

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Министерство образования и молодежной политики Свердловской области
МКУ "Управление образования муниципального округа Богданович"
Муниципальное общеобразовательное учреждение –
средняя общеобразовательная школа № 4

СОГЛАСОВАНО

Зам директора по УВР


Беляева Н.И.

Протокол № 1

от «20» августа 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

Директор МОУ - СОШ № 4



Михаленко Е.В.

Приказ № 00-115
от «20» августа 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебного курса по физике «Физический практикум»

для обучающихся 10-11 класса

Богданович 2025

Содержание.		стр.
1.	Пояснительная записка.	3
1.1.	Обоснование необходимости проведения физического практикума.	
1.2.	Цели и задачи физического практикума.	
1.3.	Особенности организации и проведения физического практикума.	
1.4.	Требования к уровню подготовки учащихся.	
1.5.	Условия реализации физического практикума.	
2.	Содержание физического практикума.	6
2.1.	Перечень работ физического практикума в 10 классе	7
2.2.	Перечень работ физического практикума в 11 классе	
3.	Критерии оценивания	40
4.	Перечень учебно-методического и дидактического сопровождения	41
5.	Перечень литературы для учителя	41
6.	Перечень литературы для учащегося.	42

Пояснительная записка

Обоснование необходимости проведения физического практикума.

Обучение физике нельзя представить только в виде теоретических занятий, даже если на них учащимся демонстрируются физические опыты. Чувственное восприятие изучаемых процессов и явлений невозможно без соответствующей практической работы собственными руками.

Физический практикум является неотъемлемой частью профильного курса физики в 10 классе.

Ясное и глубокое усвоение основных законов физики и ее методов невозможно без самостоятельных практических занятий.

В физической лаборатории учащиеся не только проверяют известные законы физики, но и обучаются работе с физическими приборами, овладевают навыками экспериментальной исследовательской деятельности, учатся грамотной обработке результатов измерений и критическому отношению к ним.

Физический практикум позволяет осуществить переход от репродуктивных форм учебной деятельности к самостоятельным, поисково-исследовательским видам работы, переносит акцент на аналитический компонент учебной деятельности учащихся.

1.2. Цели и задачи физического практикума.

Физический практикум в 10 – 11 классах с профильным изучением физики проводится **с целью:**

- повторения, углубления, расширения и обобщения полученных знаний из разных тем курса физики;
- развития и совершенствования у учащихся экспериментальных умений путем использования более сложного оборудования, более сложного эксперимента;
- формирования у них самостоятельности при решении задач, связанных с экспериментом.

Основными задачами, решение которых обеспечит достижение поставленной цели являются следующие:

- развитие у школьников умений описывать и обобщать результаты наблюдений;
- развитие умений использовать измерительные приборы для изучения физических явлений;
- развитие умений у учащихся представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости;
- применять полученные знания для объяснения принципов действия важнейших технических устройств;

- формирование коммуникативной культуры учащихся и развитие умений работы с различными типами информации.

1.3. Особенности организации и проведения физического практикума

Физический практикум связан по времени с изучаемым материалом, включает серию опытов по той или иной теме.

На каждую работу физического практикума отводится два учебных часа, поскольку работы практикума сложнее, чем фронтальные лабораторные работы. Выполняются они на более сложном оборудовании, причем доля самостоятельного участия учеников значительно больше, чем в случае фронтальных лабораторных работ.

В среднем за учебный год каждый учащийся класса с углубленным изучением физики должен выполнить 5 – 7 экспериментальных работ в соответствии с учебным планом.

К каждой работе учитель составляет инструкцию, которая должна содержать:

- название;
- цель;
- список приборов и оборудования;
- краткую теорию;
- описание неизвестных учащимся приборов;
- план выполнения работы.

Описание каждой экспериментальной работы начинается с теоретического введения.

В экспериментальной части каждой работы приводится описание экспериментальных установок и задания, регламентирующие последовательность работы учащихся при проведении измерений, образцы рабочих таблиц для записи результатов измерений и рекомендации по методам обработки и представления результатов.

В конце описаний предлагаются контрольные вопросы, ответы на которые учащиеся должны подготовить к защите работ.

Учащийся заранее готовится к выполнению каждой работы. Он должен изучить описание работы, знать теорию в объеме, указанном в описании, порядок выполнения работы.

Перед началом выполнения работы учащийся получает допуск к работе, при этом перечень вопросов, на которые учащийся должен ответить, следующий:

- цель работы;
- основные физические законы, изучаемые в работе;
- схема установки и принцип ее действия;
- измеряемые величины и расчетные формулы;
- порядок выполнения работы.

Учащиеся, допущенные к выполнению работы, обязаны следовать порядку выполнения строго в соответствии с описанием.

Работа в лаборатории заканчивается обработкой учащимся полученных экспериментальных данных, построением графиков и оформлением отчета.

А также учащийся должен ответить на все вопросы по теории в полном объеме программы, обосновать принятую методику измерений и обработки данных.

Выполнение работы на этом завершается, выставляется итоговая оценка за работу.

При оценке работы учащихся в практикуме следует учитывать их подготовку к работе, отчет о работе, уровень сформированности умений, понимание теоретического материала, используемых методов экспериментального исследования.

1.4. Требования к уровню подготовки учащихся

Проведение физического практикума должно способствовать формированию у учащихся следующих компетенций:

- владеть основными знаниями, обеспечивающими обоснованный выбор будущего профиля профессионального обучения;
- знать собственные индивидуальные особенности, природные задатки к приобретению различных знаний и умений и эффективно их использовать для достижения позитивных результатов в учебной деятельности;
- уметь описывать и обобщать результаты наблюдений;
- уметь использовать измерительные приборы для изучения физических явлений;
- представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости;
- применять полученные знания для объяснения принципов действия важнейших технических устройств;
- уметь планировать своё ближайшее будущее, ставить обоснованные цели саморазвития, проявлять волю и терпение в преодолении собственных недостатков во всех видах деятельности;
- уметь соотносить свои индивидуальные возможности с требованиями социального окружения;
- владеть основными навыками самообразования и активно реализовывать их при освоении требований региона, страны, мира;
- уметь реализовывать в повседневной жизни полученные знания и навыки;
- понимать роль коллектива сверстников в становлении индивидуальной позиции личности.

1.5. Условия реализации физического практикума

Для качественного проведения физического практикума созданы благоприятные условия. Все учащиеся обеспечены учебной литературой, справочниками, электронными образовательными ресурсами.

Преподавание осуществляется в кабинете физики, который соответствует требованиям Сан ПиН 2.4.2.1178-02.

Оборудование кабинета физики полностью удовлетворяет требованиям, которые позволяют реализовать идею личностно – ориентированного подхода к обучению.

Материально-техническая база кабинета соответствует требованиям к оснащению образовательного процесса в соответствии с содержательным наполнением учебных предметов федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования, что позволяет реализовать программу физического практикума по физике в полном объеме.

2. Содержание курса

2.1. Содержание работ физического практикума в 10 классе с углубленным изучением физики.

1. Измерение скорости неравномерного движения
2. Исследование зависимости скорости равноускоренного движения от времени
3. Измерение ускорения движения тела
4. Измерение массы тела методом гидростатического взвешивания.
5. Исследование движения тела под действием нескольких сил
6. Изучение равновесия тел под действием нескольких сил
7. Сравнение удельных теплоемкостей различных веществ
8. Исследование изотермического процесса
9. Исследование изобарного процесса
10. Наблюдение образования кристаллов
11. Измерение удельной теплоты плавления льда.
12. Наблюдение плавления аморфного тела.
13. Наблюдение химического действия электрического тока. Сборка гальванического элемента и его испытание.
14. Определение температурного коэффициента электрического сопротивления металла.
15. Изучение электродвигателя постоянного тока. Измерение КПД электродвигателя.
16. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока графическим методом
17. Измерение удельного сопротивления проводника

18. Действие плавкого предохранителя
19. Определение заряда электрона

2.2. Содержание работ физического практикума в 11 классе с углубленным изучением физики

1. Зависимость сопротивления полупроводника от температуры
2. Зависимость сопротивления полупроводника от освещенности
3. Односторонняя проводимость полупроводникового диода
4. Изучение светодиода
5. Устройство транзистора
6. Действие фотореле
7. Действие термореле
8. Наблюдение действия магнитного поля на ток. Изучение явления электромагнитной индукции
9. Сборка модели зеркального перископа
10. Сборка модели проекционного аппарата
11. Сборка модели микроскопа
12. Сборка модели трубы Кеплера, трубы Галилея
13. Определение скорости света в различных веществах с помощью сферических линз.
14. Сложение спектральных цветов
15. Поглощение света в веществе
16. Поляризация света
17. Наблюдение распределения напряжений в прозрачном пластике
18. Вращение плоскости поляризации в растворе сахара
19. Интерференция света в схемах с бипризмой Френеля, с зеркалом Ллойда
20. Дифракция монохроматического света на двумерной структуре.

Тематическое планирование элективного курса «Физический эксперимент» 10 класс

№	Тема занятия
1	Вводный инструктаж по Т.Б. Как определять погрешности измерений
2	Класс точности электроизмерительных приборов
3	Как сравнивать и записывать результат измерений
4	Измерение скорости неравномерного движения
5	Исследование зависимости скорости равноускоренного движения от времени
6	Измерение ускорения движения тела
7	Измерение массы тела методом гидростатического взвешивания.
8	Исследование движения тела под действием нескольких сил
9	Изучение равновесия тел под действием нескольких сил

10	Сравнение удельных теплоемкостей различных веществ
11	Исследование изотермического процесса
12	Исследование изобарного процесса
13	Наблюдение образования кристаллов
14	Измерение удельной теплоты плавления льда.
15	Наблюдение плавления аморфного тела.
16	Наблюдение химического действия электрического тока. Сборка гальванического элемента и его испытание.
17	Наблюдение химического действия электрического тока. Сборка гальванического элемента и его испытание.
18	Определение температурного коэффициента электрического сопротивления металла.
19	Изучение электродвигателя постоянного тока. Измерение КПД электродвигателя.
20	Изучение электродвигателя постоянного тока. Измерение КПД электродвигателя.
21	Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока графическим методом
22	Измерение удельного сопротивления проводника
23	Действие плавкого предохранителя
24	Определение заряда электрона
25	Работа над проектом
26	Работа над проектом
27	Работа над проектом
28	Работа над проектом
29	Работа над проектом
30	Работа над проектом
31	Защита проекта
32	Защита проекта
33	Защита проекта
34	Защита проекта

Всего 34 ч

**Тематическое планирование элективного курса
«Физический практикум» 11 класс**

№	Тема занятия	Дата по плану	Дата по факту
1	Вводный инструктаж по Т.Б. Как определять погрешности измерений		
2	Класс точности электроизмерительных приборов		
3	Как сравнивать и записывать результат измерений		
4	Зависимость сопротивления полупроводника от температуры		
5	Зависимость сопротивления полупроводника от освещенности		
6	Односторонняя проводимость полупроводникового диода		
7	Изучение светодиода		
8	Устройство транзистора		
9	Действие фотореле		
10	Действие термореле		
11	Наблюдение действия магнитного поля на ток. Изучение явления электромагнитной индукции		
12	Сборка модели зеркального перископа		
13	Сборка модели проекционного аппарата		
14	Сборка модели микроскопа		
15	Сборка модели трубы Кеплера, трубы Галилея		
16	Определение скорости света в различных веществах с помощью сферических линз.		
17	Сложение спектральных цветов		
18	Поглощение света в веществе		
19	Поляризация света		
20	Наблюдение распределения напряжений в прозрачном пластике		
21	Вращение плоскости поляризации в растворе сахара		
22	Интерференция света в схемах с бипризмой Френеля, с зеркалом Ллойда		
23	Дифракция монохроматического света на двумерной структуре.		
24	Работа над проектом		
25	Работа над проектом		
26	Работа над проектом		
27	Работа над проектом		
28	Работа над проектом		
29	Работа над проектом		
30	Работа над проектом		
31	Защита проекта		
32	Защита проекта		
33	Защита проекта		
34	Защита проекта		

Всего: 34 ч

Приложение 1. Перечень работ физического практикума. 10-11 классы.

Практическая работа № 1 Измерение скорости неравномерного движения

Оборудование: • прибор для изучения прямолинейного движения • штатив.

Цель работы: определить значение скорости тела, двигающегося прямолинейно и равноускоренно, в заданной точке его траектории.

Измерение проводят двумя способами.

В первом способе используется зависимость скорости равноускоренного движения от времени: $V = V_0 + a t$ (1). Если движение начинается из состояния покоя, то есть $V_0 = 0$, то $V = a t$ (2), где a - ускорение, а t - время движения. Для равноускоренного движения без начальной скорости

справедливо соотношение $s =$, откуда $a =$ (3). После

подстановки в формулу (2) получают: и окончательно, сокращая на время,:

$$V = \text{} \quad (4).$$

Итак, чтобы определить этим способом скорость тела в данной точке траектории, достаточно измерить его перемещение из начального пункта до

этой точки и время движения. Нужно помнить, что этим способом можно воспользоваться, когда тело движется из состояния покоя и с неизменным ускорением.

Второй способ основан на определении мгновенной скорости. Мгновенной скоростью называют скорость, которую имеет тело в данной точке траектории. Определяют ее по отношению достаточно малого перемещения, совершенного при движении через эту точку, к интервалу времени, за которое перемещение совершилось. Фактически так измеряют среднюю скорость движения вблизи выбранной точки траектории. Поэтому, если скорость непрерывно меняется, точность этого способа будет зависеть от того, насколько малый временной интервал удастся замерить. Объясняется это тем, что чем меньше время движения, тем меньше успеет измениться его скорость, и, следовательно, точнее измеренное значение скорости будет соответствовать ее истинному значению.

Чтобы убедиться в этом, проводят несколько опытов, каждый раз уменьшая величину отрезка траектории, включающего выбранную точку, а, следовательно, и время движения на этом отрезке. Полученные в каждом опыте значения скорости сравнивают со значением скорости, определенным первым способом.

Работа выполняется в следующей последовательности.

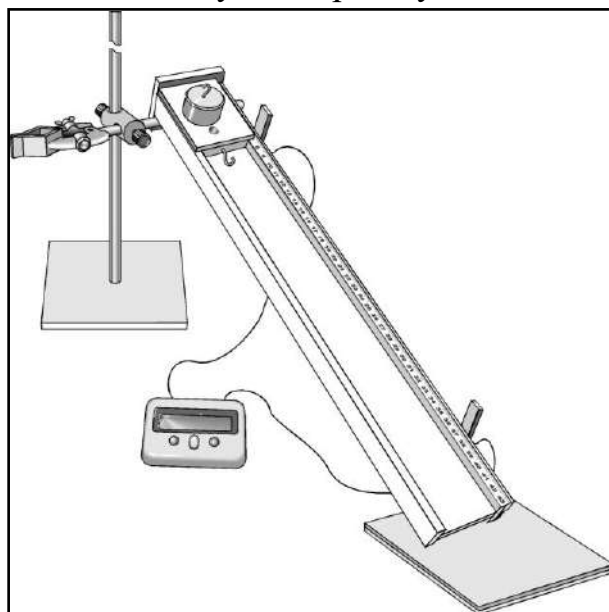
1. Собирают установку для определения скорости первым способом. Направляющую рейку прибора для изучения прямолинейного движения устанавливают наклонно с помощью штатива. Верхний край рейки должен располагаться на высоте 18-19 см от поверхности стола. Под нижний край рейки подкладывают пластиковый коврик. Удерживая каретку на направляющей рейке в крайнем верхнем положении, так, чтобы ее выступ с меткой был обращен в сторону датчиков, вблизи ее метки размещают первый датчик. Он должен быть установлен так, чтобы секундомер запускался, как только каретка начнет двигаться. Второй датчик устанавливают на расстоянии около 20 см от первого.

2. Измеряют расстояние между датчиками - S .

3. Производят 6-7 пусков каретки, всякий раз записывая показания секундомера.

4. Вычисляют среднее значение времени движения каретки между датчиками - t_{cp} .

5. Подставляя в формулу (4) значения S и t_{cp} , определяют скорость. Полученное значение соответствует



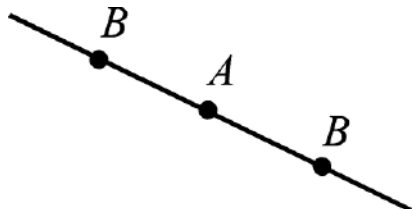
той скорости каретки, которую она имела в точке траектории, где установлен второй датчик.

Для измерения скорости вторым способом необходимо сделать следующее:

1. Заметить на направляющей рейке место, где располагался второй датчик (точка A на рисунке). Датчики располагают на удалении 15 см от этой точки по обе стороны от нее (точки B , $AB = 15$ см).

2. Измеряют и записывают расстояние между датчиками - S_{bb} .

3. Пускают каретку, как и в первом опыте, из крайнего верхнего положения на направляющей рейке и записывают показания секундомера. Производят еще 5-6 пусков, записывая каждый раз время движения между датчиками. Вычисляют среднее время движения - t_{cp}



4. По формуле $V =$ определяют скорость каретки в точке A .

5. Опыт повторяют для расстояний $AB = 10$ см, $AB = 5$ см и $AB = 2,5$ см.

6. Значения скорости, вычисленные по результатам каждого опыта, сравнивают с тем, которое измерено первым способом. Делают вывод о том, как влияет величина интервала времени, в течении которого наблюдают за движением тела, на совпадение значений мгновенной скорости, определенной вторым способом, с величиной скорости, которую определили первым способом, используя зависимость скорости равноускоренного движения от времени.

Практическая работа № 2

Тема: Исследование зависимости скорости равноускоренного движения от времени.

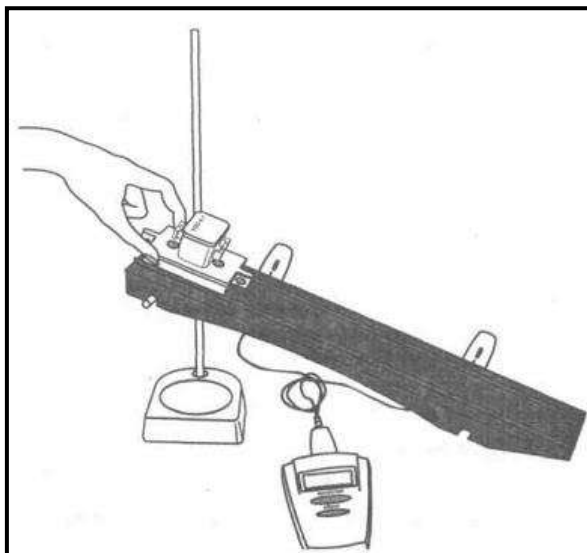
Цель работы: состоит в проверке утверждения о том, что скорость тела, движущегося равноускоренно по прямой, изменяется прямо пропорционально времени движения.

Оборудование:

- прибор для изучения прямолинейного движения;
- штатив с муфтой и перекладиной.

Указания к работе

Из определения ускорения следует, что скорость тела V , движущегося прямолинейно с постоянным ускорением, спустя некоторое время t после начала движения может быть определена из уравнения: $V =$



$V_0 + at$ (1). Если тело начало двигаться, не имея начальной скорости, то есть при $V_0 = 0$, это уравнение становится более простым: $V = at$ (2). Отсюда следует, что тело, двигаясь из состояния покоя с постоянным ускорением a , спустя время t_1 с момента начала движения, будет иметь скорость $V_1 = at_1$ спустя время t_2 его скорость будет $V_2 = at_2$, спустя время t_3 - скорость $V_3 = at_3$ и т.д. Причём, можно утверждать, что $V_2 : V_1 = t_2 : t_1$, $V_3 : V_1 = t_3 : t_1$ и т.д. (3)

Чтобы проверить эти соотношения, необходимо определить значения скорости тела V_1 , V_2 и V_3 , которые оно имело спустя промежутки времени t_1 , t_2 и t_3 после начала движения из состояния покоя.

Скорость в заданной точке траектории можно определить, зная перемещение тела из состояния покоя до этой точки и время движения. Действительно, при движении из состояния покоя ($V_0 = 0$) с постоянным ускорением перемещение определяется по формуле $S = at^2/2$, откуда $a = 2S/t^2$ (4). после подстановки формулы (4) в (2): $V = at = 2St/t^2$ и сокращения на t получают: $V = 2S/t$ (5).

Для выполнения работы направляющую рейку устанавливают с помощью штатива в наклонном положении. Её верхний край должен находиться на высоте 18-20 см от поверхности стола. Под нижний край подкладывают пластиковый коврик. Каретку устанавливают на направляющей в крайнем верхнем положении, причём её выступ с магнитом должен быть обращен в сторону датчиков. Первый датчик размещают вблизи магнита каретки так, чтобы он запускал секундомер, как только каретка начнёт двигаться. Второй датчик устанавливают на удалении 20-25 см от первого. Далее работу выполняют в таком порядке:

1. Измеряют перемещение, которое каретка совершит, двигаясь между датчиками - S_1 .
2. Производят пуск каретки и измеряют время её движения между датчиками - t_1 .
3. Повторяют пуск каретки 6-7 раз, каждый раз записывая показания секундомера.
4. Вычисляют среднее время движения каретки t_{1cp} по участку S_1 .
5. По формуле (5) определяют скорость, с которой двигалась каретка в конце первого участка: $V_1 = 2S_1/t_{1cp}$.
6. Увеличивают расстояние между датчиками на 5 см и повторяют серию опытов для измерения скорости тела в конце второго участка: $V_2 = 2S_2/t_{2cp}$. Каретку в этой серии опытов, как и в первой, пускают из крайнего верхнего положения.
7. Проводят еще 2 серии опытов, увеличивая в каждой серии расстояние между датчиками на 5 см. Так находят значения скорости V_3 и V_4 .
8. По полученным данным проверяют справедливость отношений: $V_2 : V_1 = t_{2cp} : t_{1cp}$, $V_3 : V_2 = t_{3cp} : t_{2cp}$ и $V_4 : V_2 = t_{4cp} : t_{2cp}$
10. Строят график зависимости скорости от времени движения.

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: отработать практический прием определения ускорения тела по его перемещению и времени движения.

ОБОРУДОВАНИЕ: секундомер с датчиками, направляющая рейка, каретка, грузы, штатив с лапкой, пластиковый коврик.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Работа интересна тем, что в ходе ее выполнения студенты убеждаются в возможности применения полученных знаний в практических целях - осваивают прием измерения ускорения тела, основанный на выводах теории равноускоренного движения.

В работе измеряют ускорение каретки, с которым она движется вдоль направляющей рейки вниз без начальной скорости. Из уравнения для равноускоренного прямолинейного движения следует, что в этом случае перемещение каретки, ускорение и время движения связаны соотношением: $S = \frac{at^2}{2}$, откуда $a = \frac{2S}{t^2}$ (1).

Следовательно, чтобы определить ускорение, достаточно измерить перемещение и время, затраченное на это перемещение.

Перемещение определяют по разности конечной и начальной координат шарика. Время движения - секундомером.

ХОД РАБОТЫ:

1. Установите каретку наверху в упор на направляющей рейке см. рис. и придерживайте её рукой.
2. Один из датчиков от секундомера установите настолько близко к каретке, как только возможно, т.е. так, чтобы ещё не срабатывал счётчик секундомера. Второй датчик установите ниже.
3. Измерьте расстояние между датчиками.
4. Отпустите каретку. При прохождении каретки мимо первого датчика секундомер включается, при прохождении второго –выключается. Снимите показания секундомера.
5. Вычислите среднее значение ускорения на заданном участке пути.
6. Опыт проделать 3-4 раза , устанавливая второй датчик на разных расстояниях от первого.
7. Вычислите относительную и абсолютную погрешность.

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S} + \frac{2\Delta t}{t}$$

$$\Delta a = \varepsilon \cdot a$$

8. Данные измерений и расчетов занесите в таблицу.

№ опыта	x_1 , мм	x_2 , мм	S , см	t , с	t_{cp} , с	a_{cp} , м/с ²	Относительная погрешность ϵ , %
1							
2							
3							

В таблице: x_1 - координата начального положения каретки; x_2 - координата конечного положения каретки; S - перемещение каретки; t - время её движения; t_{cp} - среднее время движения; a_{cp} - ускорение каретки, рассчитанное по формуле (1).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. В каком случае ускорение тела считается постоянным?
2. Куда направлено ускорение при равноускоренном(равнозамедленном) движении тела?
3. Найдите начальную координату, начальную скорость, ускорение и постройте график зависимости скорости от времени, если движение тела задано уравнением: $x = -4 + 3t + 8t^2$.

Практическая работа № 4 **ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА МЕТОДОМ** **ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ.**

Оборудование: динамометр школьный с заклеенной шкалой, измерительный цилиндр; тело неизвестной массы; штатив; сосуд с водой; линейка измерительная.

Задание

Отградуируйте пружину и измерьте массу тела с помощью полученных пружинных весов.

Теоретические основы работы.

Трудность работы заключается в том, что для градуировки пружины (определения ее жесткости) нет грузов известной массы. Эту трудность можно преодолеть, измерив удлинение x_1 пружины при подвешивании к ней груза неизвестной массы от в воздухе, а затем удлинение x_2 этой же пружины при погружении груза в воду.

Запишем уравнение равновесия груза на пружине в воздухе:

$$mg = kx_1 \quad (1)$$

(k — жесткость пружины) и уравнение равновесия этого же груза, опущенного в сосуд с водой:

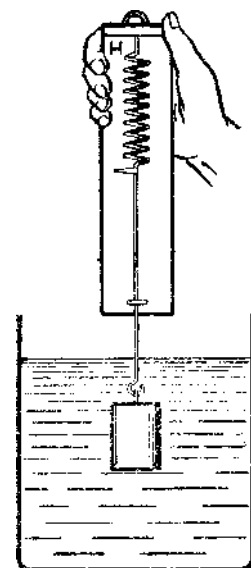


Рис. 1

$$mg - F_A = kx_2, \quad (2)$$

где F_A — архимедова сила, действующая на груз. Она равна $F_A = \rho_0 Vg$, (3)

где ρ_0 — плотность воды, V — объем тела.

Измерив объем тела с помощью измерительного цилиндра, можно из выражений (1). (2) и (3) рассчитать жесткость пружины:

$$k = \frac{\rho_0 Vg}{x_1 - x_2} \quad (4)$$

и искомую массу груза:

$$m = \frac{kx_1}{g} = \frac{\rho_0 Vx_1}{x_1 - x_2}. \quad (5)$$

Порядок выполнения работы

1. Укрепите динамометр с заклеенной шкалой в штативе. Проведите линию, фиксирующую положение конца ненагруженной пружины.
2. Подвесьте к пружине груз неизвестной массы и отметьте положение конца пружины. Измерьте линейкой удлинение x_1 пружины.
3. Опустите груз в сосуд с водой (рис. 1) и измерьте новое удлинение x_2 пружины.
4. Налейте в измерительный цилиндр определенный объем воды. Опустите в цилиндр груз и измерьте увеличение объема воды в измерительном цилиндре, равное объему V груза.
5. Вычислите жесткость k пружины по формуле (4) и массу груза по формуле (5).
6. Рассчитайте границы абсолютной и относительной погрешностей измерения массы груза. В качестве границы абсолютной погрешности измерения объема ΔV можно принять цену деления измерительного цилиндра, для границ абсолютных погрешностей измерения удлинений Δx_1 и Δx_2 — цену деления измерительной линейки.
7. Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу для записи результатов.

Отчетная таблица

x_1 , м	x_2 , м	$x_1 - x_2$, м	V , м ³	k , Н/м	m , кг	ε_m

Дополнительное задание.

Зная жесткость пружины, определите массу груза, измерив период колебаний груза на пружине.

Контрольные вопросы.

1. Как можно измерить жесткость пружины, используя груз неизвестной массы?

2. Каким образом можно уменьшить погрешности измерений при выполнении работы описанным методом?

Практическая работа № 5

Тема: Исследование движения тела под действием нескольких сил.

Цель работы: состоит в определении коэффициента трения тела о поверхность плоскости, по которой оно равноускоренно соскальзывает.

Оборудование:

- прибор для изучения прямолинейного движения;
- штатив с муфтой и перекладиной;
- транспортир.

Указания к работе

Тело, соскальзывая по наклонной плоскости под действием сил тяжести, трения и реакции плоскости в случае, когда эти силы не уравнивают друг друга, движется с ускорением $a = g (\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$ (1), где g - ускорение свободного падения, μ - коэффициент трения, α - угол наклона плоскости относительно горизонтального направления.

Решая это уравнение относительно μ , можно получить формулу для определения коэффициента трения $\mu = \tan\alpha - a/g\cos\alpha$ (2).

Из формулы (2) следует, что для определения μ достаточно знать угол наклона плоскости α , ускорение движения тела a и величину ускорения свободного падения g .

Если тело движется из состояния покоя, то его ускорение можно узнать, измерив перемещение и время, за которое оно совершилось: $a = 2S/t^2$ (3).

Выполняют работу в следующей последовательности:

1. Направляющую рейку прибора устанавливают с помощью штатива наклонно так, чтобы её верхний край оказался на высоте 18 - 20 см от поверхности стола. Под нижний край подкладывают пластиковый коврик.
2. Удерживая каретку на направляющей рейке в крайнем верхнем положении, первый датчик устанавливают так, чтобы он запустил секундомер, как только каретка начнёт двигаться. Второй датчик размещают на удалении 30 см от первого.
3. По шкале на направляющей рейке определяют координату первого датчика - X_1 и второго - X_2 .
4. Вычисляют перемещение S , которое совершит каретка, двигаясь между датчиками: $S = X_2 - X_1$
5. Производят пуск каретки и определяют время её движения между датчиками - t . Секундомер обнуляют. Опыт повторяют 6-7 раз и вычисляют среднее значение времени движения $t_{\text{ср}}$.
6. Транспортиром определяют угол наклона направляющей α .

7. Воспользовавшись формулой (3), вычисляют ускорение каретки, подставляя в знаменатель среднее значение времени $t_{\text{ср}}$. По формуле (2) определяют μ - коэффициент трения каретки о поверхность рейки.

Практическая работа № 11

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ЛЬДА.

Оборудование: калориметр; термометр; сосуд с теплой водой; лед; измерительный цилиндр.

Задание.

Определите удельную теплоту плавления льда, используя калориметр с теплой водой.

Теоретические основы работы.

Удельную теплоту плавления льда можно определить следующим способом. Если налить в стакан калориметра теплую воду массой m_1 с температурой t_1 и опустить в нее лед массой m_2 при температуре $t_3 = 0^\circ\text{C}$, то после расплавления всего льда установится температура t_2 воды в калориметре, которая может быть определена из уравнения:

$$m_2\lambda + m_2c(t_2 - t_3) = m_1c(t_1 - t_2) + m_k c_k(t_4 - t_2),$$

где λ — удельная теплота плавления льда, c — удельная теплоемкость воды, m_k — масса калориметра, c_k — удельная теплоемкость вещества калориметра, t_4 — начальная температура калориметра.

Эксперимент и расчеты можно упростить, если проводить эксперимент таким образом, чтобы начальное t_4 и конечное t_2 значения температуры калориметра были одинаковыми. В этом случае уравнение теплового баланса принимает вид:

$$m_2\lambda + m_2c(t_2 - t_3) = m_1c(t_1 - t_2).$$

Если учесть, что $t_3 = 0^\circ\text{C}$, то для удельной теплоты плавления льда получим:

$$\lambda = \frac{m_1c(t_1 - t_2) - m_2ct_2}{m_2}.$$

Порядок выполнения работы

1. Приготовьте немного льда. Подержите лед некоторое время при комнатной температуре, чтобы его температура стала равной 0°C . При этом часть льда должна растаять, оставшийся лед будет плавать в воде.
2. Налейте в измерительный цилиндр теплую воду объемом 150 см^3 . Температура теплой воды должна превышать комнатную температуру t_2 примерно на 40°C . Измерьте температуру t_1 теплой воды в измерительном цилиндре. Перелейте теплую воду во внутренний стакан калориметра.
3. Возьмите небольшой кусок льда, осушите его фильтровальной бумагой и опустите в теплую воду в калориметре. Воду постоянно перемешивайте и следите за показаниями термометра. После полного расплавления первого

куска льда положите в воду второй кусок и т. д., до тех пор, пока температура воды в калориметре не достигнет значения t_2 , равного температуре воздуха в комнате.

4. Перелейте воду из стакана калориметра в измерительный цилиндр. По увеличению объема ΔV воды найдите массу m_2 растаявшего льда.

5. Вычислите удельную теплоту плавления льда λ_3 . Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.

6. Сравните экспериментальное значение удельной теплоты плавления λ_3 с табличным значением λ_T . Определите абсолютную погрешность измерения $\delta = |\lambda_3 - \lambda_T|$. Подсчитайте относительную погрешность измерения $\varepsilon = \frac{|\lambda_3 - \lambda_T|}{\lambda_T}$.

Отчетная таблица

m_1 , кг	t_1 , °C	t_2 , °C	ΔV , м ³	m_2 , кг	λ_3 , Дж/кг	ε

Контрольные вопросы

1. Почему при выполнении расчетов не учитывалась теплоемкость калориметра?
2. В каком случае погрешность измерений будет меньше: при быстром выполнении всех операций или при медленном? Почему?

Практическая работа № 9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА

Оборудование: катушка проволочная для определения температурного коэффициента сопротивления проводника; миллиамперметр; вольтметр; источник электропитания ИЭПП-2; термометр.

Задание

Выполните измерения электрического сопротивления медной проволоки при двух различных значениях температуры и вычислите температурный коэффициент электрического сопротивления меди.

Теоретические основы работы.

Движению свободных электронов в кристалле металла под действием электрического поля препятствует процесс рассеяния электронов на различных дефектах кристаллической решетки. Чем ближе структура кристалла к идеальной, тем меньше помех на своем пути встречают электроны и тем меньше электрическое сопротивление проводника.

При повышении температуры увеличивается средняя кинетическая энергия атомов кристаллической решетки, увеличиваются их хаотические колебания относительно узлов решетки. Эти смещения атомов являются дефектами

кристаллической решетки, поэтому с повышением температуры электрическое сопротивление металлов увеличивается.

Чтобы определить температурный коэффициент электрического сопротивления металла, достаточно измерить сопротивление R_1 образца при комнатной температуре t_1 и его сопротивление R_2 при некоторой температуре t_2 . Исключив из системы уравнений

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1) \text{ и } R_2 = R_0(1 + \alpha t_2),$$

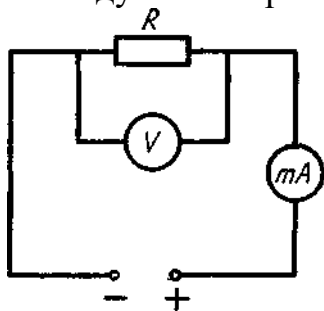
электрическое сопротивление R_0 образца при температуре 0°C , получим выражение для температурного коэффициента сопротивления

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}.$$

В приборе для выполнения лабораторной работы медный провод намотан на картонный цилиндр, концы провода соединены с клеммами на пластмассовой панельке. В панельке имеется отверстие для термометра. Картонный цилиндр с проводом помещен в стеклянную пробирку. Нагревание медного провода можно осуществить проходящим по нему током.

Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме, показанной на рисунке 1 (R — исследуемый образец).



2. Измерьте начальную температуру t_1 образца. Включите источник питания, измерьте напряжение на катушке U_1 при силе тока $I_1 = 30\text{—}40$ мА.

Определите сопротивление R_1 образца: $R_1 = \frac{U_1}{I_1}$.

3. Увеличьте силу тока в образце до $140\text{—}160$ мА. Когда в результате нагревания провода электрическим током показания термометра достигнут значения $t_2 = 70\text{—}80^\circ\text{C}$, измерьте силу тока I_2 через образец и падение напряжения U_2 на нем. Определите сопротивление R_2 образца: $R_2 = \frac{U_2}{I_2}$.

4. Вычислите температурный коэффициент сопротивления меди.

Дополнительное задание

Измерьте электрическое сопротивление образца при температуре: $30, 40, 50, 60, 70^\circ\text{C}$. Постройте график зависимости электрического сопротивления от температуры.

Контрольные вопросы

1. Почему при нагревании металлов их электрическое сопротивление увеличивается?
2. Каковы источники ошибок в предложенном методе определения температурного коэффициента сопротивления металлов?

Практическая работа № 10. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ.

Оборудование: лабораторный комплект по оптике.

Задание

Определите длину световой волны, используя дифракционную решетку с известным периодом d .

Теоретические основы работы.

Если на дифракционную решетку направить узкий пучок света, а за решеткой поставить собирающую линзу и экран, то по обе стороны от центральной белой полосы на экране будут наблюдаться сплошные разноцветные спектры. Разложение белого света в спектр происходит в результате дифракции света на щелях и интерференции параллельных пучков света, собираемых линзой. Положение дифракционного максимума первого порядка для дифракционной решетки с периодом d , определяется условием:

$$d \sin \varphi = \lambda,$$

где λ – длина световой волны, φ – угол, при котором наблюдается максимум. В работе источником света служит узкая щель в экране прибора для измерения длины световой волны.

Порядок выполнения работы

1. Установите в окне источника света диапозитивную рамку со щелью. Включите источник в сеть переменного тока напряжением 42 В.
2. Перед щелью установите дифракционную решетку, линзу и экран (рис. 1). Перемещая экран, получите на нем четкое изображение щели и дифракционные спектры по обе стороны от него.
3. Измерьте расстояние a от центра изображения щели на экране (белой полосы) до красного края спектра и вычислите длину световой волны $\lambda_{\text{кр}}$. Так как угол φ мал, то $\sin \varphi \approx \tan \varphi$; следовательно, положение максимума первого порядка определяется условием:

$$\lambda = d \frac{a}{b},$$

где b — расстояние от линзы до экрана, d — постоянная решетки.

4. Аналогичным способом вычислите длину волны синего света. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.

Отчетная таблица

Цвет	a , м	b , м	a/b	λ , м	ε_λ
красный					

синий					
-------	--	--	--	--	--

5. Оцените границу погрешностей измерения длины волны. Так как $\lambda = d \frac{a}{b}$, то $\varepsilon_\lambda = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta a}{a}$. В этой сумме наибольший вклад дает последнее слагаемое: граница абсолютной погрешности измерения расстояния a от центра. изображения щели до места расположения, спектра- не. меньше половины ширины спектра. Итак, $\varepsilon_\lambda = \frac{\Delta a}{a}$.

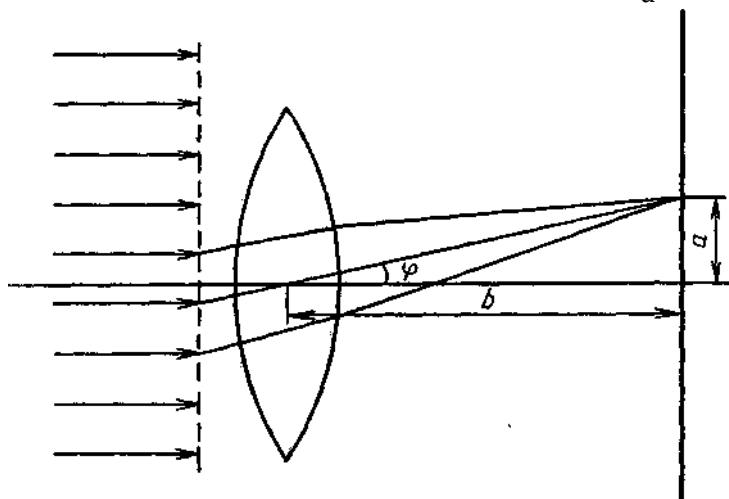


Рис. 1

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия дифракционной решетки.
2. Как изменится вид спектра при использовании дифракционной решетки с периодом, в два раза меньшим, чем в первом опыте?
3. Чем отличается спектр, полученный с помощью дифракционной решетки, от спектра, полученного с помощью стеклянной призмы?

Практическая работа № 11.

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА.

Оборудование: электронный осциллограф; источник электропитания ИЭПП-2; соединительные провода, авометр; микрофон; камертон.

Задание

Ознакомьтесь с устройством электронного осциллографа и используйте его для измерения амплитуды и частоты электрических колебаний.

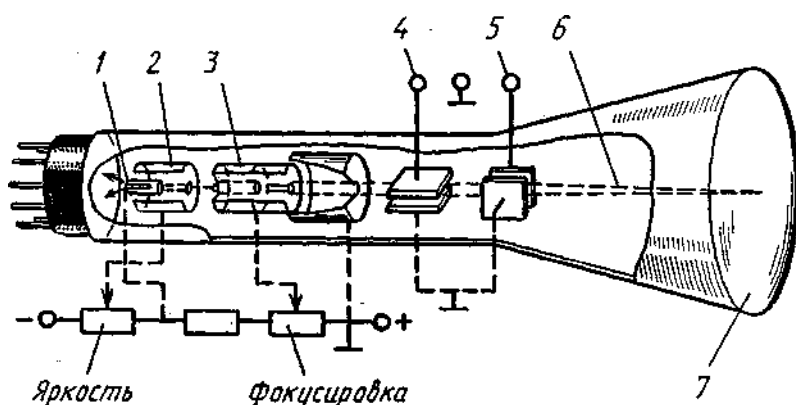


Рис. 1

Теоретические основы работы.

Основными элементами электронного осциллографа являются электронно-лучевая трубка, блок питания и блок временной развертки. От блока питания напряжение подается на электроды электронно-лучевой трубки, электронные схемы блока временной развертки и усилителей горизонтального и вертикального отклонения луча.

Через 2—3 мин после включения осциллографа в сеть на экране его электронно-лучевой трубки появляется светящееся пятно. Свечение кристаллов, нанесенных на внутреннюю поверхность трубки, вызывается ударами электронов, испускаемых катодом 1 трубки и разгоняемых электрическим полем между катодом и анодом 3 (рис.1). Интенсивность свечения пятна на экране электронно-лучевой трубки может изменяться вращением ручки «яркость». Эта ручка связана с потенциометром, с которого подается запирающее напряжение на управляющий электрод 2, расположенный между катодом и анодом трубки. Понижение потенциала управляющего электрода относительно потенциала катода препятствует прохождению электронов от катода к аноду и вызывает ослабление интенсивности электронного пучка 6.

Пролетев сквозь отверстие в аноде, электроны движутся до экрана трубки по инерции с постоянной скоростью и попадают в одну и ту же точку, вызывая свечение экрана 7.

Если между горизонтально расположенными отклоняющими пластинами 4 подано напряжение U , то во время пролета между ними электрон движется с ускорением

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{dm},$$

где e — заряд электрона, d — расстояние между пластинами. Через интервал времени $\Delta t = \frac{l}{v}$, в течение которого электрон движется между отклоняющими пластинами длиной l , проекция скорости электрона v_y становится равной: $v_y = a\Delta t = \frac{eUl}{mdv}$.

За время t движения от пластин до экрана ($t = \frac{L}{v}$) электрон смещается в вертикальном направлении на расстояние $y = v_y t = \frac{eUL}{mdv^2} = kU$.

Коэффициент пропорциональности и в последнем выражении является для данного осциллографа постоянной величиной. Он называется чувствительностью пары отклоняющих пластин и выражается в мм/В.

Для определения чувствительности k вертикально отклоняющих пластин на них необходимо подать известное напряжение U_1 и измерить отклонение луча на экране осциллографа y_1 :

$$k = \frac{y_1}{U_1}.$$

Так как отклонение электронного луча y_1 пропорционально напряжению U_1 , приложенному к пластинам, то при известной чувствительности осциллограф может быть использован как вольтметр для измерения как постоянных, так и быстро изменяющихся напряжений. ...

Аналогично при подачке напряжения на вертикально расположенные пластины 5 луч смещается в горизонтальной плоскости; смещение x пропорционально приложенному напряжению.

Главным достоинством электронного осциллографа как электроизмерительного прибора является его безынерционность. В каждый момент свечение экрана электронно-лучевой трубки вызывается ударами новых электронов. Смещение электронного луча определяется напряжением на отклоняющих пластинах в момент пролета электронов между ними. Так как электроны в трубке летят со скоростью, близкой к скорости света, то при изменении напряжения между отклоняющими пластинами смещение луча изменяется практически без запаздывания в тот же момент, в какой происходит изменение напряжения.

Для исследования быстропеременных электрических процессов в осциллографе осуществляется развертка — равномерное перемещение луча вдоль горизонтальной оси с постоянной скоростью. Для этого напряжение на вертикально расположенных пластинах должно изменяться линейно во времени, а для возвращения луча в исходное положение напряжение должно быстро падать до нуля. Такое напряжение носит название пилообразного.

Пилообразное напряжение подается на отклоняющие пластины с выхода генератора развертки. Частота развертки может изменяться с помощью двух ручек на панели осциллографа. При совпадении частоты колебаний исследуемого сигнала с частотой генератора временной развертки электронный луч на экране осциллографа вычерчивает график изменения напряжения сигнала за период — осциллограмму напряжения.

Если частота генератора временной развертки будет в 2, 3 и т. д. раз меньше частоты колебаний исследуемого сигнала, то на экране осциллографа будет наблюдаться график двух, трех и т. д. полных колебаний.

Для исследования электрических сигналов с малой амплитудой изменений напряжения осциллограф имеет усилитель с регулируемым коэффициентом усиления.

Электронный осциллограф может быть использован не только для исследования изменений напряжения во времени. Изменения любой

физической величины могут быть преобразованы в напряжения в электрической цепи и затем исследованы с помощью осциллографа. Например, используя микрофон, можно преобразовать колебания давления воздуха при распространении в нем звука в механические колебания диафрагмы, колебания диафрагмы вызывают колебательное движение связанной с ней катушки в поле постоянного магнита, а это движение катушки сопровождается возникновением переменного напряжения на ее концах. Присоединив выводы микрофона к входу электронного осциллографа, можно исследовать звуковые колебания.

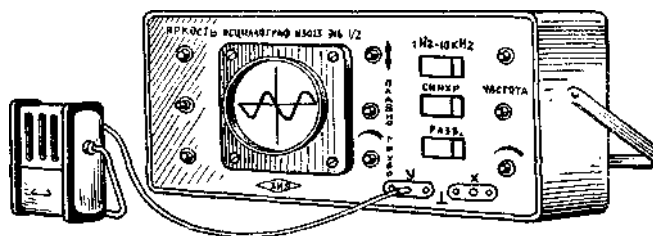
Порядок выполнения работы

1. Включите электронный осциллограф в сеть. Через 1—2 мин после включения на экране должна появиться светлая точка электронного луча. Если луч на экране не появился, выведите его на середину экрана, вращая ручки управления смещением луча по горизонтали и по вертикали. С помощью ручек управления яркостью луча и фокусировки получите на экране четкое и яркое пятно минимального размера.

2. Подключите выход микрофона к входу усилителя вертикального отклонения луча «ОУ». Нажатием кнопки включите усилитель в режим работы с максимальным коэффициентом усиления. Поставьте перед микрофоном камертон. Ударом молотка возбудите звуковые колебания. Переключением кнопок управления генератором развертки и вращением ручки плавной регулировки добейтесь получения устойчивой осциллограммы на экране осциллографа (рис. 2).

3. Определите амплитуду вертикального отклонения луча в миллиметрах.

Определите амплитуду колебаний напряжения на выходе микрофона, если известно, что при максимальном усилении отклонение луча на 1 мм вызывается напряжением 0,1 В на входе усилителя.



Дополнительное задание

Пронаблюдайте осциллограммы звуковых колебаний при произнесении перед микрофоном различных звуков. Произнося самые низкие и самые высокие звуки, оцените приблизительно границы частот звуковых волн вашей речи.



Контрольные вопросы

1. Как осуществляется регулировка яркости луча осциллографа?
2. Как можно использовать осциллограф для измерения напряжения?
3. Как осуществляется развертка?

Практическая работа № 12.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА ЛИНЗЫ

Оборудование: двояковыпуклая линза; штангенциркуль; линейка измерительная.

Задание

Измерьте показатель преломления стекла, из которого изготовлена линза.

Теоретические основы работы.

Показатель преломления n стекла, из которого изготовлена линза, можно определить из формулы

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (1)$$

где F — главное фокусное расстояние линзы, R_1 и R_2 — радиусы сферических поверхностей, образующих линзу.

Если линза симметричная и двояковыпуклая, то $R_1=R_2=R$, и, следовательно,

$$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{2}{R}, \quad (2)$$

откуда

$$n = 1 + \frac{R}{2F}. \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что для определения показателя преломления n стекла нужно измерить фокусное расстояние F линзы и радиус R ее сферических поверхностей.

Фокусное расстояние линзы можно измерить, получив на экране изображение источника света и измерив расстояние d от предмета до линзы и расстояние f от линзы до изображения. Из формулы линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (4)$$

следует, что если источник света находится на достаточно большом расстоянии от линзы ($d \rightarrow \infty$), то

$$F \approx f. \quad (5)$$

Радиус кривизны сферических поверхностей линзы можно рассчитать, проведя измерения геометрических размеров линзы: ее толщины H , диаметра D и толщины цилиндрического слоя h_0 (рис. 1). Для треугольника OAB имеем:

$$R^2 = AB^2 + OB^2 = l^2 + (R - h)^2.$$

Проведя преобразования, получим

$$R = \frac{h^2 + l^2}{2h}, \quad (6)$$

$$\text{где } l = \frac{D}{2}, \quad h = \frac{H - h_0}{2}.$$

Следовательно,

$$R = \frac{\left(\frac{H - h_0}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \right)^2}{2 \frac{H - h_0}{2}} = \frac{(H - h_0)^2 + D^2}{4(H - h_0)}. \quad (7)$$

Порядок выполнения работы

1. С помощью линзы получите на экране (стене, листе бумаги) изображение предметов, находящихся за окном классной комнаты. Измерьте расстояние f от линзы до получившегося изображения и оцените фокусное расстояние F линзы.

2. Штангенциркулем измерьте толщину линзы H , толщину ее цилиндрического слоя h_0 и диаметр линзы D .

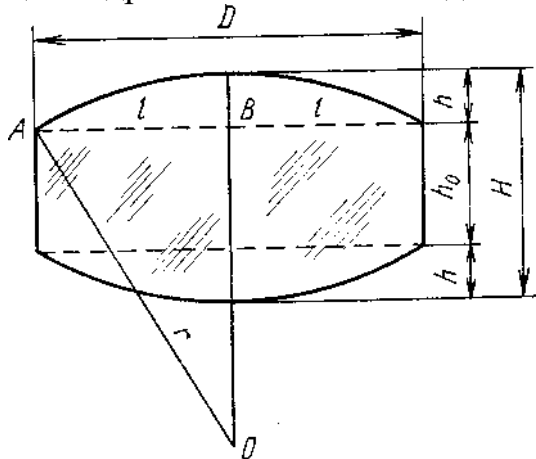


Рис. 1

3. Рассчитайте радиус R сферических поверхностей линзы по формуле (7).

4. Рассчитайте показатель преломления n стекла, из которого изготовлена линза, по формуле (3).

5. Результаты измерений и расчетов занесите в отчетную таблицу.

Отчетная таблица

f , м	F , м	H , м	D , м	h_0 , м	R , м	n

Контрольные вопросы

1. При каких условиях можно считать, что фокусное расстояние линзы F приблизительно равно расстоянию f от линзы до изображения?
2. Как можно измерить радиусы кривизны сферических поверхностей линз?

Практическая работа № 13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ РАССЕИВАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ.

Оборудование: рассеивающая линза; собирающая линза; источник тока; электрическая лампа; ключ; провода; экран; линейка измерительная; штатив.

Задание Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы.

Теоретические основы работы.

Рассеивающая линза образует только мнимое изображение, которое нельзя получить на экране, т. е. нельзя измерить расстояние от линзы до изображения. Фокусное расстояние рассеивающей линзы можно определить, если использовать вторую собирающую линзу.

Получив с помощью собирающей линзы действительное изображение S' источника света на экране, можно поставить между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Действительное изображение источника света при этом смещается (рис. 1). Новое положение изображения S'' можно найти перемещением экрана.

Используя свойство обратимости световых лучей, можно принять, что световые лучи выходят из точки S'' , а в точке S' получается изображение точки S'' .

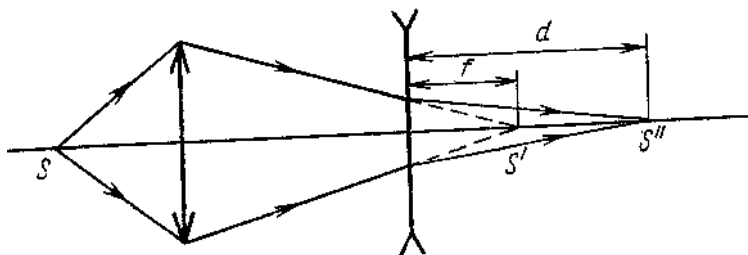


Рис. 1

Обозначив расстояния от точек S'' и S' до рассеивающей линзы соответственно через d и f , запишем формулу тонкой линзы с учетом правила знаков:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}.$$

Отсюда для модуля фокусного расстояния линзы получим:

$$F = \frac{fd}{d - f}.$$

Порядок выполнения работы

1. С помощью собирающей линзы получите, а экране действительное изображение нити лампы.
2. Поставьте между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Измерьте расстояние f от экрана до рассеивающей линзы.
3. Отодвигая экран от рассеивающей линзы, вновь получите на экране четкое изображение нити лампы. Измерьте расстояние d от экрана до рассеивающей линзы.
4. Вычислите расстояние F рассеивающей линзы. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.

Отчетная таблица

№ опыта	d , м	f , м	F , м	ε_F
1				
2				
3				

5. Рассчитайте границы относительной погрешности измерения фокусного расстояния.

При этом необходимо учесть следующее. Формула для $F = \frac{fd}{d - f}$ с точки зрения теории косвенных измерений достаточно сложна, так как в числителе и знаменателе находятся одни и те же величины. Поэтому в таблице погрешностей на форзаце отсутствует формула для расчета погрешностей функций этого типа. Эта функция существенно упрощается, если определить $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$. Тогда в соответствии с формулой, приведенной в таблице на

форзац, можно найти границу погрешностей измерения оптической силы:
 $\Delta D = \frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta d}{d^2}$. Здесь Δf и Δd — границы погрешностей прямых измерений расстояний f и d .

Так как $F = \frac{1}{D}$, то легко сообразить, что нижняя граница значений F не меньше, чем $F' = \frac{1}{D + \Delta D}$, а верхняя — не меньше, чем $F'' = \frac{1}{D - \Delta D}$. Действительное значение F принадлежит интервалу $[F'; F'']$.

Дополнительное задание.

Проведите анализ полученной формулы для вычисления погрешности и проведите повторный опыт, обеспечивающий меньшую относительную погрешность измерений.

Контрольные вопросы

1. Как можно получить формулу тонкой линзы?
2. Сформулируйте правило знаков для тонкой линзы.
3. Каким образом определялось расстояние до мнимого изображения при выполнении задания?

Практическая работа № 14.

Определение высоты предмета с помощью плоского зеркала

Содержание и метод выполнения работы.

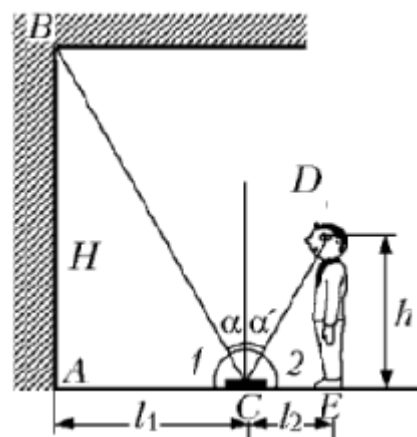
Высота классной комнаты определяется с помощью плоского зеркала.

В солнечную погоду, измерив длины теней от высокого дерева и от предмета известной высоты и используя закон прямолинейного распространения света, можно рассчитать высоту дерева без ее непосредственного измерения. Аналогично можно использовать и законы отражения света. Если положить недалеко от своих ног плоское зеркало так, чтобы видеть в нем ребро пространственного угла между потолком и стеной классной комнаты, то (см. рисунок), поскольку в соответствии с законом отражения углы α и α' равны, равны и углы 1 и 2. Из подобия треугольников

$\frac{H}{l_1} = \frac{h}{l_2}$, откуда
 ABC и CDE можно записать
 высота классной комнаты

$$H = \frac{l_1 \cdot h}{l_2}. \quad (1)$$

Оборудование: плоское зеркало; измерительная лента; мел.



Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$\Delta H, \text{ м}$	$\varepsilon_H, \%$

2. Измерьте расстояние h от пола до своих глаз. Для этого подойдите к доске и сделайте мелом отметку на уровне своих глаз. Затем измерительной лентой измерьте расстояние от пола до этой отметки.

3. Положите плоское зеркало недалеко от своих ног и отойдите от него на такое расстояние, чтобы в центре зеркала увидеть ребро пространственного угла между потолком и полом. Сделайте отметку на полу, у центра своей подошвы. Измерьте расстояние l_2 от центра зеркала до отметки на полу.

4. Измерьте расстояние l_1 от стены до центра зеркала.

5. Подставьте результаты в формулу (1) и вычислите высоту H классной комнаты.

6. Рассчитайте абсолютную ΔH и относительную ε_H погрешности измерений.

7. Измерьте высоту потолка в классной комнате непосредственно измерительной лентой. Сравните результаты и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Разработайте метод определения размеров предмета (картины на стене, форточки и т.п.) с помощью измерительных линейки, ленты и зеркала.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте законы отражения света.

2. Какой предмет можно считать плоским зеркалом? Дайте характеристику изображения в плоском зеркале.

3. Каковы границы применимости геометрической оптики?

Практическая работа № 15.

Определение скорости света в различных веществах с помощью сферических линз

Содержание и метод выполнения работы.

Скорость света v в веществе определяется по ее зависимости от показателя преломления среды:

$$n = \frac{c}{v}, \text{ где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \text{ где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{ скорость света в вакууме.}$$

Если в качестве модели сферической линзы использовать круглодонную колбу, заполненную прозрачной жидкостью, то, определив фокусное расстояние F такой линзы, измерив радиус кривизны R колбы и

воспользовавшись формулой $\frac{1}{F} = \frac{2n-1}{R}$, можно рассчитать показатель преломления вещества:

$$n = \frac{R}{2F} + 1. \quad (1)$$

Скорость света в веществе рассчитывается по формуле $v = \frac{c}{n}. \quad (2)$

Оборудование: круглодонная колба с водой; такая же колба с глицерином или растительным маслом; измерительная линейка с миллиметровыми делениями; экран (лист белой бумаги); нитка.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Вещество	$F, м$	$l, м$	$R, м$	n	$v, м/с$
Вода					
Глицерин					

2. При помощи линзы (колбы с водой) получите на экране изображение окна. Измерьте расстояние от центра линзы до изображения – это и есть приблизительно фокусное расстояние F . Оно будет измерено тем точнее, чем дальше находится экран от окна.

3. Ниткой измерьте длину окружности l колбы в ее самой широкой части и исходя из формулы $l = 2\pi R$ рассчитайте радиус кривизны колбы R .

4. Вычислите показатель преломления воды по формуле (1) и скорость света в среде по формуле (2).

5. Повторите опыт для глицерина (масла).

6. Оцените погрешность измерений, сравнив полученный результат с табличным значением.

7. Сделайте вывод о зависимости скорости света от оптической плотности среды.

Дополнительное задание. Предложите другой способ определения фокусного расстояния линзы и ее радиуса кривизны.

Контрольные вопросы

1. Что такое фокус линзы?
2. В чем состоит физический смысл показателя преломления?
3. Как влияет толщина стекла колбы на результат измерений в данной работе?

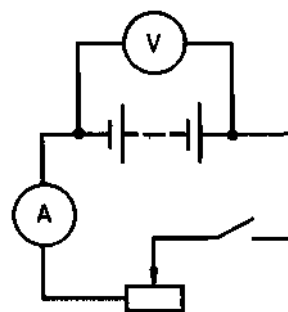
Практическая работа № 16.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

Оборудование: амперметр, вольтметр, ключ, провода, реостат, источник тока.

Теоретическая часть работы.

Схема электрической цепи, которую используют в этой лабораторной работе, показана на рисунке. В качестве источника тока в схеме используется аккумулятор или батарейка от карманного фонаря. При разомкнутом ключе ЭДС источника тока равна напряжению на внешней цепи. В эксперименте источник тока замкнут на вольтметр, сопротивление которого должно быть много больше внутреннего сопротивления источника тока r . Обычно



сопротивление источника тока мало, поэтому для измерения напряжения можно использовать школьный вольтметр со шкалой 0—6 В и сопротивлением $R_v = 900 \text{ Ом}$ (см. надпись под шкалой прибора). Так как сопротивление источника обычно мало, то действительно $R_v \gg r$. При этом отличие ξ от U не превышает десятых долей процента, поэтому погрешность измерения ЭДС равна погрешности измерения напряжения.

Внутреннее сопротивление источника тока можно измерить косвенно, сняв показания амперметра и вольтметра при замкнутом ключе. Действительно, из закона Ома для замкнутой цепи получаем $\xi = U + Ir$, где $U = IR$ —

$$r_{np} = \frac{\xi_{np} - U_{np}}{I_{np}}$$

напряжение на внешней цепи. Поэтому . Для измерения силы тока в цепи можно использовать школьный амперметр со шкалой 0—2 А. Максимальные погрешности измерений внутреннего сопротивления источника тока определяются по формулам

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta \xi + \Delta U}{\xi_{np} - U_{np}} + \frac{\Delta I}{I_{np}}$$

$$\Delta r = r_{np} \varepsilon_r$$

Подготовка к проведению работы

1. Подготовьте бланк отчета со схемой электрической цепи и таблицей (см. таблицу 6) для записи результатов измерений и вычислений.

Таблица 6

№ опыта	Измерено			Вычислено					
	$U_{np}, \text{ В}$	$I_{np}, \text{ А}$	$\xi_{np}, \text{ В}$	$\Delta_{и} U, \text{ В}$	$\Delta_{о} U, \text{ В}$	$\Delta U, \text{ В}$	$\varepsilon_U, \%$	$\varepsilon_E, \%$	$r_{np}, \text{ Ом}$
Измерение ξ									
Измерение r									
				Вычислено					
				$\Delta I_{и}, \text{ А}$	$\Delta I_{о}, \text{ А}$	$\Delta I, \text{ А}$	$\varepsilon_I, \%$	$\varepsilon_r, \%$	$\Delta r, \text{ Ом}$
Измерение ξ									
Измерение r									

2. Соберите электрическую цепь согласно рисунку 257. Проверьте надежность электрических контактов, правильность подключения амперметра и вольтметра.

3. Проверьте работу цепи при разомкнутом и замкнутом ключе.

Проведение эксперимента, обработка результатов

1. Измерьте ЭДС источника тока.

2. Снимите показания амперметра и вольтметра при замкнутом ключе и вычислите $r_{\text{пр}}$. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока, используя данные о классе точности приборов.

3. Запишите результаты измерений ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока:

$$\xi = \xi_{\text{пр}} \pm \Delta \xi, \quad \varepsilon_{\xi} = \dots \%;$$

$$r = r_{\text{пр}} \pm \Delta r, \quad \varepsilon_r = \dots \%;$$

Контрольные вопросы

1. Почему показания вольтметра при разомкнутом и замкнутом ключе различны?

2. Как повысить точность измерения ЭДС источника тока?

3. Можете ли вы предложить другие способы измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока?

Практическая работа 17.

ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГЕЙ-ЛЮССАКА.

Оборудование: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8—10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40—50 мм, наполненный горячей водой ($t \sim 60^\circ \text{C}$); стакан с водой комнатной температуры; пластилин, термометр, линейка.

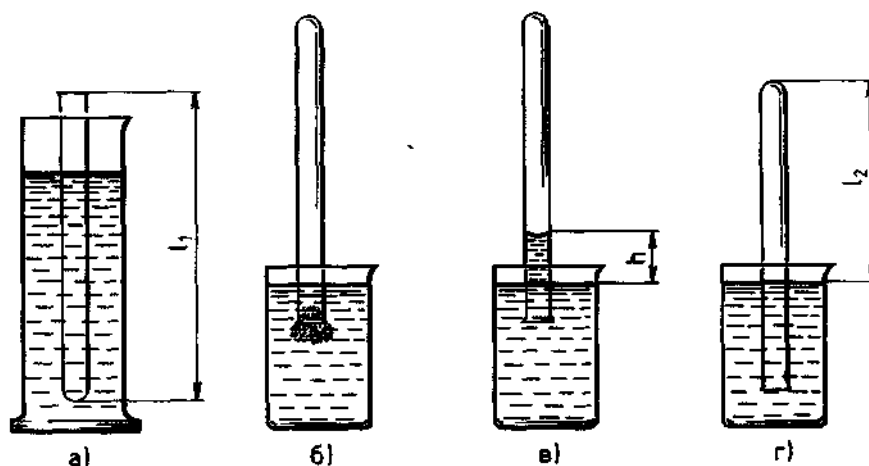
Теоретическая часть работы:

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

справедливость равенства $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$. Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3—5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой (рис. а). В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура — температуре горячей воды T_1 . Это — первое состояние. Чтобы при



переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры (рис. б), а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке (рис. в) объем воздуха в ней станет равным $V_2 < V_1$, а давление $p = p_{\text{атм}} - \rho gh$. Чтобы давление воздуха в трубке вновь стало равным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выровняются (рис. г). Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре T_2 окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине

Поэтому в работе следует сравнить отношения. Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура — термометром.

Подготовка к проведению работы

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей (см. таблицу) для записи результатов измерений и вычислений

Таблица

Измерено					Вычислено						
l_1 , мм	l_2 , мм	t_1 , °C	t_2 , °C	Δl , мм	$\Delta_0 l$, мм	Δl , мм	T_1 , К	T_2 , К	ΔT , К	$\Delta_0 T$, К	
Вычислено											
ΔT , К	l_1/l_2	ε_1 , %	Δ_1	T_1/T_2	ε_2 , %	Δ_2					

2. Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

Проведение эксперимента, обработка результатов

1. Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

2. Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом рассказано выше. Измерьте длину l_2 воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха T_2 .
3. Вычислите отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 , относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности измерений этих отношений по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

4. Сравните отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 .
5. Сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

Контрольные вопросы

1. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластилина вода в трубке поднимается?
2. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

3. Критерии оценивания практических работ физического практикума.

Оценка «5» ставится, если ученик:

- ✓ правильно определил цель работы;
- ✓ выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- ✓ самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для работы необходимое оборудование;
- ✓ научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из проведенной работы;
- ✓ в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- ✓ правильно выполнил анализ погрешностей;
- ✓ работу осуществляет по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.

Оценка «4» ставится, если ученик выполнил требования к оценке «5», но:

- ✓ работу проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;
- ✓ или было допущено два – три недочета;
- ✓ или не более одной негрубой ошибки и одного недочета;
- ✓ или эксперимент проведен не полностью;
- ✓ или в описании наблюдений из эксперимента допустил неточности, выводы сделал неполные.

Оценка «3» ставится, если ученик:

- ✓ правильно определил цель работы; работу выполняет правильно не менее чем на половину, однако объем выполненной части таков, что позволяет

получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;

- ✓ или подбор оборудования, объектов, материалов, а также работы по началу опыта провел с помощью учителя;
- ✓ или в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов;
- ✓ опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большой погрешностью;
- ✓ или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализах погрешностей) не повлиявших на результат данной работы;
- ✓ или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;
- ✓ допускает грубую ошибку в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с оборудованием), которая исправляется по требованию учителя.

Оценка «2» ставится, если ученик:

- ✓ не определил самостоятельно цель опыта;
- ✓ выполнил работу не полностью;
- ✓ не подготовил нужное оборудование, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;
- ✓ или опыты, измерения, вычисления, наблюдения проводились неправильно;
- ✓ или в ходе работы и в отсчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3»
- ✓ допускает две (и более) грубые ошибки в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с оборудованием), которые не может исправить даже по требованию учителя.

Примечание.

В тех случаях, когда учащийся показал оригинальный и наиболее рациональный подход к выполнению работы и в процессе работы, но не избежал тех или иных недостатков, оценка за выполнение работы по усмотрению учителя может быть повышена по сравнению с указанными выше нормами.

4. Перечень учебно–методического и дидактического сопровождения.

1. Дик Ю.И., Кабардин О.Ф. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики.- М. Просвещение, 1993.
2. Буров В.А, Дик Ю.И. Практикум по физике в средней школе.- М. Просвещение, 1993.

5. Перечень литературы для учителя.

1. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Физика. //Физика в школе. №4. С.19, 2004.
2. Примерная программа среднего (полного) общего образования по физике. Профильный уровень.// Физика в школе. №8. С.19, 2004.
3. Сборник нормативных документов. Физика. // М: «Дрофа», 2010.
4. Дик Ю.И., Коровин В.А., Орлов В.А. Программа «Физика» для школ (классов) с углубленным изучением физики. 10-11 кл. рассчитана на 6 ч./нед в каждом классе.- М.: Дрофа, 2011.
5. Кабардин О. Ф., Орлов В. А. Экспериментальные задания по физике: 9–11 кл. - М.: Вербум-М, 2000.
6. Касьянов В. А. Физика. Тематическое и поурочное планирование: 10 класс. - М.: Дрофа, 2001.
7. Касьянов В. А. Физика. Тематическое и поурочное планирование: 11 класс. - М.: Дрофа, 2001.
8. Коровин В. А., Орлов В. А. Оценка качества подготовки выпускников средней (полной) школы по физике. - М.: Дрофа, 2001.
9. Мякишев Г.Я. Программа «Физика» для общеобразовательных учреждений, 10-11 кл. (физико - математический профиль).- М: Дрофа, 2010.
10. Хорошавин С.А. Демонстрационный эксперимент по физике в школах и классах с углубленным изучением предмета. – М.: Просвещение, 1994.

Перечень литературы по физике для учащихся.

1. Шаскольская М.П., Эльцин И.А. Сборник избранных задач по физике.- М.: Наука, 1974.
2. Павленко Ю.Г. Физика. Ответы на вопросы.- М. (Серия «Экзамен»).
3. Можаяев В.В., Чивелёв В.И., Шеронов А.А. Экзаменационные задачи по физике для поступающих в вузы.- М.: Дрофа, 1998.
4. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика 10, 11 класс.- М.: Просвещение, 2020.

Образовательные интернет-ресурсы:

1. Физика: коллекция опытов.
2. Коллекция видеороликов опытов по программе школьной физики. Снабжены авторским комментарием (описание опыта и его постановка). Сведения об оборудовании и технике безопасности. Рубрикатор по разделам: механика, молекулярная физика и термодинамика, оптика, электричество и магнетизм. Поисковая система. Новости на тему науки и образования. Возможность добавления ссылок на ресурсы по физике в рамках программы средней школы. Системные требования. <http://experiment.edu.ru/>
3. Виртуальный методический кабинет учителя физики и астрономии.

4. Методика преподавания физики и астрономии, тесты для проверки знаний. Информация о новой технологии в методике преподавания астрономии - уровневой дифференциации. Итоговая аттестация по астрономии. Примерные темы рефератов, статьи. <http://www.gomulina.orc.ru/method.html>
5. Кабинет физики Санкт-Петербургской государственной академии постдипломного педагогического образования (Университета педагогического мастерства).
6. Материалы по физике и методике преподавания физики для учителей и учащихся. Программы Г.Н. Степановой. Информация об использовании компьютера на уроке физики. Хрестоматия по физике. Конспекты по механике. Тесты и задачи. Стандарт физического образования. <http://www.edu.delfa.net/>
7. «Физика для всех»: сайт Сергея Ловягина.
8. Для учащихся: описания самодельных приборов, интересные рассказы о физиках и физике, рисунки учеников и их размышления, а также юмор. Для учителей: концепция преподавания физики в классах гуманитарной ориентации, описания простых и наглядных экспериментов, идеи для проведения уроков и проектов. <http://physica-vsem.narod.ru/>

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 42050279359779253213008452138721925187139460004

Владелец Михаленко Елена Валентиновна

Действителен с 28.02.2025 по 28.02.2026