МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

краевое государственное бюджетное профессиональное

образовательное учреждение «Красноярский строительный техникум»

Методическое пособие для проведения

лабораторных работ

для студентов 1 курса

дисциплина«Физика»

Разработчики: Веревкина Г.А., Шахура И.Е., Гончарова Е.А.

Рассмотрена на заседании П(Ц)К информатики,

математики и естественных дисциплин

Дата Протокол №

Красноярск, 2015

## Пояснительная записка

Данное методическое пособие для проведения лабораторных работ предназначено для лабораторных занятий студентов 1 и 2 курсов технологического, архитектурно-технического и строительного отделений Красноярского строительного техникума по дисциплине «Физика». Эта методическая разработка необходима для использования студентами и преподавателями в качестве указаний, необходимых для проведения лабораторных работ.

Методическое пособие содержит:

- краткие теоретические сведения к каждой лабораторной работе;

- основные понятия, формулы и законы;

- указания к проведению лабораторных работ;

- контрольные вопросы к каждой лабораторной работе;

- задачи для самостоятельного решения.

В нем собраны лабораторные работы по темам: изучение зависимости периода и частоты свободных колебаний нитяного маятника от его длины, определение относительной влажности воздуха, определение коэффициента расширения твердых тел, определение поверхностного натяжения жидкости, определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока, правила последовательного соединения резисторов, правила параллельного соединения резисторов, измерение температуры нити лампы накаливания, определение показателя преломления стекла, получение изображения предметов в тонкой линзе.

## Рецензия

Данное методическое пособие для проведения лабораторных работ, разработчиками которого являются Веревкина Г.А., Шахура И.Е., Гончарова Е.А., рекомендуется для практического использования студентами Красноярского строительного техникума. Краткое изложение теоретического материала, основных формул для каждой лабораторной работы, а также контрольные вопросы очень важны для закрепления материала, пройденного на аудиторных занятиях.

Преподаватель

I квалификационной категории

Красноярского строительного техникума

/Розенкевич Н.Р./

## Рецензия

Данное методическое пособие включает в себя десять лабораторных работ по основным разделам дисциплины "Физика" в рамках программы этой дисциплины для студентов первого и второго курсов средних специальных учебных заведений технического профиля. Описание каждой работы предваряется кратким изложением соответствующих сведений из лекционного курса, что способствует закреплению этого материала и осознанному выполнению лабораторной работы. Порядок выполнения всех работ изложен последовательно и ясно. В каждой работе приведены необходимые расчётные формулы, а также шаблоны таблиц для записи результатов, получаемых в процессе измерений. Контрольные вопросы приведены в каждой лабораторной работе и способствуют закреплению полученных знаний. Ряд лабораторных работ содержит также задачи, решение которых важно для понимания физических явлений, лежащих в основе наблюдаемого поведения объектов, изучаемых в этих лабораторных работах.

Данное методическое пособие содержит все необходимое для успешного проведения лабораторных работ и закрепления знаний по дисциплине «Физика» студентами 1 и 2 курсов Красноярского строительного техникума, чтоявляется необходимым для подготовки студентов к экзамену по предмету «Физика», а также успешной трудовой деятельности по окончании обучения. Материал изложен в доступной форме; качественные и количественные задачи, отобранные для включения в пособие, весьма интересны. Следует рекомендовать данное пособие в качестве учебного пособия для выполнения лабораторных работ студентами Красноярского строительного техникума.

С.н.с. Института Физики им. Л. В. Киренского, к.ф.-м.н.

/Александровский А. С./

## Лабораторная работа № 1

Измерение влажности воздуха

Количество водяных паров в воздухе характеризуется его абсолютной влажностью – величиной, показывающей, какая масса паров воды находится в 1 м3 воздуха.

Степень насыщения воздуха паром характеризуется относительной влажностью – величиной, равной отношению абсолютной влажности к максимально возможному количеству водяного пара в 1 м3 при данной температуре. Относительная влажность выражается в процентах.

Точка росы - температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным.

Цель работы:научиться пользоваться психрометром, психрометрической таблицей, определять точку росы.

Оборудование:психрометр, таблицы для определения влажности и плотности насыщенных паров в зависимости от температуры.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 1 в тетрадь.
2. Определить по психрометру температуры сухого (*tc*) и влажного (*tв*) термометров и разность этих температур (*Δt*).
3. По соответствующим таблицам найти относительную влажность воздуха*(φ*) и плотность насыщенных паров (*ρн*) при температуре *tc*.
4. Определить абсолютную влажность (*ρа*).
5. Зная объем помещения (*V*), определить массу водяных паров (*m*).
6. По соответствующей таблице определить точку росы (*tр*).
7. Заполнить таблицу 1 и сделать вывод.

Формулы для расчетов:

Δt=tc-tв

ρa=ρн·φ/100

m=ρa·V

Таблица 1. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *tc*, С | *tв*, С | *Δt*, С | *φ*, % | *ρн*, кг/ м3 | *ρа*, кг/ м3 | *V*, м3 | *m*, кг |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Что называют относительной влажностью воздуха?
2. Что называют абсолютной влажностью воздуха?
3. Чем отличается пар от газа?

## Лабораторнаяработа № 2

Определение коэффициента расширения твердых тел

Коэффициент линейного расширения – физическая величина, характеризующая относительное изменение линейных размеров тела [с увеличением температуры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%88%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) на 1[К](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B8%D0%BD" \o "Кельвин) при постоянном давлении.

Цель работы: научиться вычислять коэффициент линейного расширения твердых тел.

Оборудование: прибор для определения коэффициента расширения твердых тел, линейка, термометр,стержни из алюминия, стекла и стали.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 2 в тетрадь.
2. Измерить первоначальную длину первого стержня *l0*, результат занести в таблицу 2.
3. Измерить первоначальную температуру стержня t1, результат занести в таблицу 2.
4. Налить в пробирку воды, поставить ее в нагреватель, установить индикатор на конец стержня.
5. Установить стрелку индикатора на ноль.
6. Прибор включить в сеть.
7. Измерить удлинение стержня Δl в момент закипания воды, измерить конечную температуру стержня t2, результаты измерений занести в таблицу 2.
8. Повторить пункты 2 – 7 для оставшихся стержней.
9. Выполнить вычисления по формулам:

Коэффициент линейного расширения ,

Погрешность*.*

1. Результаты вычислений занести в таблицу 2.
2. Сделать выводы.

Таблица 2. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | l0, м | t1, °С | t2, °С | Δt, °С | Δl, м | α, °С-1 | αТ, °С-1 | δ, % |
| Алюминий |  |  |  |  |  |  | 2,3·10-5 |  |
| Сталь |  |  |  |  |  |  | 1,2·10-5 |  |
| Стекло |  |  |  |  |  |  | 0,9·10-5 |  |

\* αТ – табличное значение коэффициента линейного расширения.

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение деформации твердого тела.
2. Какие деформации называют упругими? Пластическими? Приведите примеры.
3. Почему при увеличении температуры длина стержня увеличивается?

## Лабораторнаяработа № 3

Определение ЭДС и внутреннего сопротивления

источника тока

Цель работы:определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Оборудование:источник электрической энергии, амперметр, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 3 в тетрадь.
2. Собрать цепь согласно схеме на рисунке 1.
3. При разомкнутом ключе ЭДС (ε) источника тока равна напряжению на внешней цепи. Записать показания вольтметра при разомкнутом ключе в таблицу3.
4. Цепь замкнуть и измерить напряжение и силу тока в цепи при различных положениях ползунка реостата. Выполнить три опыта.
5. Результаты измерений записать в таблицу 3.
6. Рассчитать внутреннее сопротивление источника по формуле:
7. Найти среднее значение r в трех опытах по формуле:

где r1,r2,r3сопротивление источника, найденное в 1-м, 2-м и 3-м опытах соответственно.

1. Сделать выводы. Решить задачи.

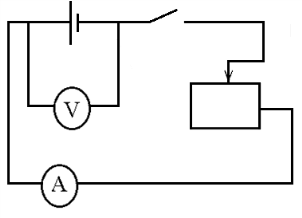


Рисунок 1. Схема электрической цепи

Таблица 3. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *I*, A | *U*, B | *ε*, B | *r*, Ом | *rср*, Ом |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

Задачи для самостоятельного решения.

1. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на замках источника.
2. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенному к элементу с ЭДС 1,1 В сила тока равна 0,5 А. Какова сила тока короткого замыкания?

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте закон Ома для полной цепи. Запишите формулу.
2. Сформулируйте закон Ома для участка цепи. Запишите формулу.
3. Что такое ЭДС источника? В каких единицах измеряется?

## Лабораторная работа № 4

Правила последовательного соединения резисторов

Цель работы:проверить правила последовательного соединения резисторов.

Оборудование:источник электрической энергии, амперметр, вольтметры, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

Ход работы:

1. Перечертить таблицу 4 в тетрадь.
2. Собрать цепь согласно схеме на рисунке2.
3. Цепь замкнуть и измерить напряжение на отдельных резисторах.
4. Измерить напряжение на обоих концах резисторов.
5. Измерить силу тока в цепи.
6. Изменить положение ползунка реостата и выполнить пункты 3-5 снова (еще 2 опыта).
7. Результаты измерений записать в таблицу 4.
8. Пользуясь законом Ома, найти сопротивления каждого из резисторов.
9. Рассчитать общее сопротивление двух резисторов двумя способами: 1) пользуясь законом Ома и 2) пользуясь правилами последовательного соединения.
10. Заполнить таблицу 4 и сделать выводы о:

силе тока в цепи,

напряжении на участках цепи и общем напряжении,

сопротивлении на участках цепи и общем сопротивлении цепи.

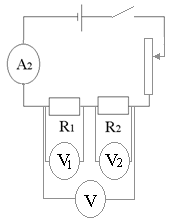


Рисунок 2. Схема электрической цепи

Таблица 4. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *U1*, В | *U2*, В | *U*, В | *I,* А | *R*1, Ом | *R*2, Ом | *R=U/I*, Ом | *R0=R1+R2*, Ом |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какое соединение проводников называют последовательным?
2. Дайте определение силы тока, напряжения, электрического сопротивления проводника.
3. Как найти общее сопротивление, напряжение и силу тока при последовательном соединении проводников?

## Лабораторная работа № 5

Правила параллельного соединения резисторов

Цель работы: проверить правила параллельного соединения резисторов.

Оборудование: источник электрической энергии, резисторы, амперметры, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 5 в тетрадь.
2. Собрать цепь согласно схеме на рисунке3.
3. Цепь замкнуть и измерить напряжение на отдельных резисторах.
4. Измерить силу тока на каждом участке и на участке до разветвления.
5. Изменить положение ползунка реостата и выполнить измерения согласно пунктам 3-4 еще два раза.
6. Результаты измерений всех 3 опытов записать в таблицу 5.
7. Выполнить необходимые расчеты.
8. Сделать выводы о:

Силе тока в цепи,

Напряжении на участке цепи и общем напряжении,

Сопротивлении на участках цепи и общем сопротивлении.

1. Решить задачу:

Какое сопротивление можно получить, имея 5 резисторов по 1 Ом каждый, если соединять их смешанно? Начертить схему и рассчитать ее.

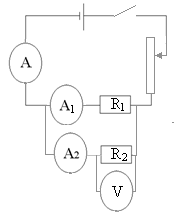


Рисунок 3. Схема электрической цепи

Таблица 5. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *I1*, A | *I2*, A | *I*, A | *U*, B | *R1=U/I1*, Ом | *R2=U/I2*, Ом | *R=U/I*, Ом | *1/R0=1/R1+1/R2*, Ом-1 | *R0=(1/R0)-*1, Ом |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какое соединение проводников называют параллельным?
2. Как найти общее сопротивление, напряжение и силу тока при параллельном соединении проводников?
3. Какую гидродинамическую аналогию можно использовать для моделирования последовательного и параллельного соединения проводников?

## Лабораторная работа № 6

Определение температуры нити лампы накаливания

**Цель работы:**научиться определять температуру нити лампынакаливания.

Оборудование:лампа накаливания, источник электрической энергии, амперметр, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 6 в тетрадь.
2. Собрать цепь согласно схеме на рисунке4.
3. Цепь замкнуть, установить максимальное сопротивление реостата, измерить напряжение и силу тока в цепи.
4. Вычислить сопротивление лампы. Эта величина будет приниматься за сопротивление нити накала при нулевой температуре *R0.*
5. Меняя положения ползунка реостата, получить такое сопротивление, при котором ток в цепи вызовет свечение нити лампы.Измерить напряжение и силу тока в цепи.
6. Определить сопротивление нити накала *R*.
7. Определить температуру нити лампы по формуле:

*α* – температурный коэффициент, для вольфрама *α=0,0045 °С-1.*

1. Повторить измерения, уменьшая сопротивление ползункового реостата. Сделайте еще 4 опыта.
2. Вычислить мощность Р, потребляемую лампой накаливания каждом опыте.
3. Заполнить таблицу 6 и сделать выводы.

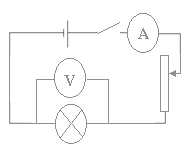


Рисунок 4. Схема электрической цепи

Таблица 6. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *I*, A | *U*, B | *R=U/I*, Ом | *t, °С* | *P=I·U*, Bт |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какой прибор служит для определения силы тока в цепи?
2. Какой прибор служит для определения напряжения в цепи?
3. Что такое мощность?

**Лабораторная работа № 7**

**Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити**

**Цель работы:**

1. Выяснить, как зависит период свободных колебаний от длины нитяного маятника.
2. Лабораторным путем вычислить ускорение свободного падения.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, грузик на нити, мерная лента, секундомер.

**Ход работы:**

1. Перечертить таблицу 7 в тетрадь.
2. Подготовить установку к работе.
3. Установить длину нити (*l*), измерить ее и записать значение в таблицу.
4. Отклонить шарик амплитудой не более 30 см и отпустить его.
5. Подсчитать число полных колебаний (*n*) за выбранный произвольно промежуток времени (*t*), записать данные в таблицу 7.
6. Проделать 3 опыта с разной длиной нити.
7. Определить период (*T*) и частоту (*ν*) колебаний маятника по формулам: *T=t/n*, *ν=n/t.*
8. Вычислить ускорение свободного падения по формуле:
9. Определить погрешность (δ) по формуле:

где *g*ср – среднее арифметическое значений g, полученных в трех опытах.

1. Полученные данные записать в таблицу 7.
2. Сделать выводы.

Таблица 7. Результаты измерений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *l*, м | *t*, с | *n* | *T*, с | *ν*, Гц | *g*, м/с2 | *g*cp, м/с2 | δ, % |
| 1 | 0,25 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 0,5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какое движение называют периодическим? Что такое период движения?
2. Какие колебания называют вынужденными? Свободными? Приведите примеры.
3. Что называют физическим маятником?

## Лабораторная работа № 8

Определение показателя преломления стекла

Преломление света на границе раздела двух прозрачных сред описывается законом Снеллиуса:

*n1sinα=n2sinβ*,

где *n1* – показатель преломления среды, из которой свет падает на границу раздела,

*α* – угол падения света,

*n2* – показатель преломления среды, в которую свет попадает,

*β* – уголпреломления света.

Для воздуха показатель преломления равен 1.

Цель работы:пронаблюдать преломление света, доказать независимость показателя преломления света от угла падения.

Оборудование:стеклянная пластина с параллельными гранями, транспортир, линейка.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 8 в тетрадь.
2. На лист бумаги положить стеклянную пластину, обвести ее параллельные грани, убрать призму.
3. Произвольно начертить линию, соответствующую лучу света, падающему на верхнюю грань пластины.
4. Положить призму на прежнее место, начертить продолжение светового луча, выходящее через нижнюю грань пластины.
5. Убрать пластину, восстановить ход преломленного луча.
6. Измерить транспортиром угол падения светового луча.
7. Измерить транспортиром угол преломления светового луча.
8. Повторить опыт еще 2 раза для разных углов падения луча.
9. Заполнить таблицу 8, выполнив расчеты по формулам:

где *n*ср – среднее значение коэффициента преломления,

*n*т– табличное значение коэффициента преломления,

δ - погрешность выполнения работы.

1. Сделать выводы.

Таблица 8. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *α* | *β* | *sinα* | *sinβ* | *n* | *nср* | *n*т | *δ*, % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение угла падения волны и угла ее отражения.
2. Какое физическое явление называют преломлением света? Сформулируйте закон преломления света.
3. Какую физическую величину называют абсолютным показателем преломления? Какую величину называют относительным показателем преломления?

## Лабораторная работа № 9

Получение изображения предметов в тонкой линзе

Цель работы:исследовать зависимость вида изображения от расстояния между предметоми линзой.

Оборудование:собирающая линза на подставке, источник света - лампа для карманного фонарика, белый экран, измерительная линейка.

Порядок выполнения работы:

1. Перечертить таблицу 9 в тетрадь.
2. Поместить линзу между источником света и экраном. Передвигать линзу, пока на экране не будет получено четкое изображение светящегося пятна.
3. Измерить расстояния: d – от источника света до линзы (мм) и f – от линзы до экрана (мм).
4. Повторить опыт от трех до пяти раз при неизменном значении d. Вычислить среднее значение расстояния от линзы до экрана fср.
5. Найти фокусное расстояние линзы F из формулы тонкой линзы:
6. Расположить источник света в фокусе линзы. Определить тип изображения источника на экране.
7. Расположить источник света между фокусом и двойным фокусом линзы. Определить тип изображения на экране.
8. Расположить источник света в двойном фокусе линзы. Определить тип изображения на экране.
9. Расположить источник света за двойным фокусом линзы. Определить тип изображения на экране.
10. Заполнить таблицу 9 и сделать вывод о том, как меняется изображение предмета в тонкой собирающей линзе при изменении расстояния от предмета до линзы.

Таблица 9. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *F,* мм | *d,* мм | Вид изображения |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение главного фокуса и фокусного расстояния линзы.
2. Какая величины называется оптической силой линзы? В каких единицах они измеряется?
3. В чем отличие собирающих и рассеивающих линз?

**Лабораторная работа № 10**

Определение поверхностного натяжения жидкости

**Цель работы:** научиться определять коэффициент поверхностного натяжения жидкости

**Оборудование:** стакан с водой, пипетка, весы, разновесы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Перечертить таблицу 10 в тетрадь.
2. Измерить диаметр пипетки.
3. Рассчитать дину окружности (*l*) пипетки по формуле *l*=dπ.
4. На свободную чашу весов накапать и взвесить:

1 опыт- 40 капель воды.

2 опыт - 60 капель воды.

3 опыт - 80 капель воды.

1. Определить массу 1 капли в каждом опыте по формуле: ,

где *i*- номер опыта, *moбщi* – масса всех капель воды в каждом опыте,

*mi* – масса одной капли воды в *i*-м опыте,

*ni* – число капель в опыте.

1. Определить вес одной капли в каждом опыте по формуле *Рi=g·mi*
2. Вычислить коэффициент поверхностного натяжения по формуле:
3. Найти среднее значение коэффициента поверхностного натяжения в трех опытах по формуле:
4. Вычислить погрешность для каждого опыта по формуле:
5. Результаты измерений записать в таблицу 10 и сделать выводы.

Таблица 10. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *moбщ*, кг | *n* | *m*, кг | *P*, Н | *σ*, Н/м | *σср*, Н/м | *δ*, % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое капилляры?
2. Что представляют собой капиллярные явления?
3. Приведите примеры жидкостей смачивающих твердое тело, несмачивающих твердое тело.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Измерение влажности воздуха 4

Лабораторная работа № 2. Определение коэффициента расширения твердых тел 5

Лабораторная работа № 3. Определение ЭДС и внутреннего сопротивленияисточника тока 6

Лабораторная работа № 4. Правила последовательного соединения резисторов 7

Лабораторная работа № 5. Правила параллельного соединения резисторов 8

Лабораторная работа № 6. Определение температуры нити лампы накаливания 10

Лабораторная работа № 7. Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити 11

Лабораторная работа № 8. Определение показателя преломления стекла 12

Лабораторная работа № 9.Получение изображения предметов в тонкой линзе 13

Лабораторная работа № 10. Определение поверхностного натяжения жидкости 15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 17

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касьянов В.А. Физика. 11 кл. Профильный уровень: учеб.для общеобразоват. учреждений / В.А. Касьянов. – Москва: Дрофа, 2011. – 448 с.
2. Касьянов В.А. Физика. 10 кл. Профильный уровень: учеб.для общеобразоват. учреждений / В.А. Касьянов. – Москва: Дрофа, 2013. – 428 с.
3. Мякишев Г.Я. Физика. 10 кл. Учебник для общеобразоват. учреждений. Базовый и профильный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – Москва: Просвещение, 2010. – 366 с.
4. Дмитриев В.Д. Физика. Учебное пособие для техникумов / Дмитриев В.Д. – Москва: Высш.шк., 2014г