
27	2,2	1,6	20	54				
28	5,0	1,7	80	110				
29	3,0	1,8	120	80				
30	7,0	1,9	40	30				

Таблица 14

№ П/П	ρ , мкОм·м	d , мм	S , мм ²	P , Вт	U , В	l , м	R , Ом	I , А	j , А/мм ²
1	1,1	1,0		100	36				
2	1,1	1,1		150	24				
3	1,1	1,2		120	36				
4	1,1	1,3		200	36				
5	1,1	1,4		250	24				
6	1,1	1,5		300	110				
7	1,1	1,6		180	36				
8	1,1	1,7		2500	220				
9	1,1	1,8		2000	220				
10	1,1	1,9		1500	110				
11	1,1	2,0		1800	110				
12	1,1	0,8		200	36				
13	1,1	0,7		300	110				
14	1,1	0,6		100	12				
15	1,1	0,5		120	24				
16	1,3	0,5		100	36				
17	1,3	0,6		110	24				
18	1,3	0,7		350	36				
19	1,3	0,8		270	24				
20	1,3	0,9		180	24				
21	1,3	1,0		700	110				
22	1,3	1,1		1000	220				
23	1,3	1,2		240	36				
24	1,3	1,3		1200	220				
25	1,3	1,4		1700	220				
26	1,3	1,5		1200	110				
27	1,3	1,6		1100	110				
28	1,3	1,7		2400	220				
29	1,3	1,8		2500	220				
30	1,3	1,9		1600	110				

Таблица 15

№ п/п	l , м	d , мм	R_1 , Ом	t_1 , °С	R_2 , Ом	t_2 , °С	$\rho_0, 10^{-8}$ Ом·м	$\alpha, 10^{-3}$ 1/°С	Δt , °С
1	1,0	1,90		10		100	2,5	4,60	10
2	1,5	0,10		10		60	18,2	3,90	5
3	0,5	0,70		20		80	4,89	5,10	6
4	0,8	0,50		24		64	8,6	6,51	4
5	2,0	1,20		10		90	2,06	4,02	8
6	4,0	1,30		14		74	5,57	6,04	6
7	3,0	0,60		20		70	4,31	4,12	5
8	1,8	0,85		10		110	1,55	4,33	10
9	2,4	1,15		22		62	5,05	4,73	4
10	2,6	1,30		15		65	71,0	2,00	5
11	1,8	0,20		18		78	6,14	6,92	6
12	1,6	0,45		12		92	11,15	4,65	8
13	0,7	0,40		20		100	9,77	3,77	10
14	2,5	1,80		16		56	9,81	3,96	4
15	3,5	1,60		20		70	65,8	1,71	5
16	2,4	0,25		25		85	19,2	4,28	6
17	3,2	0,30		5		85	1,49	4,30	8
18	0,5	2,00		20		60	42,0	5,46	4
19	0,9	1,70		2		102	14,1	3,01	10
20	2,2	0,35		24		64	5,65	4,17	6
21	3,8	0,55		20		100	12,0	6,10	8
22	0,8	1,75		8		88	50,0	0,05	10
23	1,8	1,85		5		60	43,0	0,01	5
24	3,6	0,15		32		72	30,0	0,25	4
25	1,5	0,90		12		92	40,0	0,11	8
26	1,4	1,00		6		96	110,0	0,12	10
27	1,3	0,75		16		76	130,0	0,15	6
28	2,7	0,95		4		84	7,1	1,70	8
29	2,8	0,80		30		80	21,7	1,39	5
30	1,2	0,65		28		68	27,0	0,24	4

Таблица 16

№ п/п	$U_1,$ В	$U_2,$ В	$I_1,$ А	$I_2,$ А	$\varepsilon,$ В	$r,$ Ом
1	4,0	3,6	0,50	0,9		
2	5,6	5,1	0,80	1,3		
3	8,2	7,8	0,94	1,4		
4	15,1	13,9	0,50	1,2		
5	16,3	14,7	1,70	2,4		
6	6,6	5,9	0,20	0,25		
7	5,5	5,0	0,30	0,35		
8	4,5	4,1	0,40	0,45		
9	3,6	3,0	0,50	0,55		
10	2,7	2,4	0,60	0,65		
11	3,0	1,5	0,57	0,66		
12	6,5	2,0	0,21	0,64		
13	5,5	3,5	0,32	0,51		
14	4,5	4,0	0,41	0,47		
15	6,0	5,0	0,26	0,36		
16	6,6	6,0	0,17	0,18		
17	5,9	5,5	0,19	0,24		
18	5,0	4,5	0,31	0,36		
19	4,0	3,5	0,42	0,47		
20	3,0	2,8	0,54	0,63		
21	3,0	1,5	0,57	0,66		
22	5,0	4,0	0,36	0,47		
23	6,0	4,5	0,26	0,41		
24	6,5	2,0	0,21	0,64		
25	5,5	3,5	0,32	0,51		
26	6,8	6,6	0,14	0,16		
27	6,4	6,0	0,18	0,20		
28	5,6	5,4	0,23	0,26		
29	4,0	3,0	0,30	0,35		
30	2,0	1,0	0,43	0,58		

Таблица 17

Вар №	Номера участков	ε_i , В	r_i , Ом	R_i , Ом	I_i , А	Найти
1	1,2,3	$\varepsilon_1=11, \varepsilon_2=4, \varepsilon_3=6$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_1=25, R_2=50, R_3=10$	–	I_1, I_2, I_3
2	4,5,6	$\varepsilon_4=9, \varepsilon_5=10$	$r_4=1, r_5=2$	$R_4=19, R_5=38$	$I_6=0,1$	I_4, I_5, R_6
3	1,2,4	$\varepsilon_1=16, \varepsilon_2=5, \varepsilon_4=7$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_2=30, R_4=50$	$I_1=0,4$	I_2, I_4, R_1
4	5,4,1	$\varepsilon_1=9, \varepsilon_4=6, \varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_4=50, R_5=10$	$I_1=0,2$	I_4, I_5, R_1
5	1,2,6	$\varepsilon_1=10, \varepsilon_2=8$	$r_1=2, r_2=1$	$R_1=8, R_2=18, R_6=60$	–	I_1, I_2, I_6
6	3,2,1	$\varepsilon_2=4, \varepsilon_3=5$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_1=30, R_2=40, R_3=20$	$I_1=0,1$	I_2, I_3, ε_1
7	1,4,6	$\varepsilon_1=8, \varepsilon_4=2$	$r_1=2, r_4=1$	$R_1=18, R_4=39, R_6=80$	–	I_1, I_4, I_6
8	1,4,2	$\varepsilon_2=11, \varepsilon_4=7$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=50, R_2=20, R_4=30$	$I_1=0,1$	I_2, I_4, ε_1
9	2,3,1	$\varepsilon_1=9, \varepsilon_2=8, \varepsilon_3=1$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_1=50, R_2=20, R_3=10$	–	I_1, I_2, I_3
10	4,1,5	$\varepsilon_4=4, \varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=25, R_4=50, R_5=10$	$I_1=0,4$	I_4, I_5, ε_1
11	1,3,2	$\varepsilon_2=16, \varepsilon_3=3$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_1=70, R_2=20, R_3=10$	$I_1=0,1$	I_2, I_3, ε_1
12	6,4,1	$\varepsilon_1=3, \varepsilon_4=7$	$r_1=2, r_4=1$	$R_1=78, R_4=39$	$I_6=0,1$	I_1, I_4, R_6
13	5,4,1	$\varepsilon_4=4, \varepsilon_5=14$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=90, R_4=20, R_5=40$	$I_1=0,1$	I_4, I_5, ε_1
14	4,6,5	$\varepsilon_4=10, \varepsilon_5=5$	$r_4=2, r_5=1$	$R_4=33, R_5=19$	$I_6=0,3$	I_4, I_5, R_6
15	1,6,4	$\varepsilon_1=4, \varepsilon_4=3$	$r_1=2, r_4=1$	$R_1=18, R_4=9, R_6=60$	–	I_1, I_4, I_6
16	4,1,6	$\varepsilon_1=2, \varepsilon_4=12$	$r_1=3, r_4=2$	$R_1=97, R_4=18$	$I_6=0,1$	I_1, I_4, R_6
17	4,1,5	$\varepsilon_1=22, \varepsilon_4=8, \varepsilon_5=4$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=25, R_4=50, R_5=10$	–	I_1, I_4, I_5
18	2,1,6	$\varepsilon_1=20, \varepsilon_2=6$	$r_2=1$	$R_1=82, R_2=29, R_6=10$	$I_1=0,2$	I_2, I_6, r_1
19	2,3,1	$\varepsilon_1=19, \varepsilon_2=4, \varepsilon_3=5$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_2=20, R_3=10$	$I_1=0,2$	I_2, I_3, R_1
20	4,1,6	$\varepsilon_1=13, \varepsilon_4=1$	$r_4=1$	$R_1=27, R_4=24, R_6=40$	$I_1=0,3$	I_4, I_6, r_1
21	2,1,4	$\varepsilon_1=12, \varepsilon_2=9, \varepsilon_4=5$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=30, R_2=60, R_4=20$	–	I_1, I_2, I_4
22	2,1,6	$\varepsilon_1=8, \varepsilon_2=6$	$r_1=3$	$R_1=27, R_2=9, R_6=25$	$I_2=0,1$	I_1, I_6, r_2
23	5,1,4	$\varepsilon_1=19, \varepsilon_4=6, \varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_4=50, R_5=10$	$I_1=0,2$	I_4, I_5, R_1
24	1,6,2	$\varepsilon_1=18, \varepsilon_2=15$	$r_1=2, r_2=1$	$R_1=58, R_2=9, R_6=30$	–	I_1, I_2, I_6
25	4,1,2	$\varepsilon_2=4, \varepsilon_4=2$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=50, R_2=20, R_4=80$	$I_1=0,2$	I_2, I_4, ε_1
26	1,6,5	$\varepsilon_1=8, \varepsilon_5=6$	$r_1=2, r_5=3$	$R_1=8, R_5=12, R_6=10$	–	I_1, I_5, I_6
27	2,4,5	$\varepsilon_2=8$	$r_2=2, r_4=1,$ $r_5=5$	$R_2=18, R_4=14,$ $R_5=25$	$I_4=0,2$ $I_5=0,3$	$I_2, \varepsilon_4, \varepsilon_5$
28	3,6,4	$\varepsilon_3=36, \varepsilon_4=9$	$r_3=2, r_4=1$	$R_3=16, R_4=8$	$I_6=0,5$	I_3, I_4, R_6
29	3,1,5	$\varepsilon_3=40, \varepsilon_5=30$	$r_1=2, r_3=5,$ $r_5=2$	$R_1=28, R_3=35,$ $R_5=28$	$I_1=0,7$	I_3, I_5, ε_1
30	2,3,4	$\varepsilon_2=20, \varepsilon_3=10,$ $\varepsilon_4=40$	$r_2=10, r_3=5,$ $r_4=15$	$R_2=110, R_4=105$	$I_3=0,2$	I_2, I_4, R_3

Таблица 18

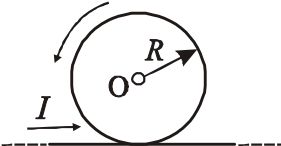
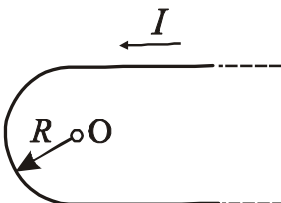

№ п/п	I , А	R , см	H , А/м	B , мТл	Рисунок
1	100	20			
2	90	12			
3	115	16			
4	120	11			
5	125	15			
6	130	18			
7	135	14			
8	140	13			
9	100	20			
10	110	14			
11	120	13			
12	130	11			
13	140	12			
14	150	10			
15	95	15			
16	85	17			
17	100	20			
18	110	15			
19	120	10			
20	95	25			
21	75	13			
22	85	12			
23	150	10			
24	100	20			
25	120	12			
26	130	16			
27	95	18			
28	85	14			
29	90	13			
30	75	11			

Таблица 19

№ п/п	a , см	b , см	N	I , мА	B , Тл	α , град	p_m , А·м ²	$M_{вр}$, мН·м
1	10	20	100	30	0,15	60		
2	20	30	150	20	0,12	30		
3	25	10	400	10	0,25	60		
4	20	15	270	20	0,015	45		
5	12	15	350	14	0,03	20		
6	13	14	200	15	0,15	40		
7	28	12	500	12	0,35	50		
8	15	21	380	20	0,45	20		
9	2,5	1	800	10	0,55	40		
10	16	13	340	35	0,12	25		
11	4,5	2	140	20	0,32	26		
12	3,5	2,1	240	35	0,52	15		
13	17	12	370	27	0,43	55		
14	10	15	440	24	0,27	17		
15	9	5	230	45	0,16	28		
16	7,5	5	520	18	0,33	42		
17	14	12	360	30	0,25	30		
18	15	12	120	20	0,35	50		
19	8	10	270	14	0,09	60		
20	25	15	380	23	0,43	20		
21	5	8	520	35	0,55	15		
22	7,5	13	310	15	0,43	50		
23	4,5	3,5	160	27	0,62	10		
24	8	5	280	45	0,53	35		
25	2,5	3,5	320	52	0,32	42		
26	5,5	8	260	63	0,18	17		
27	7	9	580	42	0,57	55		
28	12	16	640	75	0,32	75		
29	22	16	750	24	0,33	70		
30	11	14	300	30	0,15	60		

Таблица 20

№ п/п	Z	A	n	E , кВ/м	B_1 , Тл	B_2 , мТл	r , см	v , м/с	T , К
1	6	12	1		0,5	5			3000
2	7	14	1	0,8		4		2000	
3	5	9	1		0,2	3		1600	
4	7	15	2		0,1		5	1200	
5	8	16	2	1,0			8		4000
6	11	23	1	0,8		3			3500
7	12	24	1		0,4		6	1700	
8	13	27	3		0,4		8	1400	
9	19	40	1	0,6			10		4200
10	15	32	3		0,2	3		1800	
11	47	110	1		0,2		12		3200
12	20	42	2	0,5		4		1600	
13	21	44	3		0,2		10	1900	
14	88	226	1		0,1		10		3800
15	92	235	3	1,0		5		650	
16	3	7	1	0,6		1		2400	
17	4	9	2	0,7		2		2500	
18	29	64	3		0,5		6	800	
19	16	32	3	0,6		5		2000	
20	6	12	2		0,1		10		4000
21	8	16	1		0,2		12		3800
22	27	59	2	0,8		4		1100	
23	5	11	2	1,0			8		4000
24	20	40	3		0,2	3		1900	
25	2	3	1	0,9		2	10		
26	5	11	1	0,75		1			4200
27	6	13	2		0,4		5	1850	
28	4	9	2	0,7		8			3100
29	26	56	1		0,3	2	5		
30	13	27	2	0,85		3		2200	

Таблица 21

№ п/п	S , см ²	f , Гц	N , ВИТОК	$U_{эф}$, В	B , Тл
1	50	15	100	50	
2	30	20	120		1,56
3	60	10		36	0,90
4	100		250	24	0,14
5		8	220	40	1,14
6	68		130	20	0,42
7	150	5		12	0,29
8	34	10	90		1,54
9	56	14	85	9	
10	140	6	250		0,23
11	240	7		12	0,05
12	160		150	24	0,19
13		9	120	45	0,47
14	120		90	52	0,83
15	80	8		43	1,26
16	100	14	180		0,11
17	240	7	210	16	
18	140	9	160		0,09
19	50	10		33	0,65
20	180		125	48	0,44
21		4	90	35	1,68
22	90		270	53	0,82
23	65	12		13	0,31
24	135	11	100		0,49
25	76	9	270	26	
26	130	8	95		0,71
27	48	7		44	1,79
28	84		190	23	0,27
29		11	125	30	0,79
30	100		210	25	0,45

Таблица 22

№ п/п	N	l , см	S , см ²	I_0 , А	I , А	Δt , мкс	L , мГн	ε , В
1	200	10	4,0	0,6	0,1	120		
2	500	8	2,5	1,2	0,3	50		
3	250	9	3,0	1,5	0,2	100		
4	300	5	2,0	2,0	0,8	90		
5	350	7	3,5	1,8	0,6	125		
6	220	5,5	1,5	2,5	0,6	130		
7	320	9,5	2,8	1,3	0,15	150		
8	260	7,5	1,9	2,3	0,25	100		
9	400	12	4,5	0,8	0,15	110		
10	450	8,5	2,5	1,3	0,05	180		
11	480	6,5	3,5	0,9	0,06	80		
12	330	5	4,0	1,8	0,3	150		
13	470	5,5	3,2	1,2	0,2	80		
14	150	9	5,5	1,4	0,7	170		
15	340	7,5	2,5	2,3	0,4	120		
16	280	6,5	6,2	1,5	0,2	150		
17	345	12	4,5	2,4	0,5	90		
18	520	8,5	3,7	1,2	0,1	200		
19	175	5	4,6	1,8	0,3	100		
20	365	6,5	3,8	1,3	0,2	85		
21	290	7	2,2	0,9	0,1	100		
22	190	5,5	6,0	2,7	0,6	150		
23	470	11	5,2	0,8	0,25	50		
24	385	9	6,3	1,2	0,3	130		
25	155	7,5	2,6	2,4	0,15	70		
26	375	8	4,9	1,5	0,35	140		
27	460	9	3,7	2,3	0,25	120		
28	230	10	6,2	0,9	0,15	80		
29	135	6	2,8	2,7	0,55	100		
30	540	12	3,2	1,0	0,05	120		

Таблица 23

№ п/п	m , г	k , Н/м	T , с	φ_0 , град	x_0 , см	A , см	v_0 , см/с	v_{\max} , см/с	a_0 , м/с ²	a_{\max} , м/с ²	ω_0 , рад/с
1		1,23	0,80	10		2,0					
2	15		0,62		1,38	1,6					
3	25	0,65		30	1,30						
4		0,31	1,12		2,07			12,34			
5	12		1,69	40				7,06			
6	18	3,08			1,54					4,11	
7		1,75	0,75	60						1,47	
8	22		1,05	45			-7,6				
9	28	2,13		75					-0,39		
10		0,50	1,23	80		2,6					
11	24		1,08		1,9	2,2					
12	20	1,04		45					-0,70		
13		1,01	0,74	90			-14,4				
14	18		1,05	30	1,56						
15	30	0,56			1,48			9,10			
16		2,77	0,62		1,35					2,77	
17	22		0,83	75	0,78						
18	14	0,29		20				11,38			
19		0,38	1,25		2,22	2,9					
20	21		0,75	30		2,5					
21	19	0,42		15	2,22						
22		0,82	0,79	45				15,11			
23	20		1,12	90						0,66	
24	28	1,57		30					-1,36		
25		0,59	1,32	60		2,4					
26	22		1,55		2,76			11,35			
27	21	0,44			1,76					0,48	
28		1,03	0,76	75				20,67			
29	18		0,93		2,90	3,0					
30	10	0,25			1,88					0,50	

Таблица 24

№ п/п	ν , МГц	T , нс	C , пФ	L , мГн	q_{\max} , пКл	I_{\max} , мкА	U_{\max} , мВ	$W_{\max}^{\text{эл}}$, фДж	$W_{\max}^{\text{маг}}$, фДж	ω_0 , рад/с
1			1,5	2,00			30			
2		10,83		0,04			25			
3	92,7		47				20			
4			33	0,09			35			
5	96,0			0,12			40			
6		10,10	15				25			
7			10	0,26			10			
8		10,0		0,37			18			
9	100,5		4,7				34			
10			3,3	0,75			26			
11	101,6			1,12			45			
12		9,79	1,5				30			
13			1,0	2,41			25			
14		9,66		0,03			15			
15	104,1		47				50			
16			33	0,07			45			
17	105,1			0,10			40			
18		9,50	15				35			
19			10	0,23			48			
20		9,45		0,33			20			
21	106,0		4,7				50			
22			3,3	0,68			45			
23	106,8			1,01			32			
24		9,33	1,5				25			
25			1,0	2,19			46			
26		10,10		0,05			15			
27	100,5		33				20			
28			22	0,11			35			
29	106,4			0,15			45			
30		9,33	10				30			

Таблица 25

№ п/п	A_1 , см	φ_{01} , град	A_2 , см	φ_{02} , град	A , см	φ_0 , град	v , Гц
1	5	20		75	10,68		100
2	2	0	3	60			50
3	3		4	0	5		50
4		90	4	45		60	150
5	4		2	0	5		100
6	5	60		15		30	150
7	6	30		90		45	50
8	3	45	4	90			100
9	4	270		45		30	100
10	2		4	30	5,4		100
11	4	60		15	6		50
12	6	90		22,5		45	50
13	8	45		60	14		200
14	4	30	3	90			200
15	3		5	0	4		100
16	6	45		30	10		50
17		60	5	15		30	150
18	8,5		3	120	8,25		150
19	3	60	2	30			50
20	2	135		45	10		100
21	3	60		22,5		45	50
22	5	45		60	16		100
23	5	0	3	45			150
24	3	45	4		6		200
25	5		2	0	4		100
26		90	6	30		45	50
27	1	0	2	60			200
28		120	3	270		45	50
29	7	30	5	45			100
30		45	3	0		22,5	50

Таблица 26

№ п/п	A_1 , см	A_2 , см	ν , Гц	φ , град
1	5	5	100	-90
2	5	6	50	0
3	8	3	50	+90
4	3	7	150	+180
5	8	9	100	-90
6	6	4	150	+270
7	4	7,5	50	-180
8	9	4	100	-90
9	5	9	100	0
10	10	4	100	+180
11	12	3	50	0
12	10	8	50	+270
13	7	5	200	+90
14	8	9	200	-180
15	3	8	100	+90
16	5	10	50	-270
17	9	5	150	+180
18	4	4	150	0
19	11	6	50	-90
20	6	9	100	-180
21	8	3	50	0
22	9	7	100	+90
23	4,5	2	150	+270
24	7	5	200	-180
25	3	9	100	-270
26	2	5	50	-90
27	7,5	2	200	+180
28	9	5	50	0
29	4	8	100	+90
30	4,5	6	50	-90

Таблица 27

№ п/п	β , c^{-1}	A_0 , см	T , с	λ	τ , с	N_e	Q	Φ_0 , град
1	0,012	15		0,03				75
2	2	6,5	0,3					45
3		12,0	2,0	0,01				15
4		13,0			50	100		20
5		7,0	1,0				300	35
6		8,0	0,15		40			50
7		10,0	3,0	0,005				40
8	0,008	20		0,04				30
9	3	7,5	0,15					37
10		15,0			60	120		60
11		11,0	2,0				800	75
12		10,0			30	145		82
13		8,5	1,0	0,02				55
14	3	7,5		0,38				25
15		9,5			30	80		65
16		13,0	2,0				1000	18
17		11,0			20	126		30
18	4	11,5		0,63				46
19		12,5	0,5	0,01				32
20		7,0			40	20		17
21		6,5	1,0				1200	44
22		14,0			10	125		38
23	2	9,0		0,40				22
24		8,0	0,2	0,001				13
25		15,0			50	200		61
26		13,0			20	285		73
27		12,5	1,6				1600	84
28	0,2	8,5					50	33
29		13,0	0,3	0,009				47
30		6,5			100	100		52

Таблица 28

№ п/п	m , г	ω_0 , рад/с	β , с^{-1}	F_0 , Н	$\Omega_{\text{рез}}$, рад/с	$A_{\text{ст}}$, см	$A_{\text{рез}}$, см
1	10	9,425	0,90	0,018			
2	5	20,00	2,00	0,010			
3	35	3,14	0,05	0,015			
4	30	12,00	0,20	0,012			
5	15	6,00	0,10	0,025			
6	26	4,00	0,30	0,030			
7	12	2,00	0,10	0,010			
8	28	4,00	0,08	0,016			
9	20	13,00	0,30	0,018			
10	27	3,00	0,20	0,025			
11	8	30,00	3,00	0,024			
12	20	7,854	0,30	0,015			
13	14	6,30	0,27	0,008			
14	15	5,00	0,12	0,014			
15	24	17,00	0,50	0,017			
16	13	3,14	0,40	0,012			
17	28	2,50	0,20	0,020			
17	32	15,00	1,10	0,036			
19	50	12,56	0,30	0,038			
20	30	3,14	0,10	0,027			
21	40	6,28	0,20	0,032			
22	18	8,00	0,50	0,026			
23	60	3,00	0,25	0,046			
24	33	31,40	2,00	0,048			
25	44	6,28	0,70	0,050			
26	20	9,00	0,70	0,040			
27	65	4,00	0,30	0,068			
28	70	2,00	0,10	0,012			
29	100	2,10	0,15	0,016			
30	45	6,28	0,50	0,030			

Таблица 29

№ п/п	газ	ρ , кг/м ³	ν , Гц	ν , м/с	I , мкВт/м ²	A , мкм	λ , см	k , м ⁻¹	T , мс	x_1 , м	t_1 , с
1	воздух	1,29		331	1000				0,50	10	0,20
2	метан	0,72	3000	430		0,121				30	0,40
3	гелий	0,18	4000		440	0,089				28	0,10
4	кислород	1,43				0,224	12,6		0,40	35	0,45
5	воздух	1,29	4200	331	570					5	0,70
6	углек. газ	1,98	3850		1500		6,8			54	1,20
7	водород	0,089	3000	1300	90					28	0,25
8	метан	0,72	2550	430	670					63	1,50
9	воздух	1,29	3550		300	0,053				47	0,40
10	водород	0,089	2400	1300		0,019				12	0,30
11	азот	1,25	3200		95		10,4			35	1,30
12	кислород	1,43			550			79,8	0,25	22	1,10
13	гелий	0,18	1800			0,158	53,6			60	0,08
14	углек. газ	1,98	2250	260		0,092				42	0,35
15	азот	1,25	3840		380			72,2		10	0,20
16	воздух	1,29	2700			0,011	12,3			48	1,50
17	метан	0,72	1550		390	0,163				75	0,90
18	водород	0,089	4230		600		30,7			33	0,03
19	гелий	0,18	1900		290	0,153				54	0,40
20	кислород	1,43	2880	315		0,010				62	0,07
21	углек. газ	1,98	3730		7,3			90,1		48	0,80
22	воздух	1,29	3000			0,011	11,0			55	0,17
23	метан	0,72	4000	430	27					18	0,20
24	кислород	1,43			84		15,8		0,50	25	0,70
25	азот	1,25	1200		48	0,064				37	0,80
26	гелий	0,18	3710	965		0,044				12	1,20
27	воздух	1,29	2470		650			46,9		95	1,00
28	водород	0,089	4200			0,148	31,0			8	0,72
29	углек. газ	1,98	3000	260	350					12	1,30
30	метан	0,72	2570		290			37,6		36	1,40

Таблица 30

№ п/п	S_2 , см ²	d , мм	ε	C , пФ	N	l , см	$S_{1,2}$, см ²	L , мкГн	T , мкс	ν , МГц	λ , м
1	681,3		6,8	820	180		3,03	124			
2		0,2	7,0	680		12	2,47		1,67		
3	159,3	0,15		470	150	13		8,62			
4		0,12	5,0		180		0,36	13,3			125
5		0,18	2,2	220		9	0,83			1,80	
6	49,9	0,20	6,8	150		14	2,40			0,70	
7	161,4		2,1	100	350	10		40,5			
8	27,4	0,25	7,0		190	11	1,07				
9	168,5	0,40			200		32,0	1236		0,50	
10		0,13	5,0	47	355	14					150
11	90,6	0,17				15	0,09	12,3	0,40		
12	76,8		6,8		240		0,20	15,8		2,70	
13	84,7	0,11	2,2		190	12	9,12				
14		0,26	5,5	100	175	13			1,11		
15	36,2		6,8		210	9		258,7			250
16	30,3	0,40		47		10	3,60				200
17	285,8	0,23	3,0		150	8	0,41				
18		0,18	5,0	220	180	9	0,99		0,63		
19	231,1	0,30	2,2		245		5,03		1,43		
20	134,5		2,1		320	12		450,3		0,75	
21		0,50	6,8	82		10	1,60			1,40	
22	34,1		7,0		300		0,67	86,2			120
23	584,0	0,38			160		1,92	51,56	1,18		
24	303,5	0,40	7,0		150	13	2,75				
25		0,28	5,0	330	200	8					300
26	169,5		2,2	220	420		0,50		0,83		
27	177,6	0,22	2,1		270	10	0,82				
28	61,6	0,12			360	11		51,69			
29	35,0	0,31		68		9	3,01				176,5
30	98,7		6,8		180		9,43	479,7		0,40	

Таблица 31

№ п/п	ν , МГц	T , мкс	ω , 10^6 рад/с	λ , м	v , 10^6 м/с	k , 1/м	ε	E_{\max} , В/м	H_{\max} , А/м	t_1 , мкс
1	1,2				195				0,6	0,85
2				100			1,44	40		0,70
3					40	$\pi/10$			0,5	0,75
4			$2,5\pi$	240				50		1,0
5	1,0				70				0,3	2,0
6		0,5					2,25	20		0,75
7	1,25					$\pi/20$			0,4	1,4
8		2,0			200			30		3,0
9						$\pi/50$	5,76		0,2	1,0
10	2,0			60				10		0,5
11			π				9,0		0,3	3,5
12		4,0		560				20		5,0
13			2π		80				0,4	1,5
14						$\pi/15$	16,0	10		0,5
15				60	240				0,1	0,25
16		1,25				$\pi/140$			0,25	1,25
17	0,5						4,0	40		3,0
18			5π	40					0,2	0,5
19	1,0				180			50		1,5
20		0,8				$\pi/30$			0,4	1,0
21				30			25,0	20		0,5
22					90	$\pi/36$			0,3	1,4
23		8,0		320				10		10,0
24	2,5			120					0,1	0,6
25	5,0					$\pi/8$		30		0,35
26			2π				36,0		0,5	1,0
27				260	130			20		3,0
28		2,0				$\pi/34$			0,3	3,5
29		0,8					6,25	40		1,0
30		0,4			60				0,4	0,7

Таблица 32

№ п/п	λ , нм	d , нм	α , град	n	Усиление (ослабление)
1	550	217	20		Ослабление
2		125	30	1,3	Усиление
3	500	104	30		Усиление
4	450	94		1,3	Усиление
5	700		30	1,3	Усиление
6		152	30	1,3	Усиление
7	500	94	45		Усиление
8		104	45	1,5	Усиление
9	650		45	1,5	Усиление
10	680	129		1,5	Усиление
11	720	272	45		Ослабление
12	740		60	1,28	Ослабление
13		255	60	1,28	Ослабление
14	500	248		1,33	Ослабление
15	400	74		1,47	Усиление
16	580	287	60		Ослабление
17	650	253		1,33	Ослабление
18	700		0	1,33	Ослабление
19		163	30	1,38	Ослабление
20	470		45	1,38	Ослабление
21	500	204	60		Ослабление
22	485	92		1,33	Усиление
23		88	0	1,33	Усиление
24	450	100		1,33	Усиление
25	500		45	1,55	Усиление
26	560	109	60		Усиление
27	600		50	1,55	Ослабление
28	680	225	20		Ослабление
29		254	45	1,55	Ослабление
30	720	167		1,55	Ослабление

Таблица 33

№ п/п	λ , нм	L , м	l , см	d , мкм	n , 10^5 1/м	m_{\max}	N	φ_1 , град
1	434,1		16		1			
2	500,0	1,0	20,1					
3	449,4	2,0		5				
4	598,9		15		1			
5		1,0	20	5				
6		1,5	28		2			
7	700,2	1,0	30					
8	697,6	1,5	25					
9		2,0	25	10				
10		1,0	30		2			
11		1,0	25		2,5			
12	449,2		40	4				
13	649,7	1,0	30					
14	500,0	2,0		5				
15	602,4		25		2			
16		0,8	20	5				
17	581,0	1,0			2			
18	656,3		20		2,5			
19	648,4	1,38	30					
20	700,6		30	5				
21	577,1	1,0	20					
22	598,8	1,6	20					
23	677,8	2,5	40					
24		2,5	35		1			
25		2,5	40	10				
26	496,1	1,0	25					
27	649,9	2,0	50					
28	480,2	1,5		2				
29		0,8	30	3				
30		2,0	40	7				

Таблица 34

№ п/п	φ , град	k	I_0 , Вт/см ²	I_1 , Вт/см ²	I_2 , Вт/см ²	P
1	75	0,09		22,75		
2	60	0,05	15			
3		0,07	12		3,5	
4	40	0,15			8,3	
5		0,08	28		4,9	
6	45	0,09	16			
7	30	0,10		8,1		
8		0,11	20		1,4	
9	25	0,06		11,3		
10	20	0,07			3,8	
11	55	0,12	11			
12	20	0,14		9,0		
13		0,22	34		8,5	
14	30	0,21		13,8		
15		0,22	25		7,1	
16	35	0,17			8,3	
17	40	0,19		11,3		
18	45	0,18	39			
19		0,05	18		3,4	
20	55	0,06			2,9	
21	60	0,07		16,3		
22	36	0,08	24			
23	48	0,09		11,4		
24		0,10	26		4,0	
25	64	0,11			2,4	
26	60	0,12	26			
27	56	0,13			3,2	
28		0,14	34		7,8	
29	44	0,15			7,1	
30	47	0,20	40			

Таблица 35

№ п/п	P , Вт	t , °С	S , см ²	λ_{\max} , нм	η
1	1150		36	2100	
2	1000	927	25		
3	1500	1000	25		
4	1100		20	2000	
5	1150	900	30		
6	1200	927	25		
7	1000		20	1900	
8	950	1027	20		
9	2150		32	2300	
10	1300		25	1900	
11	1100	1127	30		
12	1000		22	2000	
13	1120	1140	20		
14	1150		28	1900	
15	1250		32	2000	
16	1200	1227	32		
17	1250		30	2200	
18	1080	925	35		
19	1000	1000	35		
20	1060		30	2400	
21	1110	1100	20		
22	2120		25	1500	
23	1100	1000	24		
24	1200	1100	20		
25	1150		26	2100	
26	1300		24	1900	
27	1000		20	2100	
28	1100	1057	30		
29	1150	1300	25		
30	1200	1200	30		

Таблица 36

№ п/п	λ_0 , нм	A , эВ	ν , 10^{15} с^{-1}	ε , эВ	v_{max} , км/с	U_3 , В
1		1,56		3,03		
2	641,1				826	
3		1,37	0,80			
4	942,0					2,45
5		3,30		4,0		
6	460,1				699	
7		2,35		5,0		
8	560,1					1,34
9		1,81			704	
10	792,0		1,0			
11		1,90		4,2		
12	807,2				870	
13		2,10				3,80
14	758,0		0,69			
15	710,1				949	
16		4,80	1,50			
17	1130,2				998	
18		1,71				1,59
19	570,2			4,0		
20		1,82			757	
21		2,20			775	
22	540,1					1,86
23		1,45			899	
24		2,58			731	
25	377,2				596	
26		1,72			613	
27		3,64	1,40			
28	857,1				886	
29		1,47			909	
30	1130,0					2,77

Таблица 37

№ п/п	R_1 , Ом	t_1 , °C	t_2 , °C	ΔE , эВ	R_2 , Ом	Δt , °C
1	15000	22	92		2000	7
2		7	72	0,66	188	7
3	5387	17	77		121	6
4	856	25	45		221	4
5	7119	25	55	0,66		3
6	893		65	0,66	157	5
7	5038	46	80		1587	3
8	1500	27	87		600	6
9	1807	20	53	1,428		3
10	3525	34		1,428	92	5
11	4277	15	70		345	5
12	4752	23		0,78	712	4
13	907		84	0,78	57	6
14	1546	31	70		285	4
15		18	44	0,356	567	3
16	2518	25		0,356	1015	5
17	3922	30	67	0,356		4
18	2635	10	63		834	5
19	1341		53	1,79	85	3
20		13	45	1,79	213	3
21	7640	15		1,79	154	3
22	1004	14	73		540	6
23		13	67	0,18	4240	5
24	1195	8	54	0,18		5
25	2275	0		0,32	937	4
26	5657		57	0,32	3428	3
27	6025	25	65		2884	4
28		27	70	1,26	188	3
29	2231	16		1,26	373	4
30	7060	14	42	1,26		4

Таблица 38

№ п/п	Реакция
1	${}^6\text{Li}(n, x) {}^6\text{He}$
2	${}^{14}\text{N}(\alpha, p) X$
3	${}^9\text{Be}(\alpha, n) X$
4	${}^7\text{Li}(p, \alpha) X$
5	${}^6\text{Li}(p, \alpha) X$
6	${}^{10}\text{B}(n, \alpha) X$
7	${}^6\text{Li}(n, \alpha) X$
8	${}^2\text{H}(p, \gamma) X$
9	${}^3\text{H}(p, \gamma) X$
10	${}^2\text{H}(d, n)X$
11	${}^2\text{H}(d, \gamma) X$
12	${}^2\text{H}(x, p) \alpha$
13	${}^3\text{H}(d, n) X$
14	${}^{16}\text{O}(n, x) {}^{16}\text{N}$
15	${}^3\text{H}(x, 2n) \alpha$
16	${}^2\text{H}(d, p) X$
17	${}^3\text{He}(x, 2p) \alpha$
18	${}^6\text{Li}(d, p) X$
19	${}^7\text{Li}(d, 2\alpha) X$
20	${}^6\text{Li}(d, \alpha) X$
21	${}^9\text{Be}(p, \alpha) X$
22	${}^9\text{Be}(x, 2\alpha) d$
23	${}^7\text{Li}(\alpha, n) X$
24	${}^{11}\text{B}(p, 2\alpha) X$
25	${}^{15}\text{N}(p, \alpha) X$
26	${}^{55}\text{Mn}(x, n) {}^{55}\text{Fe}$
27	${}^{14}\text{N}(n, x) {}^{14}\text{C}$
28	${}^{19}\text{F}(p, x) {}^{16}\text{O}$
29	${}^{27}\text{Al}(\alpha, p) X$
30	$X(p, \alpha) {}^{23}\text{Na}$

Таблица 39

№ п/п	Материал пластинки	ε , МэВ	k
1	Вода	1,6	15
2	Свинец	2,0	10
3	Чугун	5,4	14
4	Свинец	2,6	8
5	Бетон	2,8	12
6	Свинец	3,0	20
7	Бетон	3,2	15
8	Свинец	3,6	11
9	Чугун	3,8	3
10	Свинец	4,0	5
11	Бетон	4,2	15
12	Чугун	5,0	25
13	Бетон	5,2	4
14	Свинец	6,8	12
15	Бетон	5,6	18
16	Свинец	1,8	21
17	Чугун	2,8	30
18	Бетон	1,7	7
19	Чугун	1,2	10
20	Свинец	6,0	21
21	Чугун	4,6	14
22	Бетон	4,2	16
23	Чугун	3,0	8
24	Бетон	3,4	2
25	Свинец	2,8	15
26	Бетон	3,2	18
27	Свинец	4,4	25
28	Чугун	3,2	14
29	Свинец	5,0	12
30	Чугун	5,8	10

Таблица 40

№ п/п	Изотоп	Символ	m , г	k	a , Бк	t , с
1	Олово	${}_{50}\text{Sn}^{123}$	1,55	30		
2	Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{228}$	0,01	5		
3	Йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	0,10	15		
4	Иридий	${}_{77}\text{Ir}^{192}$	0,12	30		
5	Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{60}$	1,50	40		
6	Магний	${}_{12}\text{Mg}^{27}$	0,70	50		
7	Радий	${}_{88}\text{Ra}^{220}$	0,05	25		
8	Радий	${}_{88}\text{Ra}^{227}$	0,08	4		
9	Радон	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	0,12	8		
10	Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	0,04	10		
11	Торий	${}_{90}\text{Th}^{229}$	1,20	100		
12	Фосфор	${}_{15}\text{P}^{32}$	1,40	2		
13	Натрий	${}_{11}\text{Na}^{22}$	2,00	6		
14	Уран	${}_{92}\text{U}^{239}$	0,40	45		
15	Плутоний	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	0,15	80		
16	Цирконий	${}_{40}\text{Zr}^{95}$	0,80	50		
17	Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{228}$	0,14	65		
18	Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	0,18	50		
19	Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{58}$	1,40	55		
20	Углерод	${}_{6}\text{C}^{14}$	3,00	7		
21	Фосфор	${}_{15}\text{P}^{30}$	1,60	9		
22	Торий	${}_{90}\text{Th}^{230}$	0,08	15		
23	Цезий	${}_{55}\text{Cs}^{134}$	0,06	18		
24	Ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{135}$	0,22	16		
25	Тритий	${}_{1}\text{H}^3$	0,03	20		
26	Бериллий	${}_{4}\text{Be}^7$	0,25	50		
27	Кремний	${}_{14}\text{Si}^{31}$	0,80	2		
28	Сера	${}_{16}\text{S}^{35}$	2,60	100		
29	Германий	${}_{32}\text{Ge}^{68}$	2,80	75		
30	Цинк	${}_{30}\text{Zn}^{65}$	2,50	90		

РАЗДЕЛ 3. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Решение многих физических и технических задач невозможно без использования справочных данных, поэтому умение работать со справочником является обязательным умением для специалиста любого направления подготовки. Прежде чем воспользоваться справочными данными, прочитайте пояснения к таблицам. Выполнив лабораторную работу, не забудьте оценить достоверность экспериментально полученного результата, сравнив его с табличными данными.

ПОЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦАМ

Как выбирать приставки?

Перечисленные в таблице множители и приставки используются для образования кратных и дольных единиц от единиц Международной системы (СИ) и от внесистемных единиц, допущенных к применению.

Приставки гекто..., дека..., деци... и санти... допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.).

Приставки рекомендуется выбирать таким образом, чтобы числовые значения величин находились в пределах от 0,1 до 1000. Например, для выражения числа $7,5 \cdot 10^{-5}$ м следует выбрать приставку микро..., а не мили... или нано... С приставкой микро получим $7,5 \cdot 10^{-5} = 75$ мкм, т.е. число, находящееся в пределах от 0,1 до 1000.

С приставкой милли получим $7,5 \cdot 10^{-5} = 0,075$ мм, т.е., число меньше 0,1. С приставкой нано – $7,5 \cdot 10^{-5} = 75000$ нм, т.е. число, большее 1000.

Наименования и обозначения десятичных кратных и дольных единиц образуются присоединением приставок к наименованиям исходных единиц. Присоединение двух (и более) приставок подряд не допускается. Например, вместо единицы «микромикрофарад» следует применять единицу «пикофарад».

Обозначение приставки пишется слитно с обозначением единицы, к которой она присоединяется.

При сложном наименовании производной единицы СИ приставку присоединяют к наименованию первой единицы, входящей в произведение или числитель дроби. Например, кПа·с, но не Па·кс.

В виде исключения из этого правила в случаях, когда это нашло широкое применение, допускается присоединение приставки к наименованию единицы, входящей в знаменатель дроби. Например: кВ/см, А/мм².

Кроме десятичных кратных и дольных единиц допущены к использованию кратные и дольные единицы времени, плоского угла и относительных величин, не являющихся десятичными. Например, единицы времени (минута, час, сутки); единицы плоского угла (градус, минута, секунда).

О единицах измерения параметров

Единицы измерения параметров указаны в заголовках столбцов. Многие из них указаны с приставками. При расчёте не забудьте вместо приставки записать соответствующий множитель (см. табл. 3.2.3.).

О множителях в заголовках столбцов

В заголовке некоторых столбцов таблиц стоит множитель вида 10^n , где n – целое положительное или отрицательное число. Наличие такого множителя указывает, на то, что помещенные в столбце числа следует умножить на этот множитель. Например, в таблице «Температурные коэффициенты электрического сопротивления проводников» в заголовке стоит множитель 10^{-3} . Следовательно, температурный коэффициент электрического сопротивления, например, алюминия равен $4,6 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$.

При каких условиях определялись параметры?

Параметры многих веществ зависят от температуры или давления. Как правило, в заголовке таблиц указываются значения температуры (или давления), при которых определялись значения параметров. Если в заголовке таблицы они не указаны, то это означает, что параметры определялись при лабораторных условиях, т.е. при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре ($p_0=10^5$ Па, $T=300$ К).

Немного истории

Первые приставки были введены в 1773–1795 годах при узаконении во Франции метрической системы мер. Было принято для кратных единиц наименования приставок брать из греческого языка, для дольных – из латинского. В те годы были приняты следующие приставки: кило... (от греч. *chilioi* – тысяча), гекто... (от греч. *hekaton* – сто), дека... (от греч. *deka* – десять), деци... (от лат. *decem* – десять), санти... (от лат. *centum* – сто), милли... (от лат. *mille* – тысяча).

В последующие годы число кратных и дольных единиц увеличилось. Наименования приставок заимствовались иногда и из других языков.

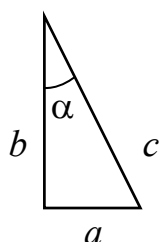
Появились следующие приставки: мега... (от греч. *meGas* – большой), гига... (от греч. *gigas, gigantos* – великан), тера... (от греч. *teras, teratos* – огромный, чудовище), микро... (от греч. *mikros* – малый, маленький), нано... (от греч. *nanos* – карлик), пико... (от итал. *piccolo* – небольшой, мелкий), фемто... (от датск. *femten* – пятнадцать), атто... (от датск. *atten* – восемнадцать). Последние приставки – пета... и экса... – были приняты в 1975 году: пета (от греч. *pete* – пять, что соответствует пяти разрядам по 10^3), экса... (от греч. *hex* – шесть, что соответствует шести разрядам по 10^3).

3.1. Некоторые сведения по математике

3.1.1. Свойства степеней

$a^0 = 1$	$(a^n)^m = a^{n \cdot m}$	$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$	$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$
$a^n \cdot b^m = a^{n+m}$	$(ab)^n = a^n \cdot b^n$	$\sqrt{ab} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$	$(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n]{a^m}$
$\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$	$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$	$\frac{1}{a^n} = a^{-n}$	$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$

3.1.2. Формулы тригонометрии



$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}; \quad \cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha$$

$$\sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \alpha$$

$$\sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) = -\cos \alpha$$

$$\cos\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin \alpha$$

$$\cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) = +\sin \alpha$$

$$\sin(\alpha + \pi) = -\sin \alpha$$

$$\sin(\alpha - \pi) = -\sin \alpha$$

$$\cos(\alpha + \pi) = -\cos \alpha$$

$$\cos(\alpha - \pi) = -\cos \alpha$$

3.1.3. Значения тригонометрических функций для некоторых углов

Рadianы	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
Градусы	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	∞	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	∞	0	∞

3.1.4. Свойства логарифмов

Если $\log_a x = b$, то $x = a^b$.

Если $a = e = 2,71828\dots$ – основание натуральных логарифмов

$\log_e x = \ln x = b$, то $x = e^b$.

$$\ln 1 = 0; \quad \ln(ab) = \ln a + \ln b; \quad \ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln a - \ln b.$$

3.1.5. Многочлены

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b).$$

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$

3.1.6. Решение алгебраических уравнений

Уравнение	$ax + b = 0$	$ax^2 + bx + c = 0$	$x^2 + px + q = 0$
Решение	$x = -\frac{b}{a}$	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$

3.1.7. Площади некоторых фигур

Прямо- угольный треугольник	Трапеция	Круг	Сферическая поверхность	Боковая поверхность цилиндра
$S = \frac{1}{2}ab$	$S = \frac{a+b}{2}h$	$S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$	$S = 4\pi R^2 = \pi d^2$	$S_{\text{бок}} = 2\pi Rh$

где a, b – катеты треугольника, основания трапеции; R – радиус; d – диаметр;
 h – высота трапеции, высота цилиндра.

3.1.8. Объемы некоторых фигур

Куб	Параллелепипед	Цилиндр	Шар, сфера
$V = a^3$	$V = abc$	$V = \pi R^2 L = \frac{\pi d^2 h}{4}$	$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi d^3}{6}$

где a, b, c – стороны параллелепипеда (куба); R – радиус; d – диаметр;
 h – высота цилиндра.

3.1.9. Длина окружности

$$L = 2\pi R = \pi d,$$

где R – радиус окружности, d – диаметр окружности

3.1.10. Формулы для приближенных вычислений

Если $a \ll 1$, то в первом приближении можно принять:

$$\frac{1}{1 \pm a} = 1 \mp a; \quad e^a = 1 + a; \quad \sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{1}{2}a;$$

$$(1 \pm a)^2 = 1 \pm 2a; \quad \ln(1 + a) = a; \quad \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} = 1 \mp \frac{1}{2}a.$$

Если угол α мал ($\alpha < 5^\circ$ или $\alpha < 0,1$ рад) и выражен в радианах, то в первом приближении можно принять:

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \alpha; \quad \cos \alpha = 1.$$

3.1.11. Некоторые формулы дифференциального исчисления

$$\frac{d(uv)}{dx} = v \frac{du}{dx} + u \frac{dv}{dx}; \quad \frac{d\left(\frac{u}{v}\right)}{dx} = \frac{v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx}}{v^2};$$

$$\frac{d(x^m)}{dx} = mx^{m-1}; \quad \frac{d(e^x)}{dx} = e^x; \quad \frac{d(\ln x)}{dx} = \frac{1}{x};$$

$$\frac{d(\sin x)}{dx} = \cos x; \quad \frac{d(\cos x)}{dx} = -\sin x; \quad \frac{d(\operatorname{tg} x)}{dx} = \frac{1}{\cos^2 x}.$$

3.1.12. Некоторые формулы интегрального исчисления

Неопределённый интеграл	Определённый интеграл
$\int x^m dx = \frac{1}{m+1} \cdot x^{m+1} + \operatorname{const}$	$\int_a^b x^m dx = \frac{1}{m+1} (b^{m+1} - a^{m+1})$
$\int \frac{1}{x^2} \cdot dx = -\frac{1}{x} + \operatorname{const}$	$\int_a^b \frac{1}{x^2} \cdot dx = -\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right) = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$
$\int \frac{dx}{x} = \ln x + \operatorname{const}$	$\int_a^b \frac{dx}{x} = \ln b - \ln a = \ln \frac{b}{a}$
$\int \sin x dx = -\cos x + \operatorname{const}$	$\int_a^b \sin x dx = -(\cos a - \cos b) = \cos b - \cos a$
$\int \cos x dx = \sin x + \operatorname{const}$	$\int_a^b \cos x dx = \sin b - \sin a$
$\int e^x dx = e^x + \operatorname{const}$	$\int_a^b e^x dx = e^b - e^a$

3.2. Основные физические постоянные. Единицы физических величин

3.2.1. Основные физические постоянные

Величина	Обозначение	Значения
Гравитационная постоянная	G, γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Ускорение свободного падения	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Молярная газовая постоянная	R	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Число Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная масса воздуха	M	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Атомная единица массы	1 а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя электрона	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $0,00055 \text{ а.е.м.}$
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $1,00867 \text{ а.е.м.}$
Масса покоя протона	m_p	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $1,00728 \text{ а.е.м.}$
Элементарный заряд	e, q_e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Удельный заряд электрона	e/m_e	$1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Ридберга	R	$1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Боровский радиус	a_0	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Комптоновская длина волны для электрона	λ_C	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}^{-1}$
Магнетон Бора	μ_B	$9,27 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Электрон-вольт	1 эВ	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	13,6 эВ
Энергетический эквивалент 1 а.е.м.		931,5 МэВ
Масса Земли	M_3	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Земли	R_3	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Расстояние от Земли до Солнца	R	$149,46 \cdot 10^9 \text{ м}$

3.2.2. Греческий и латинский алфавиты

Для обозначения физических величин в физике используют греческие и латинские буквы, поэтому знание греческого и латинского алфавита облегчит понимание физического текста.

3.2.2.1. Алфавит греческий

Греческая буква	Название по-английски	Название по-русски
Α α	alpha	альфа
Β β	beta	бета
Γ γ	gamma	гамма
Δ δ	delta	дельта
Ε ε	epsilon	эпсилон
Ζ ζ	zeta	дзета
Η η	eta	эта
Θ θ	theta	тета
Ι ι	iota	йота
Κ κ	kappa	каппа
Λ λ	lambda	ламбда
Μ μ	mu	мю
Ν ν	nu	ню
Ξ ξ	xi	кси
Ο ο	omicron	омикрон
Π π	pi	пи
Ρ ρ	rho	ро
Σ σ	sigma	сигма
Τ τ	tau	тау
Υ υ	upsilon	ипсилон
Φ φ φ	phi	фи
Χ χ	chi	хи
Ψ ψ	psi	пси
Ω ω	omega	омега

3.2.2.2. Алфавит латинский

Современный латинский алфавит, являющийся основой письменности германских, романских и многих других языков, состоит из 26 букв. Буквы в разных языках называются по-разному. В таблице приведены русские и «русские математические» названия.

Латинская буква	Название буквы	Латинская буква	Название буквы
	Курсив		Курсив
A, a	<i>A, a</i>	а	эн
B, b	<i>B, b</i>	бэ	о
C, c	<i>C, c</i>	це	пэ
D, d	<i>D, d</i>	дэ	ку, кю
E, e	<i>E, e</i>	е	эр
F, f	<i>F, f</i>	эф	эс
G, g	<i>G, g</i>	же, гэ	тэ
H, h	<i>H, h</i>	аш, ха	у
I, i	<i>I, i</i>	и	вэ
J, j	<i>J, j</i>	йот, жи	дубль-вэ
K, k	<i>K, k</i>	ка	икс
L, l	<i>L, l</i>	эль	игрек
M, m	<i>M, m</i>	эм	зет, зета

3.2.3. Множители и приставки для образования десятичных, кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка			Пример		
	наименование	Обознач. русское	Обознач. междунар.			
10^{12}	тера	Т	T	тераджоуль	ТДж	TJ
10^9	гига	Г	G	гиганьютон	ГН	GN
10^6	мега	М	M	мегаом	МОм	MΩ
10^3	кило	к	k	километр	км	km
10^2	гекто	г	h	гектоватт	гВт	hW
10^1	дека	да	da	декалитр	дал	dal
10^{-1}	деци	д	d	дециметр	дм	dm
10^{-2}	санتي	с	c	сантиметр	см	cm
10^{-3}	милли	м	m	милливольт	мV	mV
10^{-6}	микро	мк	μ	микроампер	мкА	μA
10^{-9}	нано	н	n	наносекунда	нс	ns
10^{-12}	пико	п	p	пикофарад	пФ	pF
10^{-15}	фемто	ф	f	фемтометр	фм	fm

3.2.4. Некоторые сведения о единицах физических величин

3.2.4.1. Единицы физических величин СИ, имеющие собственные наименования

Величина	Единица		
	наименование	обозначение (русское)	обозначение (международное)
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr
Сила, вес	ньютон	Н	N
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W
Давление	паскаль	Па	Pa
Напряжение (механическое)	паскаль	Па	Pa
Модуль упругости	паскаль	Па	Pa
Частота колебаний	герц	Гц	Hz
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Тепло (количество тепла)	джоуль	Дж	J
Количество вещества	моль	моль	mol
Электрический заряд	кулон	Кл	C
Сила тока	ампер	А	A
Потенциал электрического поля	вольт	В	V
Напряжение (электрическое)	вольт	В	V
Электрическая ёмкость	фарад	Ф	F
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω
Электрическая проводимость	сименс	См	S
Магнитная индукция	тесла	Тл	T
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb
Индуктивность	генри	Гн	H
Сила света	кандела	кд	cd
Световой поток	люмен	лм	lm
Освещённость	люкс	лк	lx
Поток излучения	ватт	Вт	W
Доза излучения (поглощенная доза)	грей	Гр	Gy
Активность препарата	беккерель	Бк	Bq

3.2.4.2. Внесистемные единицы, допущенные к применению наравне с единицами СИ (в соответствии со стандартом 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин»)

Величина	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	1000 кг
	грамм	г	0,001 кг
Объём, вместимость	литр	л	1 л=0,001 м ³
Относительная величина	единица (число 1)	–	1
	процент	%	10 ⁻²
Логарифмическая величина	бел	Б	–
	децибел	дБ	–
Температура	градус Цельсия	°С	1°С = 1К

3.2.4.3. Соотношения между внесистемными единицами и единицами СИ

Длина	1 ангстрем = 10 ⁻¹⁰ м
Время	1 сутки = 86400 с
	1 год = 365,25 суток = 3,16·10 ⁷ с
Плоский угол	1° = π/180 рад = 1,75·10 ⁻² рад
	1′ = (π/108)·10 ⁻² рад = 2,91·10 ⁻⁴ рад
	1″ = (π/648)·10 ⁻³ рад = 4,85·10 ⁻⁶ рад
	1 рад = 57,29577951° = 57°17′44″8
Объём, вместимость	1 л = 1 дм ³ = 10 ⁻³ м ³
Масса	1 т = 10 ³ кг
	1 г = 10 ⁻³ кг
	1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг
Сила	1 кгс = 9,81 Н
Работа, энергия	1 эВ = 1,6·10 ⁻¹⁹ Дж
	1 кВт·ч = 3,6·10 ⁶ Дж
Мощность	1 л.с. = 736 Вт
Давление	1 кгс/см ² = 1 атм (техн) = 9,81·10 ⁴ Па
	1 бар = 10 ⁵ Па
	1 мм рт. ст. = 133,3 Па
Тепло (количество тепла)	1 кал = 4,19 Дж
Магнитная индукция	1 Гс (гаусс) = 10 ⁻⁴ Тл
Напряжённость магнитного поля	1 Э (эрстед) = 79,6 А/м ≈ 80 А/м

3.3. Таблицы физических величин

3.3.1. *Астрономические величины*

Радиус Солнца	$6,94 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,99 \cdot 10^{30}$ кг
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг
Среднее расстояние от Земли до Солнца	$1,496 \cdot 10^{11}$ м
Среднее расстояние от Земли до Луны	$3,844 \cdot 10^8$ м
Время полного оборота Земли вокруг своей оси	23 час 56 мин 4,09 сек
Период обращения Луны вокруг Земли	27 сут 7 час 43 мин

3.3.2. *Плотность и модуль упругости твёрдых тел*

Материал		Плотность ρ , 10^3 кг/м ³	Модуль упругости (модуль Юнга) E , ГПа
Алюминий	Al	2,70	69 – 72
Вольфрам	W	19,3	350 – 400
Германий	Ge	5,32	82
Железо	Fe	7,86	195 – 205
Золото	Au	19,3	78 – 83
Индий	In	7,31	10,5
Кремний	Si	2,33	110 – 160
Медь	Cu	8,96	110 – 130
Молибден	Mo	10,2	300 – 330
Никель	Ni	8,9	200 – 220
Олово	Sn	7,3	41 – 55
Палладий	Pd	12,0	115 – 125
Платина	Pt	21,4	150 – 175
Селен	Se	4,79	55
Серебро	Ag	10,5	72 – 72,5
Свинец	Pb	11,4	14 – 18
Титан	Ti	4,51	110
Цинк	Zn	7,14	100 – 130
Дюралюминий		2,79	70 – 72,5
Сталь (катаная)		7,85–8,0	200 – 210
Медные сплавы (латуни)		8,4–8,7	102 – 115

3.3.3. Тепловые свойства твёрдых тел

Вещество	$t_{пл}$, °С	c , кДж/(кг·К)	λ , 10^5 Дж/кг	η , Вт/(м·К)	α , 10^{-5} К ⁻¹
Алюминий	660	0,86	4,0	237	2,3 – 2,4
Дюралюминий	600	0,60		130	1,8 – 2,6
Сталь	1440	0,45	2,7	50	1,0 – 1,8
Золото	1063		0,64	317	7,8 – 8,3
Медь	1083	0,38	2,1	400	1,6 – 1,7
Медные сплавы (латуни)	900	0,35		110	1,8 – 2,0
Свинец	327	0,13	0,23	35	2,8 – 2,9
Олово	232	0,23	0,605	70	2,0 – 2,2
Лёд	0	2,1	3,4	2,2	5,27
Стекло (оконное)	600	0,67	1,4	0,92	0,6 – 1,0

$t_{пл}$ – температура плавления; c – удельная теплоёмкость;
 λ – удельная теплота плавления; η – коэффициент теплопроводности;
 α – температурный коэффициент линейного расширения (средние значения).

3.3.4. Свойства жидкостей при 20°С

Вещество	Плотность ρ , кг/м ³	Вязкость η , мПа·с	Поверхностное натяжение α , мН/м	Температура кипения t , °С
Вода	1000	1,00	72,8	100
Глицерин	1260	1480	59,4	290
Масло касторовое	955	986	32,8	
Керосин	840	1,5	24,0	150 – 250
Ртуть	13595	1,55	475,0	356,6

3.3.5. Свойства газов при 20°С

Вещество	Плотность ρ , кг/м ³	Диаметр молекулы d , нм	Вязкость η , мкПа·с	Показатель адиабаты $\gamma=c_p/c_v$
Азот N ₂	1,250	0,371	16,6	1,401
Водород H ₂	0,089	0,28	8,4	1,407
Воздух	1,293	0,357	17,1	1,400
Гелий He	0,178	0,1987	18,6	1,63
Кислород O ₂	1,429	0,35	19,2	1,400
Метан CH ₄	0,717			
Углекислый газ CO ₂	1,977	0,45	13,8	1,33

3.3.6. Скорость звука при 20°C

Газы		Жидкости		Твёрдые тела	
Вещество	v , м/с	Вещество	v , м/с	Вещество	v , м/с
Азот	334	Анилин	1656	Алюминий	5080
Водород	1300	Бензол	1321	Железо	5170
Воздух	334	Вода	1482	Сталь	5100
Гелий	965	Глицерин	1895	Чугун	3850
Кислород	315	Дихлорэтан	1034	Латунь	3490
Метан	430	Керосин	1295	Гранит	3950
Углекислый газ CO ₂	260			Лёд (-4°C)	3280

3.3.7. Состав сухого атмосферного воздуха

Газ	Хим. формула	Объёмные %	Весовые %
Азот	N ₂	78,09	75,50
Кислород	O ₂	20,95	23,10
Аргон	Ar	0,932	1,286
Углекислый газ	CO ₂	0,030	0,046
Неон	Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Гелий	He	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$

Примечания:

1. Состав воздуха постоянен до высоты 60 км.
2. Молярная масса воздуха $M=0,029$ кг/моль.
3. Содержание водяных паров в воздухе колеблется от 0,1 до 2,8 объёмных %.

3.3.8. Критические параметры и поправки Ван-дер-Ваальса

Газ	Критическая температура	Критическое давление	Поправка Ван-дер-Ваальса	
	$T_{кр}$, К	$p_{кр}$, МПа	a , Н·м ⁴ /моль ²	b , 10 ⁻⁵ м ³ /моль
Азот	126	3,39	0,135	3,86
Аргон	151	4,86	0,134	3,22
Водород	33	1,30	0,025	2,66
Водяной пар	647	22,1	0,545	3,04
Гелий	5,2	0,23	0,003	2,36
Кислород	1,55	5,08	0,136	3,17
Углекислый газ	304	7,38	0,361	4,28
Хлор	417	7,71	0,650	5,62
Эфир	467	3,59	1,746	13,33

3.3.9. Элементы периодической системы

Z – порядковый номер; A – относительная атомная масса химического элемента (округленные значения)

Z	Элемент	Символ	A	Z	Элемент	Символ	A
1	Водород	H	1	47	Серебро	Ag	108
2	Гелий	He	4	48	Кадмий	Cd	112
3	Литий	Li	7	49	Индий	In	115
4	Бериллий	Be	9	50	Олово	Sn	119
5	Бор	B	11	51	Сурьма	Sb	122
6	Углерод	C	12	52	Теллур	Te	128
7	Азот	N	14	53	Иод	I	127
8	Кислород	O	16	54	Ксенон	Xe	131
9	Фтор	F	19	55	Цезий	Cs	133
10	Неон	Ne	20	56	Барий	Ba	137
11	Натрий	Na	23	57	Лантан	La	139
12	Магний	Mg	24	58	Церий	Ce	140
13	Алюминий	Al	27	59	Празеодим	Pr	141
14	Кремний	Si	28	60	Неодим	Nd	144
15	Фосфор	P	31	61	Прометий	Pm	145
16	Сера	S	32	62	Самарий	Sm	150
17	Хлор	Cl	35	63	Европий	Eu	152
18	Аргон	Ar	40	64	Гадолиний	Gd	157
19	Калий	K	39	65	Тербий	Tb	159
20	Кальций	Ca	40	66	Диспрозий	Dy	163
21	Скандий	Sc	45	67	Гольмий	Ho	165
22	Титан	Ti	47	68	Эрбий	Er	167
23	Ванадий	V	51	69	Тулий	Tu	169
24	Хром	Cr	52	70	Иттербий	Yb	173
25	Марганец	Mn	55	71	Лютеций	Lu	175
26	Железо	Fe	56	72	Гафний	Hf	178
27	Кобальт	Co	59	73	Тантал	Ta	181
28	Никель	Ni	59	74	Вольфрам	W	184
29	Медь	Cu	64	75	Рений	Re	186
30	Цинк	Zn	65	76	Осмий	Os	190
31	Галлий	Ga	70	77	Иридий	Ir	192
32	Германий	Ge	73	78	Платина	Pt	195
33	Мышьяк	As	75	79	Золото	Au	197
34	Селен	Se	79	80	Ртуть	Hg	201
35	Бром	Br	80	81	Таллий	Tl	204
36	Криптон	Kr	84	82	Свинец	Pb	207
37	Рубидий	Rb	86	83	Висмут	Bi	209
38	Стронций	Sr	88	84	Полоний	Po	210
39	Иттрий	Y	89	85	Астат	At	210
40	Цирконий	Zr	91	86	Радон	Rn	222
41	Ниобий	Nb	93	87	Франций	Fr	223
42	Молибден	Mo	96	88	Радий	Ra	226
43	Технеций	Tc	99	89	Актиний	Ac	227
44	Рутений	Ru	101	90	Торий	Th	232
45	Родий	Rh	103	91	Протактиний	Pa	231
46	Палладий	Pd	106	92	Уран	U	238

3.3.10. Электрические свойства веществ

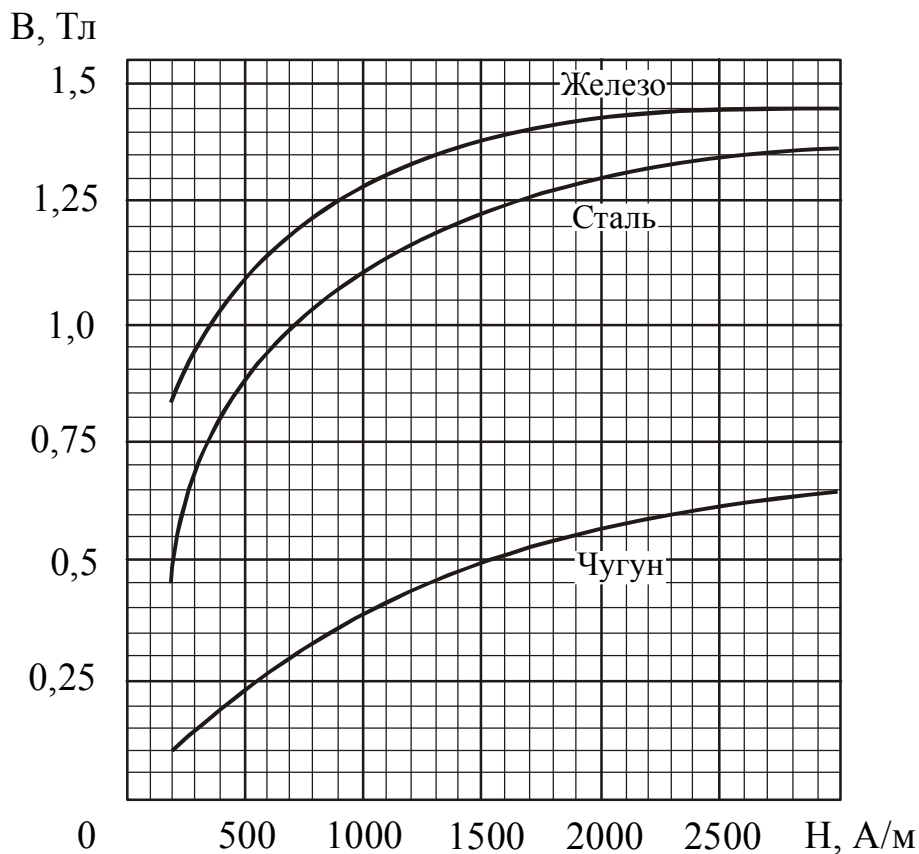
Вещество	Диэлектрическая проницаемость, ϵ	Пробивная напряжённость E , 10^6 В/м
Воздух	1,0	3,1
Масло трансформаторное	2,2	12 – 20
Масло конденсаторное	4,0	20 – 25
Слюда	7,0	100 – 250
Стекло электроизоляционное	5,0	40 – 44
Текстолит	8,0	27 – 30
Парафинированная бумага	2,1	40 – 60
Полиэтилен	2,2	25 – 60
Керосин	2,1	–
Фарфор	5,0	30 – 32
Эбонит	3,0	20 – 35

3.3.11. Удельное электрическое сопротивление ρ_0 и температурный коэффициент сопротивления α некоторых проводников при 0°C

Проводник		ρ_0 , 10^{-8} Ом·м	α , 10^{-3} град $^{-1}$
Алюминий	Al	2,5	4,60
Ванадий	V	18,2	3,90
Вольфрам	W	4,89	5,10
Железо	Fe	8,6	6,51
Золото	Au	2,06	4,02
Кобальт	Co	5,57	6,04
Магний	Mg	4,31	4,12
Медь	Cu	1,55	4,33
Молибден	Mo	5,05	4,73
Неодим	Nd	71,0	2,00
Никель	Ni	6,14	6,92
Олово	Sn	11,15	4,65
Палладий	Pd	9,77	3,77
Платина	Pt	9,81	3,96
Ртуть	Hg	94,07	0,99
Свинец	Pb	19,2	4,28
Серебро	Ag	1,49	4,30
Титан	Ti	42,0	5,46
Хром	Cr	14,1	3,01
Цинк	Zn	5,65	4,17

Проводник	$\rho_0,$ 10^{-8} Ом·м	$\alpha,$ 10^{-3} град $^{-1}$
Сталь	12,0	6,10
Константан	50,0	0,05
Манганин	43,0	0,01
Нейзильбер	30,0	0,25
Никелин	40,0	0,11
Нихром	110,0	0,12
Фехраль	130,0	0,15
Латунь	7,1	1,70
Платиносеребряный	27,0	0,24

3.3.12. Связь между магнитной индукцией B поля в ферромагнетике и напряжённостью H намагничивающего поля



3.3.13. Показатели преломления (средние значения)

Газы		Жидкости		Твёрдые тела	
Вещество	n	Вещество	n	Вещество	n
Азот	1,000297	Вода	1,33	Алмаз	2,42
Воздух	1,000292	Глицерин	1,47	Кварц плав	1,46
Метан	1,000441	Масло кедровое	1,52	Стекло	1,50
Хлор	1,000768	Масло коричное	1,60	NaCl	1,53

3.3.14. Интервалы длин волн и частот и соответствующие им цвета видимой части спектра*

Цвет спектра	Длина волны λ , нм	Частота ν , 10^{14} Гц
Красный	760 – 620	3,95 – 4,83
Оранжевый	620 – 590	4,83 – 5,08
Жёлтый	590 – 560	5,08 – 5,36
Зелёный	560 – 500	5,36 – 6,00
Голубой	500 – 480	6,00 – 6,25
Синий	480 – 450	6,25 – 6,66
Фиолетовый	450 – 380	6,66 – 7,89

*Область видимой части спектра заключена в границах волн приблизительно от 380 до 760 нм. Границы цветов спектра также определяются лишь условно.

3.3.15. Шкала электромагнитных волн

Название диапазона волн	Примерный диапазон длин волн		Диапазон частот
	м	Другие единицы	Гц
Низкочастотные электрические колебания	$\infty \div 10^{+5}$	$\infty \div 100$ км	$0 \div 3 \cdot 10^3$
Радиоволны	$10^{+5} \div 10^{-3}$	100 км \div 1 мм	$3 \cdot 10^3 \div 3 \cdot 10^{11}$
Инфракрасное излучение	$2 \cdot 10^{-3} \div 7,6 \cdot 10^{-7}$	2 мм \div 760 нм	$1,5 \cdot 10^{11} \div 4,0 \cdot 10^{14}$
Видимое излучение	$7,6 \cdot 10^{-7} \div 3,8 \cdot 10^{-7}$	760 \div 380 нм	$4,0 \cdot 10^{14} \div 8,0 \cdot 10^{14}$
Ультрафиолетовое излучение	$3,8 \cdot 10^{-7} \div 3 \cdot 10^{-9}$	380 \div 3 нм	$8,0 \cdot 10^{14} \div 10^{17}$
Рентгеновское излучение	$10^{-8} \div 10^{-12}$	10 нм \div 1 пм	$3 \cdot 10^{16} \div 3 \cdot 10^{20}$
Гамма-излучение	10^{-11} и менее	10 пм и менее	$3 \cdot 10^{19}$ и выше

Обратите внимание! Различные виды электромагнитного излучения отличаются лишь длиной волны (или, что то же самое, частотой). В зависимости от длины волны (частоты) меняются свойства волн, их действия, способы получения и названия отдельных участков.

3.3.16. Длины волн ярких линий в спектре ртутной лампы ПРК-4

Окраска линии	Длина волны λ , нм	Относительная яркость (визуальная оценка)
Фиолетовая	404,66	2
Фиолетовая	407,78	1
Синяя	435,83	8
Голубая	491,60	1
Зелёная	546,07	10
Жёлтая	576,96	8
Жёлтая	579,07	10

3.17. Длины волн некоторых ярких линий в спектре неона¹⁾

Окраска линии	Длина волны λ , нм	Относительная яркость (визуальная оценка)
Жёлтая	576,44	3
Жёлтая	585,25	10
Жёлтая	588,19	4
Оранжевая	594,48	3
Оранжевая	597,55	2
Красно-оранжевая	603,00	2
Красно-оранжевая	607,43	4
Красно-оранжевая	609,62	3
Красно-оранжевая	614,31	6
Ярко-красная	616,36	5
Ярко-красная	621,73	3
Ярко-красная	626,65	8
Ярко-красная	630,48	2
Ярко-красная	633,44	5
Ярко-красная	638,30	10
Ярко-красная	640,22	10
Красная	650,65	5
Красная	653,29	5
Красная	659,89	5
Красная	667,83	3
Красная	671,70	1

¹⁾ В таблице подробно даны линии красно-оранжевой области спектра, обычно используемые для градуировки спектральных приборов. В области длин волн, меньших 580 нм, градуировку удобнее проводить по спектру ртути.

3.3.18. Спектральные линии атома водорода в видимой части спектра (серия Бальмера)

Переход $n_i \rightarrow n_k$	Обозначение	Длина волны λ , нм	Частота ν , 10^{14} Гц	Цвет
3→2	H $_{\alpha}$	656,280	4,571	Красная
4→2	H $_{\beta}$	486,132	6,171	Зелёно-голубая
5→2	H $_{\gamma}$	434,046	6,911	Сине-фиолетовая
6→2	H $_{\delta}$	410,173	7,313	Фиолетовая
7→2	H $_{\epsilon}$	397,007	7,557	Ультрафиолетовая

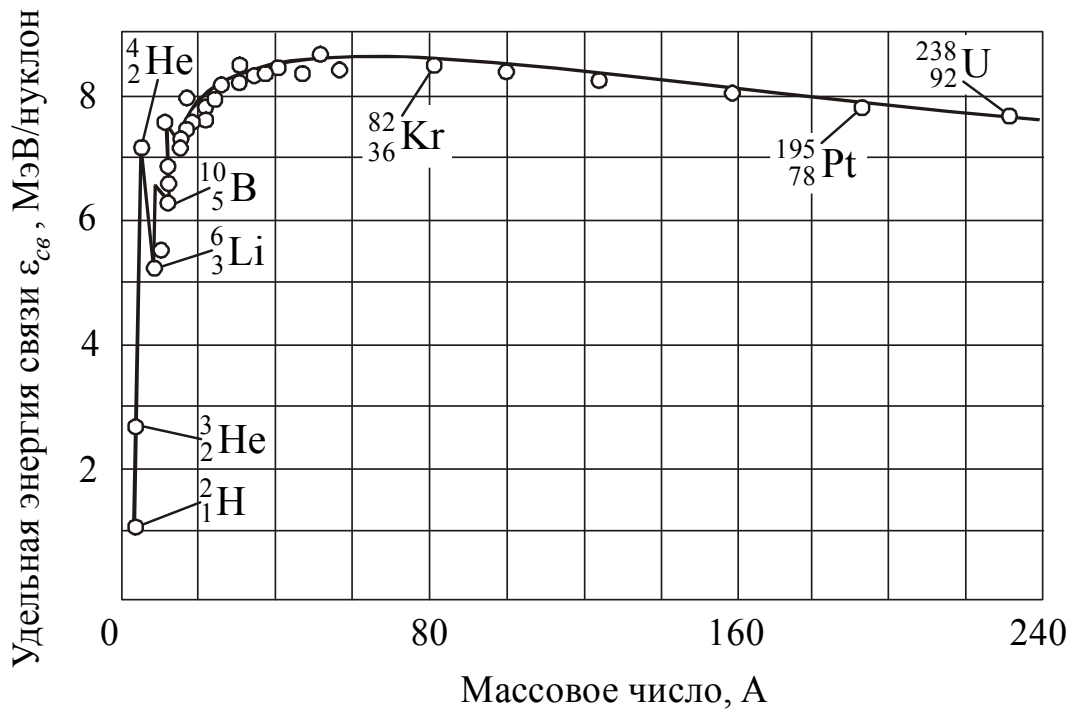
3.3.19. Основные физические свойства некоторых полупроводниковых материалов

Вещество	Ширина запрещённой зоны ΔE , эВ	Подвижность электронов μ_n , $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	Подвижность дырок μ_p , $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	Плотность ρ , 10^3 кг/м^3
Si	1,11	1600	500	2,33
Ge	0,66	3900	1900	5,32
AlAs	2,20	1200	–	3,60
AlP	2,45	50	150	2,85
AlSb	1,63	200	420	4,15
Mg $_2$ Ge	0,57	500	100	3,09
GaAs	1,43	8500	420	5,37
GaSb	0,78	4000	650	5,61
GaTe	1,78	4000	650	5,61
InAs	0,36	33 000	460	5,68
InSb	0,18	78000	750	5,78
InP	1,26	4600	150	4,79
InS	1,92	50	–	5,18
PbSe	0,28	0,50	1000	8,15
PbTe	0,32	1730	840	8,16
SnTe	0,18	–	400	6,45
Cd $_3$ P $_2$	0,55	3000	–	5,60
ZnTe	2,34	340	110	5,68
Al $_x$ Ga $_{1-x}$ As	1,41–2,20			
In $_x$ Ga $_{1-x}$ As	1,38–1,97			

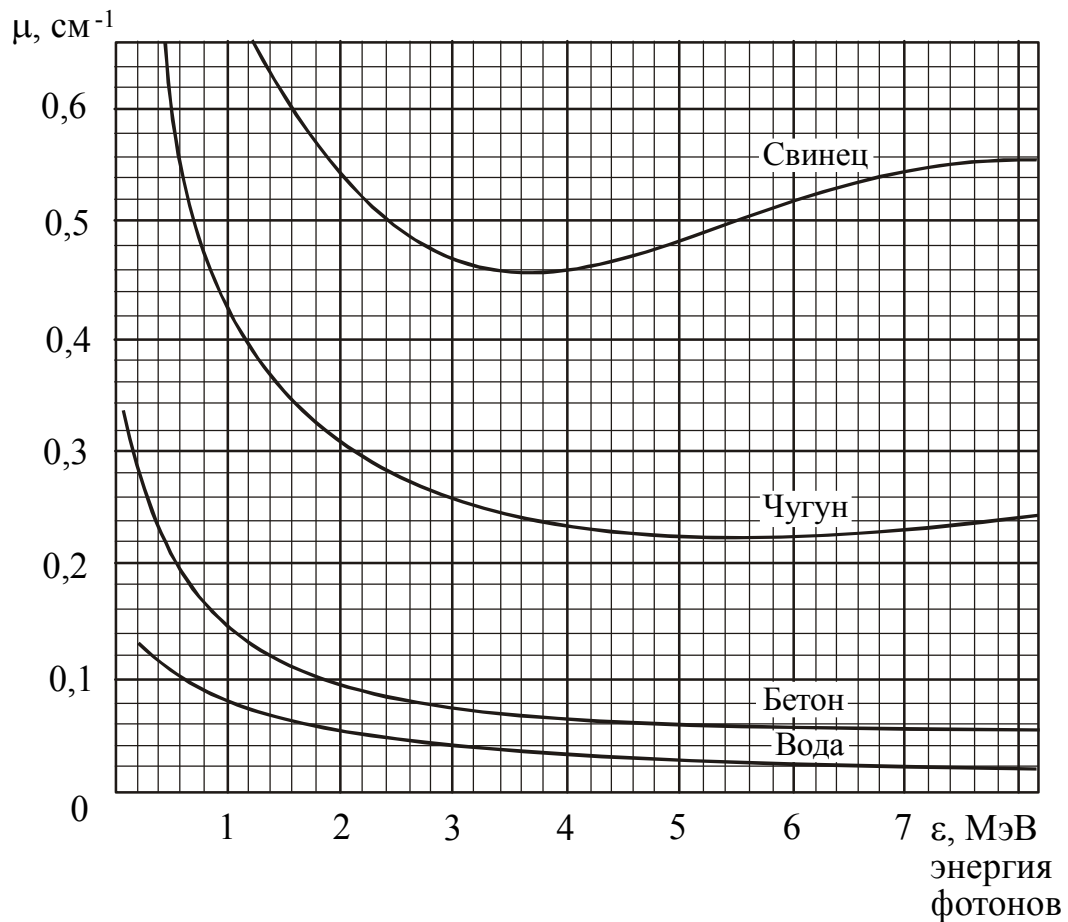
3.3.20. Работа выхода для химически чистых элементов и элементов, покрытых слоем адсорбата

Элемент	Символ	A , эВ	Адсорбент – адсорбат	A , эВ
Алюминий	Al	4,25	C – Cs	1,37
Вольфрам	W	4,54	Ti – Cs	1,32
Германий	Ge	4,76	Cr – Cs	1,71
Индий	In	3,80	Fe – Cs	1,82
Иттрий	Y	3,30	Cu – Cs	1,64
Калий	K	2,22	Mo – Cs	1,54
Кобальт	Co	4,41	Ge – Ba	2,20
Кремний	Si	4,80	Mo – Th	2,58
Магний	Mg	3,64	Ag – Ba	1,56
Марганец	Mn	3,83	Ta – Cs	1,10
Медь	Cu	4,40	W – Li	2,18
Натрий	Na	2,35	W – La	2,20
Никель	Ni	4,50	Pt – Na	2,10
Палладий	Pd	4,80	Pt – Rb	1,57
Празеодим	Pr	2,70	Pt – Ba	1,90
Самарий	Sm	2,70	W – O – Na	1,72
Селен	Se	4,72	Сталь 1X18H9T – Cs	1,41
Серебро	Ag	4,30	Ta ₂ C – Cs	1,40
Стронций	Sr	2,35	TaSi ₂ – Cs	1,47
Хром	Cr	4,58	Mo ₂ C – Cs	1,45
Цезий	Cs	1,81	WSi ₂ – Cs	1,47
Цинк	Zn	4,24	Pd – Cs	1,51

3.3.21. Зависимость удельной энергии связи от массового числа



3.3.22. Зависимость линейного коэффициента ослабления от энергии падающих фотонов для некоторых материалов



3.3.23. Основные свойства некоторых изотопов

Таблица 3.3.23

Элемент	Символ изотопа	Атомная масса, а.е.м.	Относит. распростран. %	Тип распада	Период полураспада
Нейтрон	${}_0n^1$	1,008665	–	$\beta -$	14,5 мин
Протон	${}_1p^1$	1,007276	–		стабилен
Водород	${}_1H^1$	1,007825	99,985		стабилен
Дейтерий	${}_1H^2$	2,014102	0,015		стабилен
Тритий	${}_1H^3$	3,016049	–	$\beta -$	12,33 года
Гелий	${}_2He^3$	3,016030	0,000138		стабилен
Гелий	${}_2He^4$	4,002604	99,99986		стабилен
Гелий	${}_2He^6$	6,018891	–	$\beta -$	0,808 с
Литий	${}_3Li^6$	6,015126	7,52		стабилен
Литий	${}_3Li^7$	7,016005	92,48		стабилен
Литий	${}_3Li^8$	8,022487	–	$\beta -$	0,842 с
Бериллий	${}_4Be^7$	7,016930	–	э.з.	53 дня
Бериллий	${}_4Be^9$	9,012186	100		стабилен
Бор	${}_5B^{10}$	10,012939	19,9		стабилен
Бор	${}_5B^{11}$	11,009305	80,1		стабилен
Углерод	${}_6C^{12}$	12,00000	98,89		стабилен
Углерод	${}_6C^{13}$	13,003354	1,11		стабилен
Углерод	${}_6C^{14}$	14,003242	–	$\beta -$	5730 лет
Азот	${}_7N^{13}$	13,005739	–	$\beta +$	9,96 мин
Азот	${}_7N^{14}$	14,003074	99,63		стабилен
Азот	${}_7N^{15}$	15,000108	0,37		стабилен
Азот	${}_7N^{16}$	16,005739	–	$\beta -$	7,13 с
Кислород	${}_8O^{16}$	15,994915	99,762		стабилен
Кислород	${}_8O^{17}$	16,999133	0,038		стабилен
Кислород	${}_8O^{18}$	17,999160	0,200		стабилен
Фтор	${}_9F^{19}$	18,998405	100		стабилен
Неон	${}_{10}Ne^{20}$	19,992440	90,51		стабилен
Неон	${}_{10}Ne^{22}$	21,991384	9,22		стабилен
Натрий	${}_{11}Na^{22}$	21,994435	–	$\beta +$	2,6 года
Натрий	${}_{11}Na^{23}$	22,989773	100		стабилен
Магний	${}_{12}Mg^{23}$	22,994135	–	$\beta +$	11,3 сек
Магний	${}_{12}Mg^{24}$	23,985044	78,99		стабилен
Магний	${}_{12}Mg^{26}$	25,982591	11,01		стабилен
Магний	${}_{12}Mg^{27}$	26,984345	–	$\beta -$	9,46 мин
Алюминий	${}_{13}Al^{27}$	26,981535	100		стабилен
Кремний	${}_{14}Si^{28}$	27,976927	92,23		стабилен
Кремний	${}_{14}Si^{30}$	29,973761	3,10		стабилен

Продолжение таблицы 3.3.23

Элемент	Символ изотопа	Атомная масса, а.е.м.	Относит. распростран. %	Тип распада	Период полураспада
Фосфор	$_{15}\text{P}^{31}$	30,973763	100		стабилен
Фосфор	$_{15}\text{P}^{32}$	31,973908	–	β –	14,36 сут
Сера	$_{16}\text{S}^{32}$	31,972074	95,02		стабилен
Сера	$_{16}\text{S}^{35}$	34,969034	–	β –	87,24 сут
Хлор	$_{17}\text{Cl}^{35}$	34,968854	75,77		стабилен
Хлор	$_{17}\text{Cl}^{37}$	36,965896	24,23		стабилен
Аргон	$_{18}\text{Ar}^{36}$	35,967548	0,34		стабилен
Аргон	$_{18}\text{Ar}^{40}$	39,962384	99,60		стабилен
Калий	$_{19}\text{K}^{39}$	38,963714	93,26		стабилен
Калий	$_{19}\text{K}^{40}$	39,963999	0,0117	β –	$1,28 \cdot 10^6$ лет
Калий	$_{19}\text{K}^{42}$	41,962417	–	β –	12,5 час
Кальций	$_{20}\text{Ca}^{40}$	39,962589	96,94		стабилен
Кальций	$_{20}\text{Ca}^{45}$	44,956189	–	β –	163,8 сут
Скандий	$_{21}\text{Sc}^{45}$	44,955919	100		стабилен
Титан	$_{22}\text{Ti}^{48}$	47,947948	73,8		стабилен
Ванадий	$_{23}\text{V}^{51}$	50,943978	99,75		стабилен
Хром	$_{24}\text{Cr}^{51}$	50,944786	–	э.з.	27,7 сут
Хром	$_{24}\text{Cr}^{52}$	51,940506	83,79		стабилен
Марганец	$_{25}\text{Mn}^{55}$	54,938054	100		стабилен
Железо	$_{26}\text{Fe}^{55}$	54,940438	–	э.з.	2,7 года
Железо	$_{26}\text{Fe}^{56}$	55,934935	91,72		стабилен
Железо	$_{26}\text{Fe}^{57}$	56,935391	2,2		стабилен
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{58}$	57,935754	–	э.з.	70,78 суток
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{59}$	58,933189	100		стабилен
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{60}$	59,933816	–	β –	5,27 года
Никель	$_{28}\text{Ni}^{58}$	57,935343	68,27		стабилен
Никель	$_{28}\text{Ni}^{63}$	62,929665	–	β +	100,1 года
Медь	$_{29}\text{Cu}^{63}$	62,929594	69,17		стабилен
Медь	$_{29}\text{Cu}^{65}$	64,927786	30,83		стабилен
Цинк	$_{30}\text{Zn}^{64}$	63,929141	48,6		стабилен
Галлий	$_{31}\text{Ga}^{69}$	68,925576	60,1		стабилен
Галлий	$_{31}\text{Ga}^{71}$	70,924695	39,9		стабилен
Германий	$_{32}\text{Ge}^{70}$	69,924245	20,5		стабилен
Германий	$_{32}\text{Ge}^{72}$	71,922075	27,4		стабилен
Мышьяк	$_{33}\text{As}^{75}$	74,921590	100		стабилен
Селен	$_{34}\text{Se}^{78}$	77,917298	23,6		стабилен
Селен	$_{34}\text{Se}^{80}$	79,916515	49,7		стабилен
Бром	$_{35}\text{Br}^{79}$	78,918330	50,69		стабилен

Продолжение таблицы 3.3.23

Элемент	Символ изотопа	Атомная масса, а.е.м.	Относит. распростран. %	Тип распада	Период полураспада
Криптон	${}_{36}\text{Kr}^{84}$	83,911446	57,0		стабилен
Криптон	${}_{36}\text{Kr}^{85}$	84,912531	–	β –	10,72 года
Рубидий	${}_{37}\text{Rb}^{85}$	84,911788	72,16		стабилен
Рубидий	${}_{37}\text{Rb}^{86}$	85,909183	–	β –	18,66 сут
Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{88}$	87,905622	82,58		стабилен
Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	88,907734	–	β –	28,6 лет
Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{94}$	93,915234	–	β –	78 с
Иттрий	${}_{39}\text{Y}^{88}$	87,909503	–	э.з.	106,6 сут
Иттрий	${}_{39}\text{Y}^{89}$	88,905849	100		стабилен
Цирконий	${}_{40}\text{Zr}^{90}$	89,904701	51,45		стабилен
Цирконий	${}_{40}\text{Zr}^{95}$	94,908028	–	β –	64,0 сут
Ниобий	${}_{41}\text{Nb}^{93}$	92,906372	100		стабилен
Молибден	${}_{42}\text{Mo}^{92}$	91,906802	14,84		стабилен
Технеций	${}_{43}\text{Tc}^{98}$	97,907203	–	β –	$4,2 \cdot 10^6$ лет
Рутений	${}_{44}\text{Ru}^{102}$	101,904338	31,6		стабилен
Родий	${}_{45}\text{Rh}^{101}$	100,906162	–	э.з.	3,3 года
Родий	${}_{45}\text{Rh}^{103}$	102,905502	100		стабилен
Палладий	${}_{46}\text{Pd}^{108}$	107,903891	26,46		стабилен
Серебро	${}_{47}\text{Ag}^{107}$	106,905088	51,84		стабилен
Серебро	${}_{47}\text{Ag}^{108}$	107,905956	–	β –	2,37 мин
Кадмий	${}_{48}\text{Cd}^{113}$	112,904901	12,22		стабилен
Кадмий	${}_{48}\text{Cd}^{114}$	113,903354	28,73		стабилен
Индий	${}_{49}\text{In}^{115}$	114,904070	95,72		стабилен
Олово	${}_{50}\text{Sn}^{118}$	117,901790	24,22		стабилен
Олово	${}_{50}\text{Sn}^{123}$	122,905715	–	β –	129,2 сут
Сурьма	${}_{51}\text{Sb}^{121}$	120,903750	57,25		стабилен
Сурьма	${}_{51}\text{Sb}^{123}$	122,904216	42,75		стабилен
Теллур	${}_{52}\text{Te}^{130}$	129,906700	33,8		стабилен
Йод	${}_{53}\text{I}^{127}$	126,904471	100		стабилен
Йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	130,906112	–	β –	8,04 сут
Ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{132}$	131,904142	26,9		стабилен
Ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{135}$	134,907040	–	β –	9,13 час
Ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{140}$	139,921439	–	β –	13,60 с
Цезий	${}_{55}\text{Cs}^{133}$	132,905427	100		стабилен
Цезий	${}_{55}\text{Cs}^{134}$	133,906694	–	β –	2,06 года
Барий	${}_{56}\text{Ba}^{138}$	137,905226	71,7		стабилен
Лантан	${}_{57}\text{La}^{139}$	138,906348	99,91		стабилен
Церий	${}_{58}\text{Ce}^{140}$	139,905436	88,48		стабилен

Продолжение таблицы 3.3.23

Элемент	Символ изотопа	Атомная масса, а.е.м.	Относит. распростран. %	Тип распада	Период полураспада
Празеодим	${}_{59}\text{Pr}^{141}$	140,907651	100		стабилен
Неодим	${}_{60}\text{Nd}^{146}$	145,913121	17,2		стабилен
Иридий	${}_{77}\text{Ir}^{192}$	191,962990	–	β –	73,8 суток
Золото	${}_{79}\text{Au}^{197}$	196,966557	100		стабилен
Ртуть	${}_{80}\text{Hg}^{194}$	196,966557	–	э.з.	260 лет
Ртуть	${}_{80}\text{Hg}^{200}$	199,968316	23,13		стабилен
Таллий	${}_{81}\text{Tl}^{204}$	203,973884	–	β –	3,78 года
Таллий	${}_{81}\text{Tl}^{210}$	209,990069	–	β –	1,30 мин
Свинец	${}_{82}\text{Pb}^{207}$	206,975932	22,1		стабилен
Свинец	${}_{82}\text{Pb}^{208}$	207,976641	52,4		стабилен
Свинец	${}_{82}\text{Pb}^{210}$	209,984178	–	β –	22,3 года
Висмут	${}_{83}\text{Bi}^{209}$	208,980423	100		стабилен
Висмут	${}_{83}\text{Bi}^{210}$	209,984114	–	β –	5,0 сут
Висмут	${}_{83}\text{Bi}^{211}$	210,987263	–	α	2,14 мин
Полоний	${}_{84}\text{Po}^{210}$	209,982871	–	α	138,4 сут
Астат	${}_{85}\text{At}^{210}$	209,987490	–	э.з.	8,1 час
Радон	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	222,017533	–	α	3,8 сут
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{220}$	220,010972	–	α	0,025 с
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{225}$	225,023604	–	β –	0,842 с
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	226,025361	–	α	1620 лет
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{227}$	227,029220	–	β –	42,2 мин
Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{225}$	225,023216	–	э.з.	10,0 сут
Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{228}$	228,031169	–	β –	6,13 час
Торий	${}_{90}\text{Th}^{229}$	229,031629	–	α	7340 лет
Торий	${}_{90}\text{Th}^{230}$	230,03080	–	α	$7,54 \cdot 10^4$ лет
Торий	${}_{90}\text{Th}^{231}$	231,036301	–	β –	25,52 час
Торий	${}_{90}\text{Th}^{232}$	232,038211	100	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет
Протактиний	${}_{91}\text{Pa}^{233}$	233,040246	–	β –	27,0 сут
Уран	${}_{92}\text{U}^{233}$	233,039632	–	α	$1,59 \cdot 10^5$ лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{234}$	234,040950	0,006	α	$2,45 \cdot 10^5$ лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{235}$	235,043931	0,72	α	$7,04 \cdot 10^8$ лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{238}$	238,050762	99,27	α	$4,46 \cdot 10^9$ лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{239}$	239,054321	–	β –	23,5 мин
Нептуний	${}_{93}\text{Np}^{237}$	237,048172	–	α	$2,14 \cdot 10^6$ лет
Нептуний	${}_{93}\text{Np}^{239}$	239,052935	–	β –	2,36 сут
Плутоний	${}_{94}\text{Pu}^{238}$	238,049522	–	α	87,74 года
Плутоний	${}_{94}\text{Pu}^{240}$	240,053812	–	α	$6,54 \cdot 10^3$ лет

Приложение А

Образец оформления задачи индивидуального задания

Задача 1

Уравнение движения точки имеет вид: $x = 10t + 0,4t^2$. Пользуясь уравнением: 1) определить координату x_0 точки в начальный момент времени; 2) написать формулу зависимости скорости от времени $v=f(t)$; 3) найти начальную скорость v_0 точки; 4) найти ускорение a точки; 5) построить график зависимости координаты от времени $x=f(t)$ и скорости от времени $v=f(t)$ в интервале $0 \leq t \leq \tau$ с шагом Δt ; 6) указать характер движения точки.

Дано: $x = 10t + 0,4t^2$

$$\tau = 20 \text{ с}$$

$$\Delta t = 2,0 \text{ с}$$

$$x_0 = ? \quad v_0 = ? \quad a_0 = ?$$

Решение:

1). Определим координату точки в начальный момент времени (начальную координату точки). Для этого в уравнение $x = 10t + 0,4t^2$ подставим $t=0$:

$$x_0 = 10 \cdot 0 + 0,4 \cdot 0 = 0.$$

2). Скорость по определению равна производной координаты по времени:

$$v = \frac{dx}{dt}.$$

Найдем производную: $v = 10 + 0,8t$. Полученное уравнение дает зависимость скорости от времени.

3). Определим начальную скорость (при $t=0$):

$$v_0 = 10 + 0,8 \cdot 0 = 10 \text{ (м/с)}.$$

4). Ускорение по определению равно производной скорости по времени:

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

Найдем производную: $a = 0,8 \text{ (м/с}^2\text{)}.$

5). Для построения графиков составим таблицу значений.

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$x, \text{ м}$	0	22	46	74	106	140	178	218	262	310	360
$v, \text{ м/с}$	10	11,6	13,2	14,8	16,4	18,0	19,6	21,2	22,8	24,4	26,0

6). Определим характер движения:

а) точка движется только вдоль оси Ox , следовательно, движение прямолинейное;

б) ускорение точки $a = \text{const}$, следовательно, движение равноускоренное.

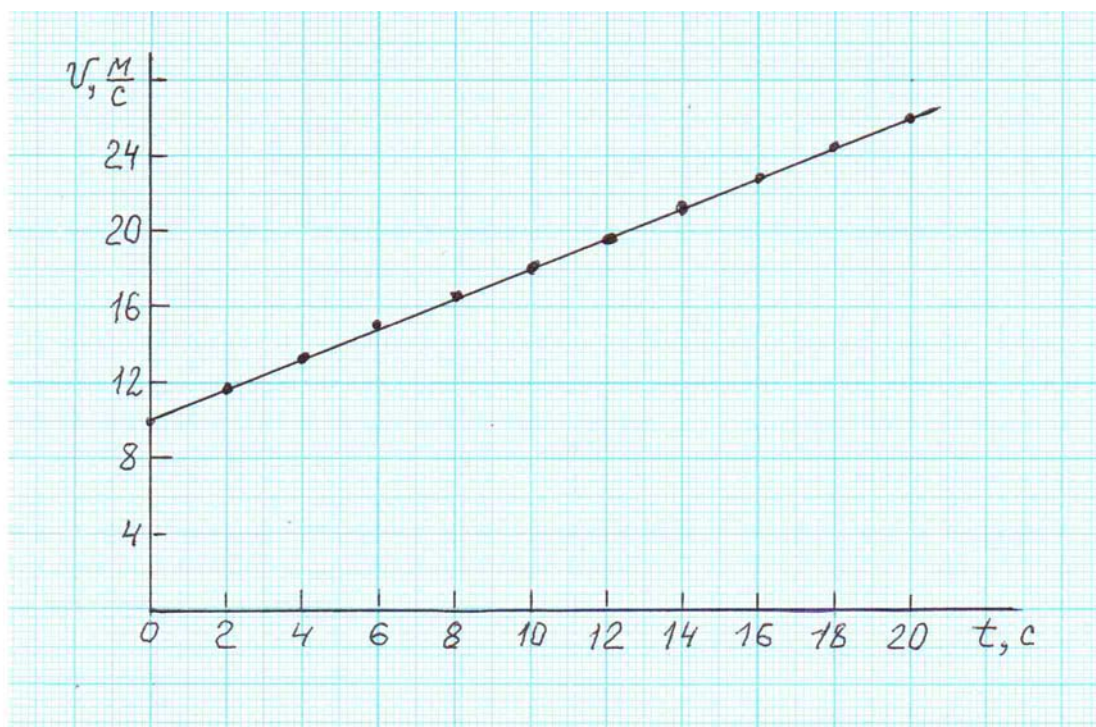


График зависимости скорости от времени

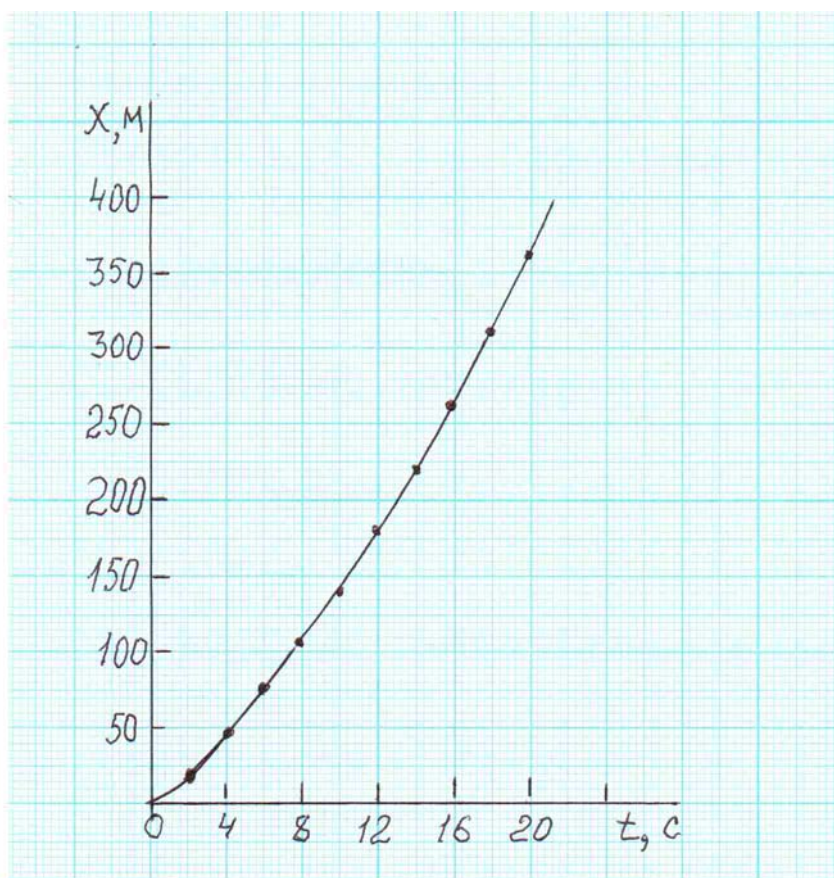


График зависимости координаты от времени

Государственное высшее учебное заведение
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физики

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Выполнил студент группы _____ АВС-15а

_____ ИВАНОВ И.И. _____

Преподаватель кафедры физики

_____ ПЕТРОВ П.П. _____

Отметка о защите _____

2015

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Цель работы – научиться пользоваться измерительными инструментами, определить плотность твёрдого тела, научиться рассчитывать погрешность прямых и косвенных измерений.

Приборы и принадлежности: штангенциркуль, микрометр, технические весы, набор разновесов, измеряемый цилиндр.

Описание измерительных приборов

Штангенциркуль – универсальный измерительный инструмент, предназначенный для измерения наружных и внутренних диаметров, глубин, длин, толщин и т.п.

Основной частью штангенциркуля является линейка с миллиметровыми делениями. Штангенциркули снабжаются нониусами. Нониус – это дополнительная линейка, которая может перемещаться вдоль основной линейки. С его помощью производят отсчёт дольных частей миллиметра. Выпускаются штангенциркули с точностью нониуса 0,1 мм и 0,05 мм.

Порядок проведения измерений с помощью штангенциркуля

1. Проверить установку нуля: при сдвинутых губках штангенциркуля нулевая отметка нониуса должна совпадать с нулевой отметкой основной шкалы.
2. Зажать измеряемое тело между губками штангенциркуля.
3. Произвести отсчёт целых делений (мм) по основной шкале до нуля нониуса.
4. Найти на нониусе деление, совпадающее с любым делением основной шкалы штангенциркуля. Это деление нониуса показывает доли миллиметра.

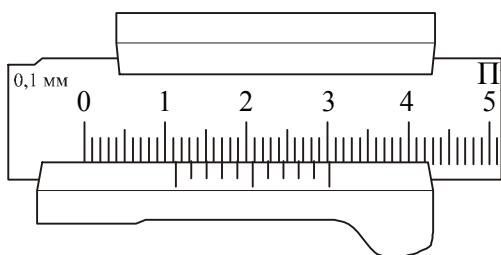


Рисунок 1

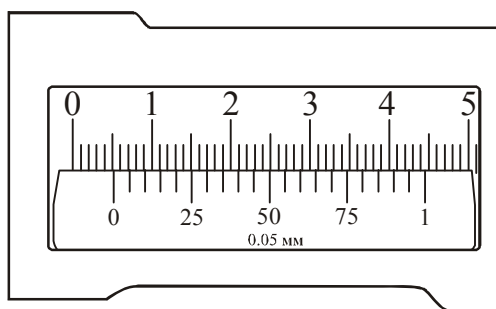


Рисунок 2

Примеры отсчётов штангенциркулей с различной точностью нониуса показаны на рис. 1 и рис. 2.

Рассмотрим рис. 1. Точность нониуса 0,1 мм. До нуля нониуса на основной шкале 11 делений (11 мм). С одним из делений основной шкалы совпадает третье деление нониуса. Отсчёт – 11,3 мм.

Рассмотрим рис. 2. Точность нониуса 0,05 мм. До нуля нониуса на основной шкале 5 делений (5 мм). С одним из делений основной шкалы совпадает шестое деление нониуса. Отсчёт – 5,30 мм.

Микрометр – измерительный инструмент, снабженный микрометрическим винтом – винтом с малым и очень точно выдержанным шагом. Его применяют при точных измерениях расстояний.

Основной частью микрометра является втулка, имеющая с внутренней стороны микрометрическую резьбу. На наружной поверхности втулки проведена продольная черта, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше неё – полумиллиметровые. Один поворот винта микрометра передвигает его стержень на 0,5 мм. Барабан, связанный со стержнем, разбит на 50 делений. Поворот барабана на одно деление соответствует смещению стержня на 0,01 мм. С этой же точностью производятся измерения с помощью микрометра.

При работе с измерительными инструментами следует иметь в виду, что результат измерения зависит от того, с какой силой сжимается измеряемый объект штангенциркулем

или микрометром. Это в первую очередь относится к микрометру. Во-первых, винт с малым шагом превращает незначительные усилия руки, поворачивающей барабан микрометра, в большие силы, действующие на предмет. Во-вторых, точность микрометра обычно на порядок выше точности штангенциркуля, и небольшие деформации предмета становятся более заметными. Чтобы уменьшить ошибку, связанную со слишком сильным (и неодинаковым в разных опытах) сжатием измеряемых предметов, рукоятка микрометра снабжена специальной головкой с трещоткой, позволяющей создавать при измерении постоянное в разных опытах давление на измеряемый объект.

Порядок проведения измерений с помощью микрометра

1. Проверить установку микрометра на нуль. При этом окончательная точная установка производится трещоткой, иначе можно испортить нарезку винта. Если установка сбита, то настроить микрометр может только специалист. В этом случае студент должен обратиться к преподавателю.
2. Установить измеряемое тело между наковаленкой и микрометрическим винтом. Окончательную установку провести трещоткой.
3. Произвести отсчёт целых миллиметров по нижней шкале втулки, полумиллиметров – по верхней.

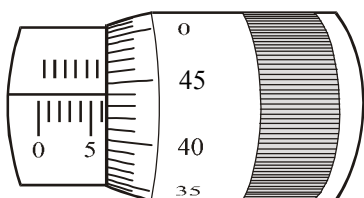


Рисунок 3

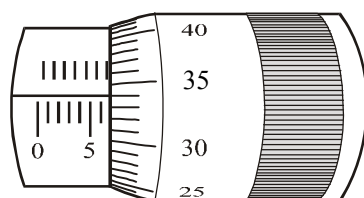


Рисунок 4

4. Отсчитать сотые доли миллиметра по нониусу барабана по делению, ближе всего расположенному к продольной черте.

Примеры отсчётов с помощью микрометра показаны на рис. 3 и 4.

Рассмотрим рис. 3. По нижней шкале втулки определяем целое число миллиметров – 6 мм. На верхней шкале втулки не видно полумиллиметровое деление, поэтому отсчитываем сотые доли миллиметра по нониусу барабана – 0,44 мм. Отсчёт – 6,44 мм.

Рассмотрим рис. 4. По нижней шкале втулки определяем целое число миллиметров – 6 мм. На верхней шкале втулки отсчитываем полумиллиметровое деление – 0,5 мм. По нониусу барабана отсчитываем сотые доли миллиметра – 0,34 мм. Отсчёт – 6,84 мм.

Существуют не только линейные, но и угловые нониусы. Ими снабжаются гониометры, теодолиты и многие другие приборы.

Весы технические. Предельная нагрузка – 200 г. Имеют набор гирь 100 – 0,01 г. Основными частями являются (рис. 5):

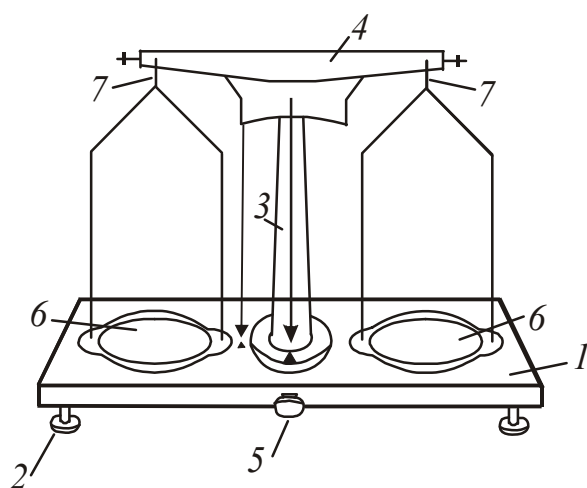


Рисунок 5

- платформа 1 с двумя установочными винтами 2 и одной ножкой;
- колонка 3, в которой находится стойка. Стойка поднимается и опускается поворотом арретира 5;
- коромысло 4, закрепляемое в гнезде стойки;
- чашки 6 с крестовинами, которые с помощью серёг 7 надеваются на боковые призмы коромысла.

Порядок взвешивания:

1. Выровнять положение подставки весов при помощи установочных винтов 2, контролируя его по отвесу. Острие отвеса должно находиться против указателя.

2. Поднять стойку с чашками поворотом арретира. Убедиться, что весы уравновешены. В случае необходимости для уравновешивания на более легкую чашку нужно добавить полоски бумаги и т.п.
3. Нагрузку и разгрузку чашек производят при опущенной стойке (при арретированных весах).
4. Взвешиваемое тело кладут на левую чашку весов, а гири – на правую. Во избежание порчи весов взвешиваемое тело и гири опускают на чашки осторожно, не роняя их даже с небольшой высоты.
5. Положив взвешиваемое тело на левую чашку весов, на правую кладут гирю, имеющую массу, примерно равную массе тела (подбирают с последующей проверкой). При несоблюдении этого правила нередко случается, что мелких гирь не хватает и приходится взвешивание начинать сначала. Если гиря перевесит чашку, то её кладут обратно в футляр, если нет – оставляют на чашке. Затем то же самое проделывают со следующей гирей меньшей массы и т.д., пока не будет достигнуто равновесие. Мелкие разновески берут пинцетом. Уравновесив тело, подсчитывают общую массу гирь, лежащих на чашке.
6. По окончании работы стойку опускают с помощью арретира. Гири переносят в футляр.

Общие положения

Плотность однородного тела – скалярная физическая величина, характеристика вещества, численно равная массе единицы объёма:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Единица измерения плотности в СИ – $\text{кг}/\text{м}^3$. На практике часто используют единицу плотности – $\text{г}/\text{см}^3$. Соотношение между единицами: $1 \text{ г}/\text{см}^3 = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Методика эксперимента и обработка результатов измерений

Объём и плотность тела получают в результате косвенных измерений, используя прямые измерения геометрических размеров и массы тела. Масса тела определяется путём взвешивания на технических весах.

Если тело имеет правильную геометрическую форму, то измеряют его линейные размеры и по соответствующей формуле рассчитывают объём. Объём цилиндра равен:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим формулу для расчёта плотности:

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}, \quad (3)$$

где h – высота цилиндра, d – его диаметр.

Высоту цилиндра измеряют штангенциркулем, а диаметр – микрометром. Для учёта не вполне правильной формы тела повторные измерения линейных размеров необходимо произвести в разных местах тела. Значения плотности находят по формуле (3), подставляя средние значения диаметра и высоты:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}; \quad (4)$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}. \quad (5)$$

При многократном измерении одной и той же величины полная ошибка прямого измерения содержит приборную и случайную составляющие погрешности измерения.

Случайные погрешности измерений высоты и диаметра цилиндра равны соответственно:

$$\Delta h_{\text{случ}} = t_{\alpha, n} \cdot S_{\bar{h}}, \quad (6)$$

$$\Delta d_{\text{случ}} = t_{\alpha, n} \cdot S_{\bar{d}}, \quad (7)$$

где

$$S_{\bar{h}} = \sqrt{\frac{(h_1 - \bar{h})^2 + (h_2 - \bar{h})^2 + \dots + (h_n - \bar{h})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}}$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}},$$

h_i и d_i – значение высоты и диаметра, получаемые при i -м измерении, $t_{\alpha, n}$ – коэффициент Стьюдента, соответствующий n измерениям при надежности α .

Полная ошибка прямого измерения равна

$$\Delta h = \sqrt{\Delta h_{\text{случ}}^2 + \Delta h_{\text{приб}}^2}, \quad (8)$$

$$\Delta d = \sqrt{\Delta d_{\text{случ}}^2 + \Delta d_{\text{приб}}^2}. \quad (9)$$

Приборная погрешность штангенциркуля и микрометра равна половине цены деления нониуса каждого прибора. Приборная точность весов с имеющимся набором разновесов равна $\Delta m = \frac{m_0}{2}$, где m_0 – масса наименьшего разновеса в наборе.

Результаты прямых измерений записывают в стандартном виде:

$$h = (\bar{h} \pm \Delta h), \text{ мм}$$

$$d = (\bar{d} \pm \Delta d), \text{ мм}$$

$$m = (m \pm \Delta m), \text{ г}$$

Плотность тела, вычисляемая по формуле (3), является функцией трёх переменных $\rho = f(m, d, h)$. Поэтому, если взять частные производные плотности по массе, диаметру и высоте, то можно получить следующую формулу для расчёта абсолютной погрешности:

$$\Delta\rho = \bar{\rho} \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\bar{m}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\bar{h}}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{\bar{d}}\right)^2}. \quad (10)$$

Окончательный результат записывают в стандартном виде:

$$\rho = (\bar{\rho} \pm \Delta\rho) \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Относительная ошибка измерений равна

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие измерительные приборы используются при выполнении данной работы?
3. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
4. По какой формуле Вы будете рассчитывать плотность тела?
5. Изучите правила пользования микрометром, штангенциркулем и весами

Выполнение работы

1. Определить массу тела, взвесив его на весах один раз. Результат занести в таблицу. Записать массу наименьшего разновеса.
2. Измерить штангенциркулем высоту цилиндра 5 раз в разных местах. Результаты занести в таблицу. Записать цену деления штангенциркуля.
3. Измерить микрометром диаметр цилиндра 5 раз в разных местах. Результаты занести в таблицу. Записать цену деления микрометра.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Найти средние значения диаметра \bar{d} и высоты \bar{h} по формулам (4) и (5).
2. Вычислить среднее значение плотности $\bar{\rho}$ тела по формуле (3) по средним значениям массы, высоты, диаметра.
3. Вычислить случайную составляющую абсолютной погрешности измерений высоты и диаметра цилиндра по формулам (6) и (7).
4. Вычислить полную погрешность измерений высоты и диаметра цилиндра по формулам (8) и (9).
5. Вычислить по формуле (10) абсолютную и по формуле (11) относительную погрешности косвенного измерения плотности.
6. Записать полученные результаты прямых и косвенных измерений в стандартном виде.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Дайте определение плотности.
2. От чего зависит плотность тела?
3. Какие измерения называются прямыми, какие – косвенными?
4. Как определяется доверительный интервал прямых измерений?
5. Укажите, измерение какой величины вносит наибольший вклад в ошибку.
6. Пользуясь справочными таблицами, определите возможный материал образца.

Подготовка к работе

1. *Цель работы состоит в том, чтобы научиться пользоваться измерительными инструментами, определять плотность твёрдого тела, а также научиться рассчитывать погрешность прямых и косвенных измерений.*
2. *При выполнении данной лабораторной работы используются следующие измерительные инструменты: технические весы, набор разновесов, микрометр, штангенциркуль.*
3. *Непосредственно измеряются высота цилиндра, диаметр цилиндра и его масса.*
4. *Плотность рассчитывается по формуле:*

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h},$$

где h – высота цилиндра, d – его диаметр, m – масса цилиндра.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №3

Выполнил(а) Иванов И.А.Группа ABC-15 а

Цена деления приборов:

штангенциркуля $C_{шт} = 0,05$ мм/делмикрометра $C_m = 0,01$ мм/делмасса наименьшего разновеса $m_0 = 10$ мг

№ п/п	m , г	h , мм	d , мм	ρ , кг/м ³
1	28,17	12,20	19,52	
2		12,25	19,53	
3		12,30	19,52	
4		12,25	19,54	
5		12,20	19,51	
среднее		12,24	19,524	7690

Дата 10.09.15

Подпись преподавателя _____

Расчётная часть

1. Находим средние значения диаметра и высоты:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{19,52 + 19,53 + 19,52 + 19,54 + 19,51}{5} = 19,524 \text{ мм}$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} = \frac{12,20 + 12,25 + 12,30 + 12,25 + 12,20}{5} = 12,24 \text{ мм.}$$

2. Вычисляем среднее значение плотности по средним значениям массы, высоты и диаметра:

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h} = \frac{4 \cdot 29,17 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (19,524 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 12,24 \cdot 10^{-3}} = 7,69 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

3. Вычислим случайную составляющую абсолютной погрешности измерений высоты и диаметра цилиндра:

$$S_{\bar{h}} = \sqrt{\frac{(h_1 - \bar{h})^2 + (h_2 - \bar{h})^2 + \dots + (h_n - \bar{h})^2}{n(n-1)}} =$$

$$\sqrt{\frac{(12,20 - 12,24)^2 + (12,25 - 12,24)^2 + (12,30 - 12,24)^2 + (12,25 - 12,24)^2 + (12,20 - 12,24)^2}{5(5-1)}} =$$

$$= 0,019 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{\text{случ}} = t_{\alpha, n} \cdot S_{\bar{h}} = 2,78 \cdot 0,019 = 0,053 \text{ мм}$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n(n-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(19,52 - 19,524)^2 + (19,53 - 19,524)^2 + (19,52 - 19,524)^2 + (19,54 - 19,524)^2 + (19,51 - 19,524)^2}{5(5-1)}} =$$

$$= 0,005 \text{ мм}$$

$$\Delta d_{\text{случ}} = t_{\alpha, n} \cdot S_{\bar{d}} = 2,78 \cdot 0,005 = 0,014 \text{ мм}$$

4. Вычислим полную погрешность измерений высоты, диаметра и массы:

$$\Delta h = \sqrt{\Delta h_{\text{случ}}^2 + \Delta h_{\text{приб}}^2} = \sqrt{0,053^2 + \left(\frac{0,05}{2}\right)^2} = 0,059 \text{ мм}$$

$$\Delta d = \sqrt{\Delta d_{\text{случ}}^2 + \Delta d_{\text{приб}}^2} = \sqrt{0,014^2 + \left(\frac{0,01}{2}\right)^2} = 0,015 \text{ мм}$$

$$\Delta m = \frac{m_0}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ мГ} = 0,005 \text{ г}$$

5 Вычислим абсолютную и относительную погрешности косвенного измерения плотности:

$$\Delta\rho = \bar{\rho} \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\bar{m}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\bar{h}}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{\bar{d}}\right)^2} = 7690 \sqrt{\left(\frac{5 \cdot 10^{-3}}{28,17}\right)^2 + \left(\frac{0,059}{12,24}\right)^2 + 4\left(\frac{0,015}{19,524}\right)^2} = 38,7 \text{ кг/м}^3$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \cdot 100\% = \frac{38,7}{7690} \cdot 100\% = 0,5\%$$

6. Запишем окончательные результаты в стандартном виде:

$$h = (12,24 \pm 0,06) \text{ мм}$$

$$d = (19,52 \pm 0,02) \text{ мм}$$

$$m = (28,170 \pm 0,005) \text{ г}$$

$$\rho = (7690 \pm 39) \text{ кг/м}^3$$

или

$$\rho = (7,69 \pm 0,39) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Защита работы*(ответы представить в письменном виде)*

1. Плотность однородного тела – скалярная физическая величина, характеристика вещества, численно равная массе единицы объема:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Единица измерения плотности в СИ – кг/м³.

2. Плотность твердого тела зависит от природы материала, из которого изготовлено тело, а также от температуры тела.

3. Прямые измерения – это измерения, при которых измеряемая величина определяется непосредственно при помощи измерительного прибора. Косвенные измерения – это измерения, при которых измеряемая величина рассчитывается по результатам прямых измерений.

4. Доверительный интервал – это интервал значений измеряемой величины, в котором с доверительной вероятностью α находится ее истинное значение.

Доверительный интервал прямых измерений определяется следующим образом:

- 1) величина измеряется несколько раз;
- 2) находится среднее значение полученных значений;
- 3) вычисляется случайная составляющая абсолютной погрешности измерений по формуле $\Delta x_{\text{случ}} = t_{\alpha, n} \cdot S_{\bar{x}}$, где

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

С учетом приборной погрешности полная ошибка измерений:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{случ}}^2 + \Delta x_{\text{приб}}^2},$$

где $\Delta x_{\text{случ}}$ – случайная ошибка; $\Delta x_{\text{приб}}$ – приборная ошибка. Обычно за приборную ошибку принимают половину цены деления прибора δ : $\Delta x_{\text{приб}} = \frac{\delta}{2}$. Если измерение проводилось только один раз, то $\Delta x = \Delta x_{\text{приб}}$.

5. Наибольший вклад в ошибку вносит измерение высоты штангенциркулем.

6. Найденное значение плотности равно

$$\rho = (7690 \pm 39) \text{ кг/м}^3$$

Вывод: Сравнивая полученное значение плотности образца с табличными, определяем, что оно соответствует стали. Табличное значение плотности стали находится в интервале $\rho_{\text{ст}} = 7700 \div 7900 \text{ кг/м}^3$.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.Ф., Лумпиева Т.П. Курс физики в 2-х томах. Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. – Донецк, 2009. – 232 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/27383>

2. Волков А.Ф., Лумпиева Т.П. Курс физики в 2-х томах. Т.2. Колебания и волны. Волновая и квантовая оптика. Элементы квантовой механики. Основы физики твердого тела. Элементы физики атомного ядра. – Донецк, 2009. – 222 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/27384>

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Физика» для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений. Изложение материала ведется без громоздких математических выкладок. Основной акцент делается на физическую суть явлений и описывающих их явлений. В пособие включены таблицы, обобщающие знания, приведены тесты для контроля знаний по разделам курса. Отдельно выделен тезаурус знаний по каждой теме и разъяснения по терминологическим трудностям.

3. Волков О.Ф., Лумпиева Т.П. Курс физики: У 2-х т. Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм: Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 224 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/2397>

4. Волков О.Ф., Лумпиева Т.П. Курс физики: У 2-х т. Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра: Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/2514>

5. Лумпиева Т.П. Практикум з фізики. Розв'язання задач. Частина 1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм: навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Т.П. Лумпиева, Н.М. Русакова, О.Ф. Волков – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2014. – 248 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/27382>

6. Лумпиева Т.П. Практикум з фізики. Розв'язання задач. Частина 2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра: навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Т.П. Лумпиева, Н.М. Русакова, О.Ф. Волков – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2015. – 227 с.

Имеется в библиотеке университета на бумажном носителе.

На электронном носителе:

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/28765>

7. Волков А.Ф., Лумпиева Т.П. Лабораторный практикум по физике. Учебное пособие для студентов инженерно-технических специальностей высших учебных заведений.– Донецк: ДонНТУ, 2010. – 453 с.

Пособие содержит введение в физический практикум, инструкции по выполнению лабораторных работ. Содержание лабораторных работ соответствует программе курса «Физика» для инженерно-технических специальностей вузов. К каждой лабораторной работе составлены блоки вопросов и заданий для подготовки к ней и сдачи отчета. Работы снабжены бланками протоколов для записи результатов измерений. Приведены справочные материалы. Приведен образец оформления отчета по лабораторной работе.

Имеется в библиотеке университета на электронном носителе.

Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/2587>

Пособие также размещено на сайте «Физика».

Режим доступа: http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/fisik/index.html

8. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1985. – 384 с.

Книга представляет собой систематический сборник задач и упражнений по курсу физики. Каждый раздел начинается с легких задач и заканчивается более трудными. Наиболее типичные задачи решены подробно с методическими указаниями. Для однотипных задач даны только ответы.

Задачник предназначен для студентов технических учебных заведений с обычной программой по физике. Может быть использован студентами других вузов.

Имеется в библиотеке университета.

9. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса физики во вузах. Книга содержит основы классической и современной физики. Значительное внимание уделено специальной теории относительности, классической и квантовой статистикам, квантовой теории твердого тела и современным представлениям об элементарных частицах, а также выявлению органической взаимосвязи и преемственности современной и классической физики.

Для студентов высших технических академий, институтов и университетов.

Имеется в библиотеке университета.

10. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. – 542 с.

Книга состоит из семи частей. В первой части дано систематическое изложение физических основ классической механики, а также рассмотрены элементы специальной теории относительности. Вторая часть посвящена основам молекулярной физики и термодинамики. В третьей части изучаются электростатика, постоянный электрический ток и электромагнетизм. В четвертой части, посвященной изложению теории колебаний и волн, механические и электромагнитные колебания рассматриваются параллельно,

указываются их сходство и различие и сравниваются физические процессы, происходящие при соответствующих колебаниях. В пятой части рассмотрены элементы геометрической и электронной оптики, волновая оптика и квантовая природа излучения. Шестая часть посвящена элементам квантовой физики атомов, молекул и твердых тел. В седьмой части излагаются элементы физики атомного ядра и элементарных частиц.

Учебное пособие предназначено для студентов высших технических учебных заведений дневной формы обучения с ограниченным числом часов по физике, с возможностью его использования на вечерней и заочной формах обучения.

Имеется в библиотеке университета.

11. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1981. – 496 с.

Задачник составлен в соответствии с программой по курсу физики для высших технических учебных заведений. По каждому разделу программы приводится достаточное количество задач, трудность которых возрастает с увеличением порядкового номера. В начале каждого параграфа приводятся основные законы и формулы, необходимые для решения задач; даны примеры решения типовых задач с подробными объяснениями. Это пособие окажет помощь в процессе самостоятельной работы.

Имеется в библиотеке университета.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
1	H 1 1,0079 Водород												He 2 4,0026 Гелий
2	Li 3 6,941 Литий	Be 4 9,012 Бериллий	B 5 10,811 Бор	C 6 12,011 Углерод	N 7 14,0067 Азот	O 8 15,999 Кислород	F 9 18,998 Фтор						Ne 10 20,179 Неон
3	Na 11 22,990 Натрий	Mg 12 24,305 Магний	Al 13 26,982 Алюминий	Si 14 28,086 Кремний	P 15 30,974 Фосфор	S 16 32,066 Сера	Cl 17 35,453 Хлор						Ar 18 39,948 Аргон
4	K 19 39,098 Калий	Ca 20 40,078 Кальций	21 Sc 44,956 Скандий	22 Ti 47,88 Титан	23 V 50,942 Ванадий	24 Cr 51,996 Хром	25 Mn 54,938 Марганец	26 Fe 55,847 Железо	27 Co 58,933 Кобальт	28 Ni 58,69 Никель			
	29 Cu 63,546 Медь	30 Zn 65,39 Цинк	31 Ga 69,723 Галлий	32 Ge 72,59 Германий	33 As 74,922 Мышьяк	34 Se 78,96 Селен	35 Br 79,904 Бром						Kr 36 83,80 Криптон
5	Rb 37 85,468 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	39 Y 88,906 Иттрий	40 Zr 91,224 Цирконий	41 Nb 92,906 Ниобий	42 Mo 95,94 Молибден	43 Tc [99] Технеций	44 Ru 101,07 Рутений	45 Rh 102,905 Родий	46 Pd 106,42 Палладий			
	47 Ag 107,868 Серебро	48 Cd 112,41 Кадмий	49 In 114,82 Индий	50 Sn 118,71 Олово	51 Sb 121,75 Сурьма	52 Te 127,60 Теллур	53 I 126,904 Йод						Xe 54 131,29 Ксенон
6	Cs 55 132,91 Цезий	Ba 56 137,33 Барий	57 La* 138,905 Лантан	72 Hf 178,49 Гафний	73 Ta 180,948 Тантал	74 W 183,85 Вольфрам	75 Re 186,207 Рений	76 Os 190,20 Осмий	77 Ir 192,22 Иридий	78 Pt 195,08 Платина			
	79 Au 196,967 Золото	80 Hg 200,59 Ртуть	81 Tl 204,38 Таллий	82 Pb 207,20 Свинец	83 Bi 208,98 Висмут	84 Po [209] Полоний	85 At [210] Астат						Rn 86 [222] Радон
7	Fr 87 [223] Франций	Ra 88 226,025 Радий	89 Ac** [227] Актиний	104 Rf [261] Резерфордий	105 Db [262] Дубний	106 Sg [263] Сиборгий	107 Bh [262] Борий	108 Hs [265] Хассий	109 Mt [266] Мейтнерий	110 Uun [272] Унунний			

*Лантано-иды	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,93 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Итербий	71 Lu 174,967 Лютеций
**Актиноиды	90 Th 232,04 Торий	91 Pa 231,036 Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np 237,048 Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [258] Менделеевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [260] Лоуренсий

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Методическое пособие
для самостоятельной работы по курсу физики.
Индивидуальные домашние задания

Составители:

Волков Александр Фёдорович, профессор
Лумпиева Таисия Петровна, доцент