

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В. П. АСТАФЬЕВА»  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики  
Кафедра физики и методики обучения физике  
Балева Дарья Александровна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка элективного курса «Подготовка к единому государственному экзамену по физике  
для 11 классов»

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование  
Направленность (профиль) образовательной программы Физика



ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
профессор, доктор педагогических наук

В.И.Тесленко

13. VI. 19

(дата, подпись)

Руководитель

доцент, кандидат педагогических наук

Т.А. Залезная

12.05.2019

(дата, подпись)

Дата защиты 24.06.19

Обучающийся Балева Д.А.

(фамилия инициалы)

6.05.19

(дата, подпись)

Оценка отлично

Красноярск 2019



**АНТИПЛАГИАТ**  
ТВОРИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

Красноярский государственный  
педагогический университет им.  
В.П.Астафьева

## СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа  
на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе  
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Балева Дарья
Подразделение	Кафедра физики и методике обучения физике
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Разработка элективного курса по физике _Подготовка к ЕГЭ_ для учащихся 11 класса
Название файла	Балева Дарья Александровна ВКР 2019.docx
Процент заимствования	30,43%
Процент цитирования	3,94%
Процент оригинальности	65,63%
Дата проверки	06:28:02 21 июня 2019г.
Модули поиска	Кольцо вузов; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска "КГПУ им. В.П. Астафьева"; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска переводных заимствований; Цитирование; Сводная коллекция ЭБС
Работу проверил	Залезная Татьяна Анатольевна ФИО проверяющего
Дата подписи	20.06.2019 Подпись проверяющего



Чтобы убедиться  
в подлинности справки,  
используйте QR-код, который  
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование  
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.  
Предоставленная информация не подлежит использованию  
в коммерческих целях.



**Согласие**  
**на размещение текста выпускной квалификационной работы,**  
**научного доклада об основных результатах подготовленной научно-**  
**квалификационной работы в ЭБС КГПУ им. В.П. АСТАФЬЕВА**

Я, Балева Дарья Александровна  
*(фамилия, имя, отчество)*

разрешаю КГПУ ИМ. В.П. Астафьева безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме и по частям написанную мною в рамках выполнения основной профессиональной образовательной программы выпускную квалификационную работу, научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (далее ВКР/НКР)

на тему: Подготовка к ЕГЭ по физике для немцев  
*(нужное подчеркнуть)*

*(название работы)*

(далее – работа) в ЭБС КГПУ им. В.П.АСТАФЬЕВА, расположенном по адресу <http://elib.kspu.ru>, таким образом, чтобы любое лицо могло получить доступ к ВКР/НКР из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на работу.

Я подтверждаю, что работа написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает интеллектуальных прав иных лиц.

20.08.19

*дата*

  
*подпись*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. В. П. АСТАФЬЕВА»

(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики

Кафедра физики и методики обучения физике

Балева Дарья Александровна

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Создание элективного курса «Подготовка к единому государственному экзамену по физике  
для 11 классов»

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы Физика

### ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

профессор, доктор педагогических наук

В.И.Тесленко

\_\_\_\_\_ (дата, подпись)

Руководитель

доцент, кандидат педагогических наук

Т.А. Залезная

\_\_\_\_\_ (дата, подпись)

Дата защиты \_\_\_\_\_

Обучающийся \_\_\_\_\_

(фамилия инициалы)

\_\_\_\_\_ (дата, подпись)

Оценка \_\_\_\_\_

Красноярск 2019

## Оглавление

Введение	1
Глава 1. Анализ результатов выполнения ЕГЭ по физике	2
1.1 Общий методический анализ контрольно измерительных материалов единого государственного экзамена по физике	2
1.2 Анализ методической литературы	14
Глава 2. Методические рекомендации по организации элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену для 11 классов"	14
2.1 Проектирование программы элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов"	14
2.2 Рабочая программа элективного курса по физике «Подготовка к ЕГЭ по устранению типичных ошибок»	23
Вывод	77
Список используемой литературы	77

## ***Введение***

*Актуальность работы.* Студенты, которые планируют начать карьеру, используя свои научные и технические навыки для работодателей сразу после получения степени бакалавра по физике, часто могут найти работу в области исследований и разработок, контроля качества и производства. Студенты, интересующиеся этой карьерой, должны попытаться пройти единый государственный экзамен и получить высший балл.

Поскольку ежегодно единый государственный экзамен в своем содержании претерпевает изменения. Меняются задания, уровень сложности, структура. То, согласно статистике[1], выпускники допускают одни и те же ошибки в экзаменационных работах. Например, в 2017 году более пятидесяти процентов обучающихся допустили ошибки в таких разделах физики, как электродинамика и квантовая физика. А в 2016 году самыми сложными в выполнении оказались задания из раздела электродинамика (процент выполнения 46%) и МКТ (процент выполнения 47%).

Каждый год выпускаются десятки сборников и методических пособий по физике для подготовки учащихся старшей школы к единому государственному экзамену. В них приведены структура, краткая теория, примеры заданий, встречающихся в экзаменационной работе и ответы к ним. Но, к сожалению, ни одно учебное методическое пособие не является корректирующим и не содержит примеров тех заданий, которые вызывают особое затруднение у учащихся одиннадцатых классов. Именно поэтому необходимо создание такого элективного курса, который, во-первых, был гибким и его можно было бы менять каждый год с учетом результатов единого государственного экзамена. Во-вторых, включал в себя примеры и подробное решение трудных для понимания задач.

Предмет исследования: процесс обучения физике

Объект исследования: решение задач экзаменационной работы по физике.

Цель: применение физических знаний при решении задач.

Исходя из цели данной работы, были поставлены следующие задачи:

1. Анализ методической литературы для подготовки к единому государственному экзамену.
2. Анализ результатов единого государственного экзамена по физике и выявление наиболее часто встречающихся ошибок в выполнении заданий учащимися.
3. Подобрать различные задания на решение задач, установление соответствий и теоретические знания для устранения выявленных ошибок.
4. Составить программу элективного курса «Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов».
5. Подготовить методические рекомендации для подготовки учащихся к единому государственному экзамену с опорой на устранение типичных ошибок.
6. Провести пробный педагогический эксперимент.

Практическая значимость работы заключается в разработке содержания элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов".

Элективный курс "Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов" был опробован на базе 11 классов "Лицея #6. Перспектива" в городе Красноярске.

Дипломная работа состоит из введения, двух глав, вывода, списка литературы.

Первая глава "Анализ выполнения результатов единого государственного экзамена по физике" была посвящена решению трех первых задач выпускной квалификационной работы.

Вторая глава выпускной квалификационной работы "Методические рекомендации по организации элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 класса"" была посвящена

созданию элективного курса. Продемонстрированы структура и содержание элективного курса.

## Глава 1. Анализ результатов выполнения единого государственного экзамена по физике

### 1.1 Общий методический анализ контрольно измерительных материалов единого государственного экзамена по физике

«Единый государственный экзамен по физике - это форма объективной оценки уровня знаний у лиц, освоивших все образовательные программы среднего общего образования, с использованием заданий стандартной формы контрольно измерительных материалов»[1]. Единый гос. экзамен проводится в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Контрольные измерительные материалы применяют для того, чтобы выявить уровень освоения обучающимися Федерального компонента государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования по предмету "физика". базовый и профильный уровни» [1].

Так как результаты единого государственного экзамена по физике признаются образовательными организациями высшего профессионального образования (ВУЗами) как результаты вступительных экзаменов по физике, поэтому важно для выпускников получить наивысший балл при выполнении экзаменационной работы. А учителю для этого необходимо учесть все типично встречающиеся ошибки в решении заданий.

Содержание экзаменационной работы определяется Федеральным компонентом государственного образовательного стандарта среднего (или полного) общего образования по физике, базовый и профильный уровни (приказ Министерства образования России от 05.03.2004 № 1089).

В экзаменационной работе рассмотрены два подхода к выбору заданий. Первый подход подразумевает подбор заданий по всем разделам физики разных уровней сложности: базовый, повышенный и высокий. Второй подход подразумевает подбор заданий по таким способам действий, как: применение

законов и формул в типовых учебных ситуациях, анализ и объяснение явлений и процессов, методологические умения и решение задач.

Экзаменационная работа по физике состоит из заданий, включающих в себя задания, проверяющие освоение содержания из всех разделов школьного курса физики различных уровней сложности (базового, повышенного и высокого). Наиболее важные с точки зрения продолжения образования в высших учебных заведениях содержательные элементы контролируются в одном и том же варианте заданиями разных уровней сложности. Число заданий по той или иной теме определяется его содержательным наполнением и пропорционально учебному времени, которое отводится на его изучение в соответствии с примерной учебной программой по физике. Различные планы, по которым создаются экзаменационные варианты работы, строятся по принципу содержательного дополнения так, что в целом все серии вариантов создают диагностику освоения всех включенных в кодификатор элементов.

Приоритетом при создании контрольно измерительных материалов является важность проверки предусмотренных государственным стандартом способов деятельности (с учетом ограничений в условиях массовой письменной проверки знаний и умений экзаменуемых):

- *усвоение* понятийного аппарата школьного курса физики,
- *овладение* методологическими умениями,
- *применение* знаний при объяснении физических явлений и решении задач.

Овладение умениями и навыками по работе с различной информацией физического содержания проверяется опосредованно при помощи использовании различных способов представления информации в текстах (графики, таблицы, схемы и схематические рисунки).

Наиболее важным способом деятельности с точки зрения успешного продолжения образования в вузе является решение задач. Потому что, успешное выполнение физической задачи, констатирует, что учащийся в

достаточной уровне владеет понятийным аппаратом школьного курса физики, владеет методологическими умениями верно применяет знания при решении задачи.

Каждый вариант включает в себя задачи по всем разделам разного уровня сложности, позволяющие проверить умение применять физические законы и формулы как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания. Объективность проверки выполнения заданий с развернутым ответом обеспечивается едиными критериями оценивания, участием двух независимых экспертов, оценивающих одну работу, возможностью назначения третьего эксперта и наличием процедуры апелляции.

Единый государственный экзамен по физике является экзаменом по выбору и предназначен для дифференциации при поступлении в высшие учебные заведения. Для этих целей в работу включены задания трех уровней сложности. Задания базового уровня позволяют оценить уровень освоения наиболее значимых содержательных элементов курса физики средней школы и овладение наиболее важными видами деятельности. Минимальное количество баллов единого государственного экзамена по физике, подтверждающее освоение выпускником программы среднего общего образования по физике, устанавливается, исходя из требований государственного образовательного стандарта базового уровня. Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяет оценить степень подготовленности выпускника к продолжению образования в вузе.

Вся экзаменационная работа единого государственного экзамена состоит из двух частей и включает в себя 32 задания, отличающихся друг от друга по форме и уровню сложности. В первой части единого государственного экзамена по физике содержится 24 задания с кратким ответом. В их числе в 13

заданиях надо записать ответ в виде числа, слова или двух чисел, так же 11 подобранных заданий на установление соответствия и множественный выбор, в этих заданиях ответ надо записать в виде некоторой последовательности цифр.

Вторая часть экзаменационной работы состоит из 8 заданий, которые объединены одним видом деятельности – решение задач. Из этих 8 заданий - 3 являются заданиями с кратким ответом (25–27) и 5 заданий (28–32), в которых необходимо дать развернутый ответ.

В первой части экзаменационной работы для того, чтобы обеспечить более доступное восприятие информации задания 1–21 собраны в группы, ориентируясь на тематическую принадлежность заданий: механика, молекулярная физика, электродинамика, квантовая физика. Во второй части задания сгруппированы в зависимости от формы представления заданий и в соответствии с тематической принадлежностью.

Задания контрольно измерительных материалов распределены по структуре, видам умений и различным способам деятельности.

Также в экзаменационной работе обучающимся предложены задания трех уровней сложности: базовый, повышенный и высокий.

Задания базового уровня включены в первую часть экзаменационной работы (19 заданий с коротким ответом, из которых 13 заданий с записью ответа в виде числа, слова или двух чисел, 6 заданий с записью ответа в виде последовательности цифр). В базовый уровень включены простые задания, которые проверяют усвоение самых главных физических понятий, а также законов, физических явлений и различных моделей, знаний о свойствах космических объектов. Задания базового уровня, в которых выпускники в основном допускают ошибки – это задания на решение задач и установление соответствий, в которых обучающихся не демонстрируют знание фундаментальных формул и законов.

Задания повышенного (среднего) уровня включены и в первую, и во вторую часть экзаменационной работы: 5 заданий с кратким ответом в первой

части, 3 задания с кратким ответом и одно задание с развернутым ответом во второй части. В заданиях повышенного уровня выпускники допускают ошибки при анализе данных (рисунков, схем, таблиц).

Задания повышенного уровня проверяют умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, умения решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики.

Четыре задания второй части единого государственного экзамена являются заданиями высокого уровня сложности и направлены на проверку умения использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации. Выполнение заданий этого уровня сложности требует применения знаний сразу из двух или трех разделов физики, т.е. очень высокого уровня подготовки. Включение во вторую часть работы трудных заданий различной сложности дает возможность дифференцировать выпускников при отборе в высшие учебные заведения с разными требованиями к уровню подготовки. Не выполнение заданий четвертой части единого государственного экзамена по физике показывает неумение выпускников анализировать данные задач, составлять рисунок и использовать несколько формул в решении.

На выполнение всего экзамена по физике дается 235 минут. Приблизительное время на выполнение заданий разных частей экзаменационной работы составляет:

- 1) для каждого задания с кратким ответом – 3–5 минут;
- 2) для каждого задания с развернутым ответом – 15–20 минут.

Во течение всего экзамена разрешено пользоваться непрограммируемым калькулятором (один на ученика) с возможностью вычисления тригонометрических функций ( $\cos$ ,  $\sin$ ,  $tg$ ) и линейка. Список дополнительных устройств и материалов, использование которых разрешено на единый гос. экзамен, утверждается Рособрнадзором.

Задание с кратким ответом будет считаться выполненным верно в том случае, если записанный в бланке № 1 ответ совпадает с верным ответом. Ответы на задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25– 27 части 2 оцениваются 1 баллом. Ответы на задания 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 24 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа, и 1 баллом, если учеником допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки.

Если выпускником указано в задании более двух вариантов ответов (в том числе, возможно, и правильные), то он получает 0 баллов. Ответы на задания с кратким ответом оцениваются автоматически после сканирования бланков ответов № 1.

Все задания с развернутым ответом оцениваются несколькими (двумя) экспертами, правильность и полноту ответа. Максимальный первичный балл, который можно получить в результате выполнения всех заданий с развернутым ответом, составляет 3 балла. К каждому заданию прилагается подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл – от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте работы перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой собраны общие требования к оформлению ответов. Максимальный первичный балл – 52.

В соответствии с порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Министерства образования и науки России от 26.12.2013 № 1400, зарегистрирован Минюстом России 03.02.2014 № 31205) «61. По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы единого государственного экзамена с развернутым ответом. В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях

оценивания по соответствующему учебному предмету. Эксперту, который будет осуществлять третью проверку, будет предоставлена информация о баллах, которые были выставлены ранее другими экспертами. Существенным считается расхождение между баллами, выставленными первым и вторым экспертами, в 2 или более балла за выполнение любого из заданий 28–32. В этом случае третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение. На основе результатов выполнения всех заданий работы определяются первичные баллы, которые затем переводятся в тестовые по 100 балльной шкале.

Кодификатор элементов содержания по физике и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена является одним из документов, определяющих структуру и содержание контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена. Кодификатор контрольно-измерительных материалов единого государственного экзамена составлен на основе Федерального компонента государственных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования по физике (базовый и профильный уровни) (приказ Минобрнауки России от 05.03.2004 № 1089).

Нами был проведен общий анализ единого государственного экзамена по физике за период 2016-2018 годы. На основе результатов можно сделать вывод, что каждый год структура единого государственного экзамена по физике претерпевает небольшие изменения. Проанализировав структуру и содержание единого государственного экзамена по физике за предыдущие три года, можно отметить, что:

- Были убраны задания с выбором одного верного ответа из четырех и добавлены задания с кратким ответом. При этом увеличено до 10 количество заданий с самостоятельной записью ответа в виде числа,
- Изменены модели заданий на определение направлений векторных величин, на определение состава атомов или ядер, на запись показаний

измерительных приборов. Здесь появились новые формы записи ответов в виде слова/словосочетания и в виде двух чисел.

- Увеличилось число заданий на множественный выбор, представляющих собой комплексный анализ различных физических процессов.

- При внесении изменений в структуру экзаменационной работы были сохранены общие концептуальные подходы к оценке учебных достижений. В том числе остался без изменений максимальный балл за выполнение всех заданий экзаменационной работы,

- Сохранилось распределение максимальных баллов за задания разных уровней сложности и примерное распределение количества заданий по разделам школьного курса физики и способам деятельности.

- Совершенствование модели экзаменационной работы в 2016 г. привело к расширению спектра проверяемых умений, увеличению доли заданий, оценивающих умения анализировать и объяснять физические явления и процессы, но, как и намечалось, не повлияло на среднюю сложность работы и спектр оцениваемых элементов содержания.

- Средний балл ЕГЭ по физике 2017 г. составил 53,16, что выше показателя прошлого года (50,02 тестовых балла). На рис. 1 представлено распределения результатов участников ЕГЭ по физике по первичным баллам

- Минимальный балл единого государственного экзамена по физике в 2017 году, как и в 2016 году, составил 36 баллов, что соответствовало 9 первичным баллам. Доля участников экзамена, не преодолевших 4 минимального балла в 2017 году, составила 3,78%, что значительно меньше доли участников, не достигших минимальной границы в 2016 году. (6,11%).

- На едином государственном экзамене по физике в 2016 году использовалась та же экзаменационная модель контрольных измерительных материалов, что и в предыдущем году. По сравнению с 2015 годом перечень

контролируемых элементов содержания был расширен и проверялся заданиями с кратким ответом.

● Во всех вариантах заданий был использован более широкий спектр оригинальных задач высокого уровня сложности, для которых было необходимо самостоятельно выделить необходимую для решения физическую модель. Каждый вариант экзаменационной работы состоял из двух частей и включал в себя 32 задания, из которых 9 заданий с выбором одного верного ответа, 18 заданий с кратким ответом и 5 заданий с развернутым ответом.

"Анализ результатов выполнения экзаменационной работы можно проводить по трем направлениям: для групп заданий по разным тематическим разделам; для групп заданий, проверяющих сформированность различных способов действий, а также для групп заданий разного уровня сложности. Приведем общие результаты по всем трем направлениям и подробно остановимся на анализе по способам действий"[1].

Таблица 1.1

Результаты выполнения заданий экзаменационной работы по содержательным разделам школьного курса физики за 2016 год

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий
Механика	52,2
МКТ и термодинамика	46,2
Электродинамика	41,8
Квантовая физика	57,9

Из результатов таблицы видно, что наибольшие затруднения у обучающихся вызывают задания единого государственного экзамена из раздела «Электродинамика» (процент выполнения – 41,8%), в котором проверяются знания формул, умение объяснять явления, а также умения применять законы. Менее половины выпускников справляются с заданиями из раздела «МКТ и термодинамика», где учащиеся должны продемонстрировать знания формул по молекулярно кинетической теории и область их применения. Наибольший процент выполнения (57,9%) были продемонстрированы в разделе «Квантовая физика», в котором учащиеся продемонстрировали достаточный уровень

теоретических знаний и успешное владение формулами. С разделом «Механика» успешно справились более 50% выпускников.

Таблица 1.2

Результаты выполнения заданий экзаменационной работы по содержательным разделам школьного курса физики за 2017 год

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий
Механика	59,5
МКТ и термодинамика	53,3
Электродинамика	49,2
Квантовая физика	47,7

В 2017 году процент выполнения заданий по разделу «Электродинамика» увеличился (49,2%), но по-прежнему остался затруднительным. Выпускникам так же, как и в прошлом году не хватило теоретических знаний для успешного выполнения заданий. А задания из раздела «Квантовая физика» оказались самыми сложными для выпускников и получили самый низкий процент выполнения - 47,7%. Раздел «Механика», как и в 2016 году, успешно выполнили более 50% обучающихся.

Таблица 1.3

Результаты выполнения заданий экзаменационной работы по содержательным разделам школьного курса физики за 2018 год

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий
Механика	60,8
Молекулярная физика	53,3
Электродинамика	49,9
Квантовая физика и элементы астрофизики	60,3

В 2018 году раздел «Электродинамика» вновь оказался самым трудным, процент выполнения заданий составил менее 50%. Обучающиеся не выполнили задания на установление соответствий и решение задач. Раздел «Механика» по-прежнему остается на первом месте по проценту выполнения (60,8%).

Выпускники демонстрируют знание формул, умение использовать их в решении задач и достаточное владение теоретическими знаниями.

Проанализировав данные таблиц можно утверждать, что наиболее сложными заданиями для учащихся являются задания по таким разделам, как «Молекулярная физика» и «Электродинамика».

Таблица 2.1

Результаты выполнения групп заданий, направленных на оценку различных способов действий, формируемых в процессе обучения физике за 2016 год

Виды деятельности	Средний % выполнения по группам заданий
Применение законов и формул в типовых ситуациях	59,5
Анализ и объяснение явлений и процессов	58,6
Методологические умения	60,5
Решение задач	16,6

Также, анализируя результаты выполнения заданий по группам за 2016 год, направленных на оценку различных способов действий, можно сказать, что сложнее всего обучающимся выполнять задания на решение задач (процент выполнения 16%). Остальные виды деятельности обучающиеся выполняют более чем на 50%.

Таблица 2.2

Результаты выполнения групп заданий, направленных на оценку различных способов действий, формируемых в процессе обучения физике за 2017 год

Способы действий	Средний % выполнения по группам заданий	
	2017 г.	2016 г.
Применение законов и формул в типовых ситуациях	67,1	59,5
Анализ и объяснение явлений и процессов	63,1	58,6
Методологические умения	75,3	60,5
Решение задач	19,3	16,6

В 2017 году средний процент выполнения заданий по группам был увеличен. Процент решения задач почти достиг 20%, что говорит о том, что выпускники стали лучше применять теоретические знания на практике. А

наибольший скачок (на 15%) были выявлены в группе заданий на методологические умения.

Таблица 2.3

Результаты выполнения групп заданий, направленных на оценку различных способов действий, формируемых в процессе обучения физике за 2018 год

Способы действий	Средний % выполнения по группам заданий	
	2017 г.	2018 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях	67,1	68,8
Анализ и объяснение явлений и процессов	63,1	61,4
Методологические умения	75,3	65,3
Решение задач	19,3	20,6

В 2018 году процент выполнения задания по различным группам изменился незначительно. Сравнивая 2017 и 2018 годы можно сказать, что процент выполнения заданий на различные способы действий составил 1-2%. И лишь процент выполнения заданий на методологические умения снизился на 10%.

В таблице 3 представлены результаты выполнения работы по группам заданий разного уровня сложности, включая результаты для групп с разным уровнем подготовки (только 2018 год).

Таблица 3

Результаты выполнения работы по группам заданий разного уровня сложности

Группы заданий разного уровня сложности	Средний % выполнения	Средний % выполнения для групп с различным уровнем подготовки			
		Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Базовый уровень	66,1	17,7	60,3	88,9	96,4
Повышенный уровень	46,4	19,7	38,8	68,7	87,2
Высокий уровень	15,4	0,1	5,1	37,6	79,5

По сравнению с 2017 годом наблюдается положительная динамика для заданий базового уровня сложности (с 42,0% до 46,4%).

Математически сложными оказались задания на определение давления твердых тел и закон Кулона.

Для участников с низким и базовым уровнями подготовки трудности в этих заданиях представляли арифметические расчеты и перевод ответа в дольные единицы. Знание формулы закона Кулона подтверждается выполнением заданий на изменение силы Кулона при изменении расстояния между зарядами или величины зарядов не менее чем 60% выпускников.

Не усвоены формулы для силы давления столба жидкости (43%), энергии магнитного поля катушки с током (37%), а также определение периода колебаний колебательного контура с использованием формулы для изменения напряжения на обкладках конденсатора.

Также трудными в выполнении оказались задания на определение результирующего вектора магнитной индукции двух прямых проводников с током.

"Умение анализировать и объяснять протекание различных физических явлений и процессов проверялось в экзаменационной работе двухбалльными заданиями на изменение величин и на множественный выбор"[1].

К проблемным можно отнести лишь одну группу заданий на анализ изменения физических величин, характеризующих протекание тока в цепи. В этом задании полностью верный ответ записали лишь 18% выпускников.

Для трех разделов (механики, молекулярной физики и электродинамики) предлагались задания на множественный выбор, предполагающие выбор двух верных утверждений на основе комплексного анализа физического процесса. Как и в прошлом году, для этих заданий характерен более высокий процент участников, набравших 1 балл, и существенно более низкий процент участников, набравших 2 балла.

Однако среди этих заданий есть те, для которых процент выпускников, правильно указавших оба ответа невелик.

Каждый год во всех экзаменационных вариантах предлагаются задачи по разным темам школьного курса физики.

Задания с кратким ответом включали в себя задачи по механике, молекулярной физике и квантовой физике. Наибольший процент выполнения продемонстрированы в заданиях по механике. Более низкие результаты выпускники показывают по молекулярной физике и термодинамике, а самые низкий процент решения - по квантовой физике.

Проанализировав задания и результаты их выполнения, можно выделить наиболее трудно усваиваемые темы:

- задачи на расчет коэффициента полезного действия теплового двигателя;
- задачи на расчет коэффициента полезного действия источника электромагнитного излучения;
- изменение вида изображения предмета в линзе при условии, что часть линзы закрыли экраном;
- изменение показаний приборов в электрической цепи (по фотографии цепи) при изменении сопротивления реостата;
- изменение величины и направления тока в цепи постоянного тока, содержащей параллельно соединенные резистор и катушку индуктивности;
- определение направления индукционного тока в катушке при изменении силы тока в другой катушке при условии, что обе катушки помещены на одном железном сердечнике;
- определение направление результирующей силы Ампера, действующей на рамку в изменяющемся внешнем магнитном поле и поле прямого тока.

Процент выполнения вышеперечисленных заданий составляет не более 15%, а в некоторых случаях не более 7%.

Представленный выше анализ результатов выполнения заданий контрольно измерительных материалов единого государственного экзамена по физике показал, что существуют традиционные «проблемные зоны», которые связаны с общепринятой практикой изучения соответствующих элементов содержания. К этим проблемным зонам относятся как общие сюжеты (элементы статики, более глубокое освоение вопросов механики по сравнению с электродинамикой и квантовой физикой, более высокие результаты решения расчетных задач по сравнению с качественными), так и мелкие частные вопросы (например, потенциал электростатического поля, что происходит при заземлении проводника, соединения конденсаторов).

Все эти вопросы нашли отражение в анализе результатов. Приведенный выше подробный разбор содержания заданий и типичных ошибок, допускаемых участниками экзамена, позволяет учителям при планировании учебного процесса принять меры по минимизации частных проблем. Решение же указанных выше более общих проблем является задачей новых учебных методических комплектов.

## 1.2 Анализ методической литературы по подготовке обучающихся к единому государственному экзамену

Изучив содержание различных методических материалов и пособий по подготовке к единому государственному экзамену, можно отметить, что структуры схожи. В основном в сборниках приводятся варианты ЕГЭ, рекомендацию и инструкции по решению заданий, таблицы и теоретический материал и ответы. Таким образом, ни в одном методическом пособии не включены типичные ошибки экзаменационных работ предыдущих лет.

Рассмотрим первое пособие по физике для обучающихся старших классов. С.М. Козел. Физика. 10-11 классы: пособие для учащихся и абитуриентов. В 2-х частях.

"Первая часть включает разделы "Механика", "Механические колебания и волны", "Термодинамика и молекулярная физика". Во вторую часть пособия включены разделы "Электродинамика", "Электромагнитные колебания и волны", "Оптика", "Специальная теория относительности", "Квантовая физика", "Физика атома и атомного ядра"[2]. В книге последовательно излагается материал курса физики на профильном уровне. Ряд параграфов, отмеченных звездочкой, может быть использован при углубленном изучении физики. Значительное внимание уделено методике решения задач и подготовке к единому государственному экзамену. Каждый параграф включает тематическую подборку задач различной трудности и тестов. Пособие предназначено учащимся старших классов, абитуриентам, а также всем, кто хочет восстановить и углубить свои знания по курсу физики средней школы. Оно будет полезно учителям физики общеобразовательных учреждений, студентам педагогических и технических вузов.

Учебники Г.Я.Мякишева профильного уровня.

В учебниках на современном уровне изложены фундаментальные вопросы

школьной программы, представлены основные технические применения законов физики, рассмотрены методы решения задач. Книга адресована учащимся физико-математических классов и школ, слушателям и преподавателям подготовительных отделений вузов, а также читателям, занимающимся самообразованием и готовящимся к поступлению в вуз. Рекомендовано Министерством образования и науки Российской Федерации.

Ссылки на яндекс диск.

Физика 10. Механика. Г.Я.Мякишев <https://yadi.sk/d/WfeqUNlo7GKJM>

Физика 10. Молекулярная физика и термодинамика. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков <https://yadi.sk/d/883VU3At7GKPT>

Физика 10-11. Электродинамика. Г.Я.Мякишев <https://yadi.sk/d/Z6R-dbCo7GKS7>

Физика 11. Колебания и волны. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков <https://yadi.sk/d/0o3pXhjo7GKVY>

Физика 11. Оптика. Квантовая физика. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков <https://yadi.sk/d/mun8UtKz7GKbP>

Репетитор по физике. И.Л.Касаткина

В пособиях даны методические указания к решению задач физики, изучаемой в 9-10-х классах средней школы и младших курсов ВУЗов. Рассмотрено решение множества задач как средней, так и повышенной трудности. Предложено большое количество задач для самостоятельного решения.

Пособие незаменимо в процессе учебы, при подготовке к контрольным работам, государственному централизованному тестированию и экзаменам. Оно окажет большую помощь старшеклассникам и студентам в течение всего учебного процесса, а также всем, кто занимается самообразованием и сдает экзамены экстерном.

В первой книге разбираются следующие темы:

- Механика
- Молекулярная физика

- Термодинамика
- Во второй книге:
- Электромагнетизм
- Колебания и волны
- Оптика
- Теория относительности
- Физика атома и атомного ядра

Физика. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. В 3-х книгах. (для углубленного изучения).

Учебник принципиально нового типа. Последовательность изложения соответствует логической структуре физики как науки и отражает современные тенденции ее преподавания. Материал разделен на обязательный и дополнительный, что позволяет строить процесс обучения с учетом индивидуальных способностей учащихся, включая организацию их самостоятельной работы. Задачи служат как для получения новых знаний, так и для развития навыков исследовательской деятельности.

Книга 1 - Механика (кинематика, динамика, законы сохранения, колебания и волны, движение жидкостей и газов);

следующая книга – «Электродинамика. Оптика (электростатика, постоянный электрический ток, электромагнитное поле, переменный электрический ток, электромагнитные колебания и волны. Оптика)»;

еще одна книга – «Строение и свойства вещества (теория относительности; законы микромира, частицы и волны; атомы, молекулы, кристаллы; основы термодинамики; основы молекулярно-кинетической теории; атомы и излучение; электронные свойства твердых тел; атомное ядро и элементарные частицы)».

Для учащихся школ, гимназий, лицеев с углубленным изучением физико-математических дисциплин, а также для подготовки к конкурсным экзаменам в вузы.

Сборник задач.

Сборник задач представляет собой составную часть учебного пособия. Сборник задач содержит около 1200 задач различной сложности, охватывающих весь материал теоретического курса. Все задачи снабжены ответами, наиболее сложные — указаниями или решениями. Сборник задач предназначен преподавателям для проведения занятий в группах различной подготовки и учащимся для развития навыков решения физических задач и при подготовке к единому государственному экзамену и к вступительным экзаменам в высшие учебные заведения.

## Глава 2

### Методические рекомендации по организации элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену для 11 классов"

#### 2.1 Проектирование программы элективного курса "Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов"

"Элективный курс - это кратковременный тематический курс, который предлагается обучающимся на основе изучения их запросов и реализуется за счет часов школьного компонента. Предлагаемый элективный курс является корректирующим и предполагает ежегодное изменение в своем содержании на основании анализа результатов выполнения единого государственного экзамена"[4].

Целью данного элективного курса (как и всех) является удовлетворение запроса к образовательному учреждению со стороны личности и местных сообществ. В контексте профильного обучения они реализуют компенсаторную функцию и являются объектом, позволяющим организовать регулярную процедуру выбора. Процедура выбора, обеспеченная педагогическим консультированием, позволит сформировать один из результатов обучения на старшей ступени: готовность сделать ответственный выбор.

Элективные курсы могут иметь следующее предназначение:

- социальные практики,
- профессиональные пробы.

Данный элективный курс имеет предназначение профессиональной пробы, так как обучающиеся делают целенаправленный выбор.

- предпрофессиональная подготовка,
- пропедевтика вузовских спецдисциплин,
- углубление отдельных тем обязательных предметов федерального компонента и обязательных предметов по выбору,

- расширение границ углубляемых дисциплин из числа обязательных предметов федерального компонента и обязательных предметов по выбору

(такие курсы предназначены, прежде всего, для обучающихся со сформировавшимися представлениями о будущей образовательной траектории и планами в области профессионального самоопределения, которые могут достаточно узко формулировать свой образовательный запрос),

- общеразвивающие тренинги,

- удовлетворение познавательных интересов

(нельзя упускать из виду сферу собственно познавательных интересов обучающегося, которые могут быть направлены на самые разнообразные предметы, далекие как от базового содержания общего образования, так и от социально-профессионального самоопределения. Эти интересы также следует использовать для интенсификации процессов самоопределения обучающегося, а следовательно, в определенной степени они должны быть удовлетворены в рамках старшей профильной школы).

Школьный компонент базисного учебного плана представлен избыточным списком тематических краткосрочных (17, 34, 68 часов) модулей - элективных курсов. Образовательное учреждение предоставляет учащемуся выбор из перечня элективных курсов, имеющих различное предназначение.

- учащийся должен выбрать не менее 3 или 4-х часов (в неделю) элективных курсов,

- учащийся может выбрать еще 1 час (в неделю) элективных курсов,

- учащийся может выбрать еще 2 часа (в неделю) элективных курсов, если они предложены образовательным учреждением в статусе программы дополнительного образования и организованы во второй половине дня.

"Выбор обучающегося не является разовой акцией:

- учащийся должен выбирать новые элективные курсы перед началом каждого полугодия. Каждое полугодие обучающимся предлагается новый список элективных курсов для выбора"[7].

Формирование и корректировка списочного состава обучающихся, выбравших элективные курсы, состоит из следующих этапов:

- информирование обучающихся о содержании элективных курсов и процедуре выбора,

- фиксация решений (результатов выбора) обучающихся,

- формирование групп,

- корректировка состава групп.

На основании выбора учащимися элективных курсов администрация образовательного учреждения открывает группы для изучения.

- минимальное количество обучающихся в группе - 5 человек, максимальное - 25 человек.

Если количество желающих освоить программу элективного курса больше, чем установлено, то администрация образовательного учреждения открывает две группы для освоения данного курса.

"Каждый элективный курс представляет собой завершённую дидактическую единицу, направленную на получение одного-двух образовательных результатов. К образовательным результатам элективных курсов могут быть отнесены:

- знания учащихся, сформированные на определенном уровне освоения;

- предметные умения;

- предпрофессиональные умения;

- элементы функциональной грамотности;

- навыки;

- отдельные аспекты ключевых компетентностей;

- полученный опыт деятельности"[3].

Оценивание образовательных результатов проводится в следующих формах: тестирование, реферат, письменная контрольная работа по пройденным темам, проект.

Текущий контроль успеваемости обучающихся осуществляется педагогами по зачётной системе (зачёт/незачёт). Педагог, проверяет и оценивает работы учащихся, в том числе предметные умения, предпрофессиональные умения, навыки, полученный опыт деятельности, выставляет оценку в классный журнал и дневник обучающегося.

В конце каждого полугодия выставляются итоговые оценки за пройденный элективный курс на основании выполненной итоговой работы. Учитель в начале курса знакомит обучающихся с критериями оценивания результатов изучений элективного курса и формой зачётной итоговой работы.

Компонентами, составляющими программы элективных курсов, являются:

1. Титульный лист.
2. Пояснительная записка.
3. Учебно-тематический план
4. Содержание курса по темам.
5. Информационно-методическое сопровождение: контроль уровня обучаемости, перечень литературы, учебно-методическое обеспечение предмета.

*Титульный лист* должен содержать следующую информацию:

- образовательное учреждение, реализующее программу,
- название программы,
- автор программы,
- профиль и адресат программы (класс, возраст),
- назначение, уровень программы,

- сведения где, когда и кем утверждена программа,
- сроки реализации программы,
- год разработки программы.

*Название* программы должно быть привлекательным. С одной стороны, оно не должно быть похожим на школьное, а с другой – показывать то, чем ученики будут заниматься.

В *пояснительной записке* программ элективных курсов по профильному обучению должны быть указаны следующие положения.

1. *Обоснование места и роли курса в профильном обучении.* Важно показать, каково место курса в соотношении как с общеобразовательными, так и с базовыми профильными предметами: какие межпредметные связи реализуются при изучении элективных курсов, какие общеучебные умения и навыки при этом развиваются, каким образом создаются условия для активизации познавательного интереса учащегося, его профессионального самоопределения.

2. *Цели и ценности учебного курса, задачи.* Цель курса должна показывать, для чего он изучается, какие потребности субъектов образовательного процесса данный курс удовлетворяет (имеются ввиду интересы учителей, учащихся, родителей, школьного сообщества, общества).

Изложение целей в пояснительной записке следует заканчивать формулированием требований к уровню образованности (грамотность, функциональная грамотность, информированность, компетентность).

Для обеспечения привлекательности преподавателю необходимо будет осуществлять своеобразную «рекламную акцию» данного курса. Для того, чтобы этого достичь, необходимо сделать цели программы курса понятными для самих учеников. Поэтому необходимо в доступной для учащихся лексике проблемно и практикоориентировано и привлекательно сформулировать основные идеи курса, например: « Вы научитесь..», «вы узнаете...», « вы попробуете себя в...»

3. *Обоснование отбора содержания и общей логики в последовательности его изучения*, раскрытие связей учебной и внеучебной работы, обоснование новизны программы, сроки и этапы реализации программы, режим занятий.

*Учебно-тематический план* содержит:

- названия блоков (модулей);
- количество часов на теорию и практику;
- общее количество часов;
- контрольно-измерительные мероприятия;
- вид деятельности учащихся.

*Структура и содержание программы* состоит из перечня тем и их реферативного описания.

В *содержании* программы элективных курсов должны быть представлены блоки, отражающие следующие виды деятельности учащихся:

1. Информационная (получение информации от педагога и самостоятельно с помощью ИКТ)
2. Консультационная.
3. Диагностическая (с помощью разработанного контрольно-измерительного пакета)
4. *Деятельностные пробы* (на основе заданных инструкций или индивидуальных проектов).

В программе в этом разделе должны быть отражены показатели и сформулированы требования к образованности в итоге прохождения программы:

- Основные идеи и система ценностей, которую должен усвоить ученик.
- Конечная система или комплекс знаний.
- Перечень умений( способов деятельности).

- Перечень проблем, которые учащиеся должны научиться решать, творчески изучая данный курс.

- Перечень «Дидактические контрольно-измерительные материалы» ( диагностические карты, тесты, контрольные вопросы, темы заданий и презентаций и др.).

Информационно-методическое сопровождение:

- Список литературы и адресов в ИНТЕРНЕТ.
- Методические рекомендации учащемуся по усвоению программы, в том числе с применением информационно-коммуникационных технологий (электронные методические пособия, электронные задания по самостоятельной работе с сетью ИНТЕРНЕТ, контрольные задания, образцы презентаций проектов и др.).

- Методические указания преподавателю по реализации программы. Глоссарий и другая полезная информация, технические указания к тексту программы.

"Для того, чтобы спроектировать программу элективного курса, необходимо выполнить следующие шаги.

1. Во-первых, определиться с тематикой курса (или нескольких курсов в зависимости от возможностей школы), цели его изучения.

2. Отбор материал для содержания курса.

3. Создать методические документы(название курса, цели его преподавания, содержание обучения и воспитания, описание дидактических процессов и организационных форм обучения)"[6].

4. Подготовить учебно-методический комплект для сопровождения курса (тематическое и поурочное планирование, демонстрационный материал, банк заданий для учащихся и т. д.).

5. Определить возможные индивидуальные траектории обучения для каждого учащегося.

6. Откорректировать методическую систему, учебно-методический комплект и индивидуальные траектории обучения учащихся в процессе преподавания.

## 2.2 Содержание элективного курса по физике «Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов»

### Пояснительная записка

Элективный курс «Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов» предназначен для обучающихся 11 классов на второе полугодие, после того как выпускники прошли основной курс подготовки к единому государственному экзамену. Курс построен с опорой на знания и умения, полученные учащимися при изучении физики в течение всего процесса обучения предложенный элективный курс способствует лучшему усвоению особо трудного учебного материала и учет основных ошибок в выполнении заданий по таким разделам физики, как «Электродинамика» и «Квантовая физика».

Совместно с повторением теоретического материала на каждом занятии ученикам предлагаются задания, которые способствуют лучшему усвоению и повторению материала; формируют умение выделять главное.

Вся программа курса поделена на три раздела. Первый раздел включает в себя разбор и решение заданий по теме «Электродинамика». Второй раздел, соответственно, включает разбор и решение задание по разделу «Квантовая физика». В третьем разделе собраны те задания, которые не входят в первый и второй раздел, но нуждаются в подробном разборе. В ходе изучения данного элективного курса особое внимание уделяется на развитие умений учащихся решать вычислительные, графические, качественные и экспериментальные задачи, а в особенности делать логические заключения.

*Цели* элективного курса:

- закрепление и систематизация полученных в ходе обучения знаний;
- разбор наиболее затруднительных заданий, встречающихся в едином государственном экзамене;
- подготовка учащихся к единому государственному экзамену.

*Задачи* элективного курса:

- углубление, систематизация и расширение знаний и умений по физике;
- усвоение учащимися основных алгоритмов по решению задач;
- устранение пробелов в сложных для понимания разделах.

*Содержание* программы элективного курса «Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов»:

1. Вводное занятие - 1 час.
2. Электродинамика. Разбор «трудных» заданий первой части ЕГЭ - 3 часа. Электрическая емкость. Сила Лоренца. Сила Ампера. Колебательный контур. Объяснение явлений. Направление магнитного поля.
3. Электродинамика. Разбор расчетных задач и практических заданий второй части ЕГЭ - 4 часа. Магнетизм. Электрическое поле. Качественные и расчетные задачи.
4. Квантовая физика. Разбор «трудных» заданий первой части ЕГЭ - 3 часа. Атомные спектры. Внешний фотоэффект. Энергия и импульс фотона. Установление соответствий.
5. Квантовая физика. Разбор расчетных задач и практических заданий второй части ЕГЭ - 2 часа. Фотоэффект. Энергетические переходы в атоме. Расчетные и качественные задачи.
6. Общий раздел. Включает задачи по различным разделам физики, вызывающие затруднения – 3 часа. КПД из раздела механики. Линзы. Гидростатика.
7. Закрепление – 2 час.

*Литература* для учащихся:

1. Физика. Козел. 10-11 классы: пособие для учащихся и абитуриентов. В 2-х частях. Вторая часть. «Электродинамика», «Квантовая физика», «Физика атома и атомного ядра».
2. Элементарный учебник физики. Ландсберг.

3. Мякишев. Учебник профильных классов. 10-11 кл.

Электродинамика.

4. Мякишев. Учебник профильных классов. 11 кл. Оптика и квантовая физика.

5. Репетитор по физике. Касаткина И.Л. Книга 2.

6. 1000 задач по физике. 2018. Демидова, Грибов.

7. Физика. Подготовка к ЕГЭ. 20 тестов по новой демоверсии.

Кочетов, Сенина

### Учебно-тематический план

№	Тема	Кол-во часов	Виды деятельности	Планируемый результат	Формы контроля
1	Вводное занятие	1	Решение задач первой части ЕГЭ по всем темам	Самоанализ знаний	Тестирование
<b>Электродинамика</b>					
2	Сила Лоренца. Сила Ампера.	1	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
3	Электрическая емкость. Колебательный контур.	1	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
4	Направление магнитного поля.	1	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
5	Магнетизм. Часть 2.	2	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание

<b>6</b>	<b>Электр ическое поле. Часть 2.</b>	<b>2</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
----------	--	----------	--------------------------	--	-----------------------------

**Квантовая физика**

<b>7</b>	<b>Атомны е спектры.</b>	<b>1</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
----------	------------------------------	----------	--------------------------	--	-----------------------------

<b>8</b>	<b>Энергия и импульс фотона.</b>	<b>1</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
----------	--	----------	--------------------------	--	-----------------------------

<b>9</b>	<b>Внешни й фотоэффект. Установлен ие соответстви й.</b>	<b>1</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
----------	--	----------	--------------------------	--	-----------------------------

<b>10</b>	<b>Фотоэф фект. Часть 2.</b>	<b>1</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
-----------	--------------------------------------	----------	--------------------------	--	-----------------------------

<b>11</b>	<b>Энергет ические уровни в атоме. Часть 2.</b>	<b>1</b>	<b>Решение задач</b>	<b>Умение применять знания при решении задач</b>	<b>Домашнее задание</b>
-----------	---	----------	--------------------------	--	-----------------------------

<b>Общий раздел</b>					
<b>12</b>	<b>Механика</b>	<b>1</b>	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
<b>13</b>	<b>Гидростатика</b>	<b>1</b>	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
<b>14</b>	<b>Линзы(Часть 2)</b>	<b>1</b>	Решение задач	Умение применять знания при решении задач	Домашнее задание
<b>Закрепление</b>					
<b>15</b>	<b>Закрепление</b>	<b>2</b>	Решение задач	Самоанализ знаний	Домашнее задание

Учитывая вышесказанное в пункте 1.2, нами были разработаны методические рекомендации по организации элективного курса “Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 классов”. Далее представлена структура каждого занятия.

### **1. Вводное занятие.**

<b>Этап урока</b>	<b>Действия учителя</b>	<b>Действия обучающихся</b>
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы

	таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

**Задания:** предполагает решения стандартного варианта экзаменационной работы( только первую часть) для того, чтобы оценить текущий уровень знаний учащихся.

## 2. Сила Лоренца. Сила Ампера.

<b>Этап урока</b>	<b>Действия учителя</b>	<b>Действия обучающихся</b>
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы). Теги: сила Лоренца. Сила Ампера. Формулы. Правило правой руки. Применение правила правой руки.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.

<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач
-------------------------------	---	-------------------------------

### Задания:

1. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией 2,5 Тл. На проводник длиной 50 см, расположенным под углом  $30^\circ$  к вектору индукции, при силе тока в проводнике 0,5 А?
2. Прямолинейный проводник длиной 0,2 м., по которому течет ток 2 А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл и расположен параллельно вектору В. Каков модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля?
3. Максимальная сила, действующая в однородном поле на проводник с током длиной 10 см равна, 0,02 Н. Сила тока равна 8 А. Чему равен модуль вектора магнитной индукции?
4. Определить силу, с которой однородное магнитное поле действует на проводник длиной 20 см, если сила тока в нем 300 мА, расположенный под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции. Магнитная индукция составляет 0,5 Тл.
5. Проводник с током 5 А находится в магнитном поле с индукцией 10 Тл. Определить длину проводника, если магнитное поле действует на него с силой 20Н и перпендикулярно проводнику.
6. Определить силу тока в проводнике длиной 20 см, расположенному перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией 0,06 Тл, если на него со стороны магнитного поля действует сила 0,48 Н.
7. Определить силу, действующую на заряд 0,005 Кл, движущийся в магнитном поле с индукцией 0,3 Тл со скоростью 200 м/с под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции.

8. Какова скорость заряженного тела, перемещающегося в магнитном поле с индукцией 2 Тл, если на него со стороны магнитного поля действует сила 32 Н. Скорость и магнитное поле взаимно перпендикулярны. Заряд тела равен 0,5 мКл.

### 3. Электрическая емкость. Колебательный контур.

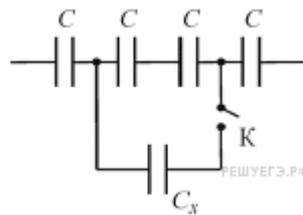
Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы). Теги: электрическая емкость. Колебательный контур. RLC-цепи. Параллельное и последовательное включение.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

**Задания:**

1. Конденсатор ёмкостью  $0,5 \text{ Ф}$  был заряжен до напряжения  $4 \text{ В}$ . Затем к нему подключили параллельно незаряженный конденсатор ёмкостью  $0,5 \text{ Ф}$ . Какова энергия системы из двух конденсаторов после их соединения? (Ответ дать в джоулях.)

2. Плоский воздушный конденсатор изготовлен из квадратных пластин со стороной  $a$ , зазор между которыми равен  $d$ . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной  $a/2$ , зазор между которыми также равен  $d$ , и заполнен непроводящим веществом.

3. Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, до замыкания ключа  $K$  имел электрическую ёмкость  $3 \text{ нФ}$ . После замыкания ключа ёмкость данного участка цепи стала равной  $4 \text{ нФ}$ . Чему равна ёмкость конденсатора  $C_x$  (в нФ)?

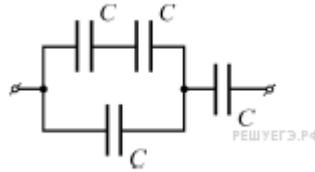


4. Модуль напряжённости электрического поля в плоском воздушном конденсаторе ёмкостью  $50 \text{ мкФ}$  равен  $200 \text{ В/м}$ . Расстояние между пластинами конденсатора  $2 \text{ мм}$ . Чему равен заряд этого конденсатора? Ответ выразите в микрокулонах.

5. Заряд плоского воздушного конденсатора ёмкостью  $25 \text{ мкФ}$  равен  $50 \text{ мкКл}$ . Расстояние между пластинами конденсатора равно  $2 \text{ см}$ . Чему равен модуль напряжённости электрического поля между пластинами? Ответ выразите в  $\text{В/м}$

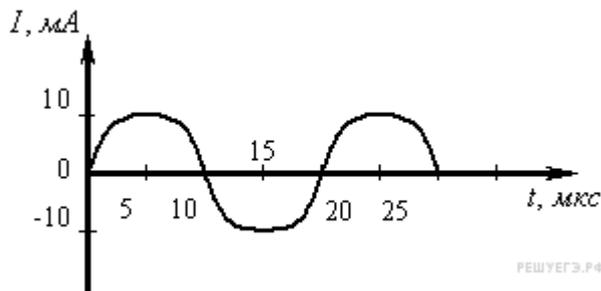
6. Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю  $50 \text{ В/м}$ , расстояние между пластинами  $12 \text{ мм}$ , заряд конденсатора  $15 \text{ мкКл}$ . Определите ёмкость этого конденсатора. Ответ выразите в  $\text{мкФ}$ .

7. Четыре конденсатора одинаковой электроёмкости  $C = 25$  пФ соединены так, как показано на схеме. Определите электроёмкость полученной батареи конденсаторов. Ответ выразите в пФ.



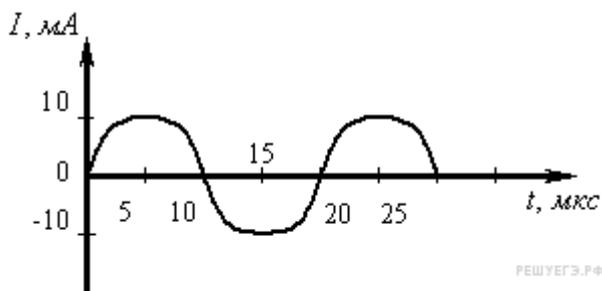
8. Изначально незаряженный конденсатор ёмкостью  $0,5$  мкФ заряжается в течение  $10$  с электрическим током, средняя сила которого за время зарядки равна  $0,3$  мА. К моменту окончания зарядки конденсатора в нём запасается энергия  $9$  Дж. Чему равна электрическая ёмкость конденсатора? Ответ выразите в мкФ и округлите до десятых долей.

9. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре.



- Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в  $4$  раза больше, то каков будет период колебаний? (Ответ дать в мкс.)

10. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре.



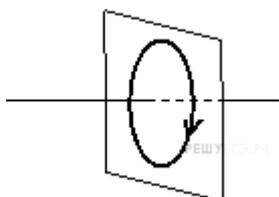
Если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, емкость которого в 4 раза больше, то каков будет период колебаний? (Ответ дать в мкс.)

### 5. Направление магнитного поля.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы). Направление магнитного поля. Правило левой руки. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

#### Задания:

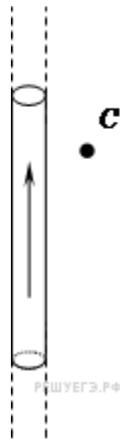
1. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой.



Виток расположен в вертикальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) вправо
- 2) вертикально вниз
- 3) вертикально вверх
- 4) влево

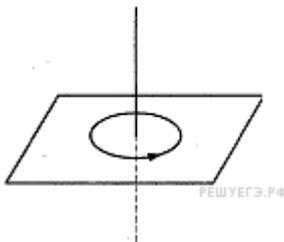
2. На рисунке изображен длинный цилиндрический проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой.



Как направлен вектор магнитной индукции поля этого тока в точке  $C$ ?

- 1) в плоскости чертежа вверх
- 2) в плоскости чертежа вниз
- 3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа
- 4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа

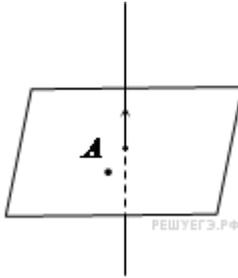
3. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой.



Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля направлен

- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) влево
- 4) вправо

4. На рисунке изображен проводник, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой.



В точке  $A$  вектор индукции магнитного поля направлен

- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) влево
- 4) вправо

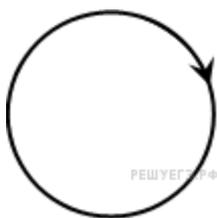
5. К магнитной стрелке (северный полюс затемнен, см. рисунок), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный полосовой магнит.



При этом стрелка

- 1) повернется на 180 градусов
- 2) повернется на 90 градусов по часовой стрелке
- 3) повернется на 90 градусов против часовой стрелки
- 4) останется в прежнем положении

6. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой.



Виток расположен в плоскости чертежа. В центре витка вектор индукции магнитного поля направлен

- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) горизонтально к нам
- 4) горизонтально от нас

7. На рисунке изображен горизонтальный проводник, по которому течет электрический ток в направлении «к нам».



В точке  $A$  вектор индукции магнитного поля направлен

- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) влево
- 4) вправо

8. Четыре прямолинейных параллельных друг другу тонких проводника с одинаковым током  $I$  проходят через вершины квадрата. Сначала их располагают так, как показано на рис. А, а затем - так, как показано на рис. Б (на рисунках показан вид со стороны плоскости квадрата).

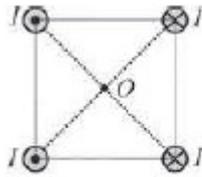


рис. А

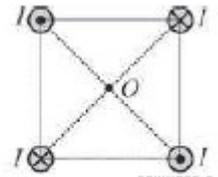


рис. Б

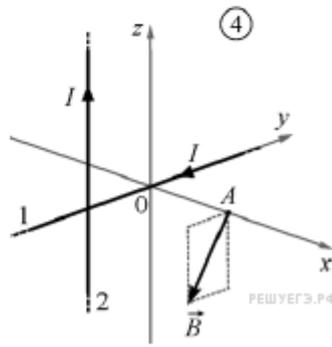
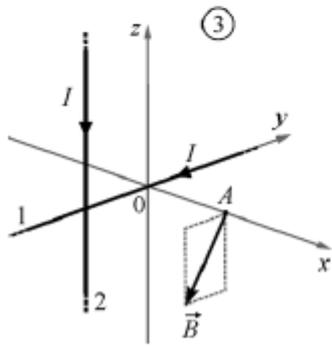
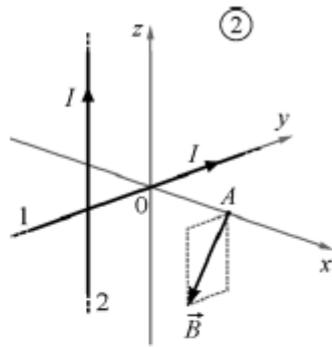
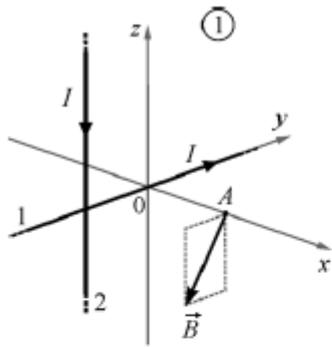
6.

Индукция магнитного поля, созданного этими проводниками в центре квадрата  $O$ ,

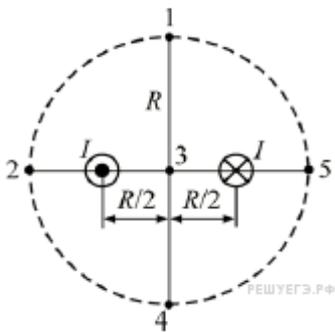
- 1) равна нулю только в случае, изображённом на рис. А
- 2) равна нулю только в случае, изображённом на рис. Б
- 3) равна нулю в случаях, изображённых на обоих рисунках
- 4) не равна нулю ни в одном из случаев, изображённых на рисунках

9. Магнитное поле образовано двумя бесконечно длинными тонкими прямыми проводами, по которым протекают одинаковые токи  $I$ . Провод 1 лежит на оси  $OY$ , провод 2 параллелен оси  $OZ$  и пересекает ось  $OX$ . Направление вектора индукции магнитного поля, создаваемого этими токами в точке  $A$ , изображено на рисунке (пунктирный прямоугольник параллелен плоскости  $YOZ$ ).

На каком из следующих рисунков правильно показаны направления протекания токов в проводах?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



10. По двум параллельным тонким длинным проводам, расстояние между которыми равно  $R$ , текут одинаковые, но противоположно направленные токи силой  $I$  (см. рисунок, вид вдоль проводов). Пунктирной линией изображена окружность радиусом  $R$  с центром в точке 3, которая находится на одинаковом расстоянии от обоих проводов. Укажите номер точки (1, 3, 4, 5), в

которой вектор магнитной индукции суммарного магнитного поля имеет такие же модуль и направление, как и в точке 2.

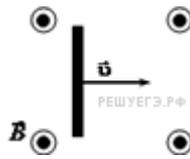
## Магнетизм. Часть 2

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы). Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Мощность. Формулы.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. Горизонтальный проводник длиной 3 метра движется равноускорено в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тесла. Скорость проводника горизонтальна и перпендикулярна проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, проводник переместился на 1 метр.

Электродвижущая сила индукции на концах проводника в конце перемещения равна 2 Вольтам. Каково ускорение проводника?



Решение:

ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta\Phi = B\Delta S$ , где площадь определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т. е.  $\Delta\Phi = Bl\Delta x$ .

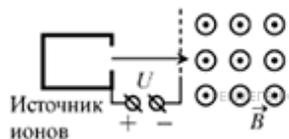
Следовательно,  $|\varepsilon| = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Blv$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что  $|\varepsilon| = Bl\sqrt{2ax}$ , отсюда

$$a = \frac{\varepsilon^2}{2B^2 l^2 x} = 8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a = 8 \text{ м/с}^2$ .

2. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов 10 кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции (см. рисунок).



Радиус траектории движения иона в магнитном поле 0,4 метра, модуль индукции магнитного поля равен 1 Тесла. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду  $m/q$ . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.

Решение:

Разность потенциалов сообщает иону кинетическую энергию

$$E = \frac{mv^2}{2} = qU \Leftrightarrow v^2 = 2U \frac{q}{m}$$

В магнитном поле, на движущийся ион действует сила Лоренца, которая сообщает ему центростремительное ускорение:

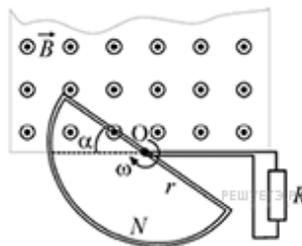
$$F_{\text{Л}} = qBv = m \frac{v^2}{R} \Leftrightarrow \frac{q}{m} BR = v \Leftrightarrow v^2 = \left(\frac{q}{m}\right)^2 B^2 R^2$$

Приравняв правые части полученных равенств, имеем

$$2U \frac{q}{m} = \left(\frac{q}{m}\right)^2 B^2 R^2 \Leftrightarrow \frac{m}{q} = \frac{B^2 R^2}{2U} = \frac{(0,5 \text{ Тл})^2 (0,2 \text{ м})^2}{2 \cdot 10000 \text{ В}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$$

Ответ:  $5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$

3. В зазоре между полюсами электромагнита вращается с угловой скоростью  $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$  проволочная рамка в форме полуокружности радиусом  $r = 4 \text{ см}$ , содержащая 10 витков провода. Ось вращения рамки проходит вдоль оси  $O$  рамки и находится вблизи края области с постоянным однородным магнитным полем с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$  (см. рисунок), линии которого перпендикулярны плоскости рамки. Концы обмотки рамки замкнуты через скользящие контакты на резистор с сопротивлением  $10 \text{ Ом}$ . Пренебрегая сопротивлением рамки, найдите тепловую мощность, выделяющуюся в резисторе.



Решение:

При вращении рамки в магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная по модулю

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BNS)}{\Delta t} = BN \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

За малое время  $\Delta t$  рамка поворачивается на угол  $\Delta\alpha = \omega\Delta t$ , и её площадь, находящаяся в магнитном поле увеличивается на  $\Delta S = \pi r^2 \cdot \frac{\Delta\alpha}{2\pi} = \frac{\omega r^2}{2} \Delta t$ , так что

$$\varepsilon = \frac{BN\omega r^2}{2} = \text{const}.$$

Так происходит до тех пор, пока площадь рамки в поле увеличивается. После того как вся рамка окажется в поле, эта площадь начнёт уменьшаться с такой же скоростью, так что ЭДС поменяет знак, но сохранит своё значение.

Таким образом, согласно закону Ома для замкнутой цепи, в рамке всё время будет течь ток с одинаковым значением  $I = \frac{\varepsilon}{R}$ , периодически изменяя своё направление на противоположное.

По закону Джоуля — Ленца тепловая мощность, выделяющаяся при этом процессе в резисторе, не зависит от направления тока и равняется

$$P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{B^2 N^2 \omega^2 r^4}{4R} = \frac{0,5^2 \cdot 10^2 \cdot 50^2 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^4}{4 \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} = 4 \text{ мВт}$$

Ответ:  $P = \frac{B^2 N^2 \omega^2 r^4}{4R} = 4 \text{ мВт}$

4. Математический маятник, грузик которого имеет массу 10 г, совершает малые колебания в поле силы тяжести с периодом 0,6 с. Грузик зарядили и включили направленное вниз однородное вертикальное электрическое поле, модуль напряжённости которого равен  $E = 2 \text{ кВ/м}$ . В результате этого период колебаний маятника стал равным  $T_2 = 0,4 \text{ с}$ . Найдите заряд  $q$  грузика.

Решение:

1. В первом случае период колебаний математического маятника равен  $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , где  $l$  — длина нити подвеса маятника.

2. Во втором случае период колебаний шарика в электрическом поле, направленном вниз, уменьшился, значит, сила натяжения нити подвеса увеличилась и заряд шарика — положительный.

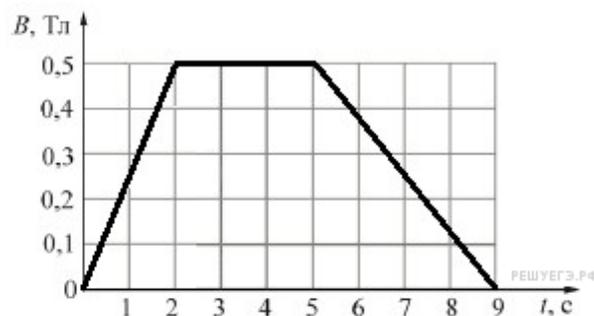
3. При малых колебаниях математического маятника с грузиком массой  $m$  и с зарядом  $q$  в поле тяготения модуль  $F$  силы натяжения нити близок к  $mg + qE$ . Уравнение движения грузика в проекции на горизонтальную ось  $X$  имеет вид:  $m\ddot{x} \approx -F\alpha - (mg + qE)\frac{x}{l}$ , где  $\alpha \approx \frac{x}{l}$  — угол отклонения нити от вертикали,  $x$  — смещение грузика. Отсюда получаем уравнение гармонических колебаний:  $x'' + \frac{mg + qE}{ml}x = 0$  или  $x'' + \omega^2x = 0$ , где  $\omega^2 = \frac{mg + qE}{ml}$ . Период этих колебаний равен  $T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + (qE/m)}} = \frac{T_1}{\sqrt{1 + \frac{qE}{mg}}}$ .

4. Из последнего уравнения находим заряд шарика маятника:

$$q = \left[ \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 62,5 \text{ мкКл.}$$

Ответ:  $q = \left[ \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 62,5 \text{ мкКл.}$

5. На рисунке приведён график зависимости модуля индукции  $B$  магнитного поля от времени  $t$ . В это поле перпендикулярно линиям магнитной индукции помещён проводящий прямоугольный контур сопротивлением  $R = 50$  мОм. Найдите площадь контура, если за все время в контуре выделилось 1,5 мДж теплоты.



Решение:

Согласно закону электромагнитной индукции, ЭДС индукции, возникающая в контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока через контур:

$$|\varepsilon_{\text{и}}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{S\Delta B}{\Delta t} \right|.$$

При прохождении индукционного тока в контуре выделяется количество теплоты, равное

$$Q = \frac{|\varepsilon_{\text{и}}|^2}{R} \Delta t = \frac{S^2 \Delta B^2}{R \Delta t}.$$

Как видно из рисунка, на среднем участке величина индукции магнитного поля не изменяется, а значит, индукционный ток там не возникает.

Тогда за все время в контуре выделится

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{S^2 \Delta B_1^2}{R \Delta t_1} + \frac{S^2 \Delta B_2^2}{R \Delta t_2} = \frac{S^2}{R} \left( \frac{\Delta B_1^2}{\Delta t_1} + \frac{\Delta B_2^2}{\Delta t_2} \right).$$

Причем не важно в каком направлении течет индукционный ток, а имеет значение только его действие.

Отсюда площадь контура равна

$$S = \sqrt{\frac{QR}{\left(\frac{\Delta B_1^2}{\Delta t_1} + \frac{\Delta B_2^2}{\Delta t_2}\right)}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{\frac{0,5^2}{2} + \frac{0,5^2}{4}}} = 0,02 \text{ м}^2 = 200 \text{ см}^2.$$

Ответ:  $S = 200 \text{ см}^2$ .

## Электрическое поле. Часть 2.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
Теория	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы). Энергия конденсатора. Электрическое и электромагнитное поле.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы

	Заряд конденсатора. Энергия конденсатора.	
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из них, не разрывая цепь, опустили в масло с диэлектрической проницаемостью 3. Как и во сколько раз при этом изменится энергия второго конденсатора, который остался не погружённым в масло?

### Решение:

Пусть  $\xi$  — ЭДС источника тока. В силу закона сохранения электрического заряда, в начальном состоянии заряды на последовательно соединенных конденсаторах одинаковы:  $q_1 = q_2 = \frac{C\xi}{2}$ .

При одинаковой емкости конденсаторов ( $C_1 = C_2 = C$ ) напряжения на них также одинаковы:  $U_1 = U_2 = \frac{\xi}{2}$ . Энергия второго конденсатора равна

$$W_1 = \frac{CU_2^2}{2}.$$

В конечном состоянии (все обозначения, относящиеся к конечному состоянию, снабжены штрихами) заряды на конденсаторах по-прежнему одинаковы, но емкости конденсаторов разные ( $\varepsilon C$  и  $C$ ), и напряжения на конденсаторах тоже разные:  $q'_1 = q'_2 = \varepsilon CU'_1 = CU'_2$ , причем  $U'_1 + U'_2 = \xi$ . Отсюда получаем:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{\varepsilon C\xi}{\varepsilon + 1}, \quad U'_2 = \frac{q'_2}{C} = \frac{\varepsilon\xi}{\varepsilon + 1}.$$

Энергия второго конденсатора

$$W'_2 = \frac{C(U'_2)^2}{2}.$$

Таким образом,

$$k = \frac{W'_2}{W_2} = \frac{(U'_2)^2}{U_2^2} = \frac{\varepsilon^2\xi^2}{(\varepsilon + 1)^2} \cdot \frac{4}{\xi^2} = \frac{4\varepsilon^2}{(\varepsilon + 1)^2} = \frac{4 \cdot 3^2}{(3 + 1)^2} = \frac{9}{4} = 2,25.$$

Ответ: энергия увеличится в  $k = \frac{4\varepsilon^2}{(\varepsilon + 1)^2} = 2,25$  раза.

2. Плоское диэлектрическое кольцо радиусом  $R = 1$  м заряжено зарядом  $q = 1$  нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной  $R\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi = 0,05$  рад — угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца, и заменяют его на другой, несущий такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд. Насколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

Решение:

Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю. Действительно, для каждого участка длиной  $R\Delta\varphi$  с зарядом  $\Delta q = \frac{qR\Delta\varphi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\varphi}{2\pi}$ , создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона,  $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$  и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной  $R\Delta\varphi$ , создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю.

После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю как раз на  $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$  и будет направлена вдоль радиуса кольца  $R$ , проведённого из центра к удалённому кусочку. После замены кусочка на другой, несущий такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд, модуль напряженности в центре кольца удвоится и станет равным  $E = 2\Delta E = 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \approx 143$  мВ/м.

Ответ:  $E \approx 143$  мВ/м.

3. Какую разность потенциалов приложили к однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м, если за 15 с его температура повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, плотность меди  $8900$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоёмкость меди  $380$  Дж/(кг·К))

Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю. Действительно, для каждого участка длиной  $R\Delta\varphi$  с зарядом  $\Delta q = \frac{qR\Delta\varphi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\varphi}{2\pi}$ , создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона,  $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$  и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной  $R\Delta\varphi$ , создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю.

После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю как раз на  $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$  и будет направлена вдоль радиуса кольца  $R$ , проведённого из центра к удалённому кусочку. После замены кусочка на другой, несущий такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд, модуль напряженности в центре кольца удвоится и станет равным  $E = 2\Delta E = 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \approx 143$  мВ/м.

Ответ:  $E \approx 143$  мВ/м.

4. По однородному цилиндрическому алюминиевому проводнику сечением  $2 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup> пропустили ток 10 А. Определите изменение его температуры за 15 с. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление алюминия  $2,5 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, плотность алюминия 2700 кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоёмкость алюминия 900 Дж/(кг·К)).

Решение:

По закону Джоуля-Ленца теплота, выделяемая в проводнике за время  $t$  равна

$$Q = I^2 R t,$$

где  $I$  — сила тока, протекающая в проводнике,  $R$  — сопротивление проводника. Сопротивление цилиндрического проводника с удельным сопротивлением  $q$ , длиной  $l$  и площадью  $S$  рассчитывается по формуле  $R = q \frac{l}{S}$ . Теплота, полученная телом массой  $m$  с удельной теплоёмкостью  $c$  при нагревании на температуру  $\Delta T$ :

$$Q = cm\Delta T = c\rho V\Delta T,$$

где  $\rho$  — плотность тела. Объём цилиндра  $V = Sl$ . Приравняем два выражения для теплоты и выразим из получившегося уравнения изменение температуры  $\Delta T$ .

$$I^2 q \frac{l}{S} t = c\rho S l \Delta T \Leftrightarrow \Delta T = \frac{I^2 q t}{c\rho S^2},$$

$$\Delta T = \frac{I^2 q t}{c\rho S^2} = \frac{10^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 15}{900 \cdot 2700 \cdot (2 \cdot 10^{-6})^2} \approx 4 \text{ К.}$$

Ответ: 4 К.

5. На горизонтальной плоскости в вершинах правильного семиугольника закреплены 7 одинаковых положительных зарядов  $Q = 1$  мкКл, расположенные на расстоянии  $R = 2$  м от центра этого семиугольника. На вертикальной прямой, проведённой из этого центра, на высоте  $R$  над плоскостью находится отрицательный заряд, модуль которого равен  $q = 4$  мкКл. Найдите модуль и направление силы  $F_{\_}$ , действующей на него со стороны остальных зарядов.

Решение:

По закону Кулона сила  $f$  взаимодействия зарядов  $Q$  и  $q$ , находящихся на расстоянии  $r$  друг от друга, равна  $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{r^2}$ , или в векторной форме:  $\vec{f} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{r^3} \vec{r}$ .

В нашем случае  $r = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R$ ,  $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{2R^2}$ , а векторы  $\vec{f}$  наклонены вертикальной оси семиугольника под углами  $\alpha$  такими, что  $\cos \alpha = \frac{R}{\sqrt{2}R} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ .

Проекции всех семи векторов  $\vec{f}$  на направление оси одинаковы и равны  $f_{\parallel} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{r^2} \cos \alpha$ , а их проекции на направления, перпендикулярные оси, равны  $f_{\perp} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{r^2} \sin \alpha$ .

В соответствии с принципом суперпозиции сил сумма семи одинаковых векторов  $\vec{f}_{\perp}$ , образующих правильный семиугольник, равна нулю, а сумма семи одинаковых векторов  $\vec{f}_{\parallel}$ , направленных вдоль оси, даёт действующую на заряд  $q$  суммарную силу, равную по модулю:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{7 \cdot qQ}{2\sqrt{2}R^2} = \frac{2,47}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R^2} = 22,25 \text{ мН.}$$

и направленную вдоль оси семиугольника «к нему».

Ответ: Сила направлена вдоль оси семиугольника «к нему» и по модулю равна  $F = \frac{2,47}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R^2} = 22,25$  мН.

## Атомные спектры.

### Задания:

1. В таблице приведены значения энергии для второго и четвёртого энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, $10 \cdot 10^{-19}$ Дж
2	-5,45
4	-1,36

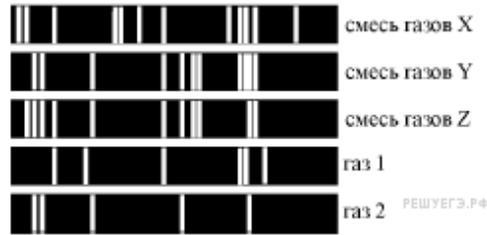
Какой должна быть энергия фотона, при поглощении которого атом переходит со второго уровня на четвёртый? (Ответ дать в  $10^{-19}$  Дж.)

2. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -13,6/n^2$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попад на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\lambda_{кр} = 300$  нм. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона? (Ответ дать в  $10^{-24}$  кг·м/с, округлив до десятых.) Постоянную Планка принять равной  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, а скорость света —  $3 \cdot 10^8$  м/с.

3. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -13,6/n^2$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попад на поверхность фотокатода, этот фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{кр} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона? (Ответ дать в  $10^{-24}$  кг·м/с, округлив до десятых.) Постоянную Планка принять равной  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

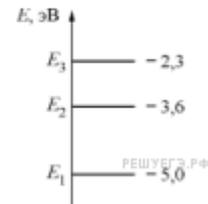
4. Электрон в атоме водорода переходит на вторую стационарную орбиту, испуская волны, длина которых равна 656 нм. С какой стационарной орбиты переходит этот электрон? Скорость света принять равной  $3 \cdot 10^8$  м/с, а постоянную Планка —  $4,1 \cdot 10^{-15}$  эВ·с.

5. На рисунке показаны спектры поглощения трёх смесей неизвестных газов (X, Y и Z), а также спектры излучения известных газов 1 и 2. Какая из смесей не содержит газ 2? В качестве ответа запишите букву, обозначающую смесь газов.



6. Электрон в атоме водорода находится в основном (самом низком, с номером  $n = 1$ ) энергетическом состоянии. Атом поглощает фотон с импульсом  $6,8 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с. Найдите номер энергетического уровня, на который в результате этого перейдёт электрон.

7. Атомы некоторого газа могут находиться в трёх энергетических состояниях, энергетическая диаграмма которых показана на рисунке. Атом находится в состоянии с энергией  $E_2$ . Фотон с какой энергией может поглотить атом этого газа? Ответ дайте в эВ.



атом этого газа? Ответ дайте в эВ.

8. Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня с номером  $n = 2$  на энергетический уровень с  $n = 1$ . Чему равен модуль импульса испущенного при этом фотона? Ответ выразите в кг · м/с, умножьте на  $10^{29}$  и после этого округлите до целого числа.

9. В 1912 г. английским физиком Альфредом Фаулером при изучении излучения вакуумных трубок, заполненных смесью водорода и гелия, была открыта спектральная серия, которую Фаулер ошибочно приписал водороду. Расчёты показывают, что одна из спектральных линий этой серии соответствует переходу электрона в атоме водорода с энергетического уровня с номером  $n = 2$  на энергетический уровень с номером  $m = 1,5$  (хотя энергетического уровня с нецелым номером, конечно же, быть не может). Чему была равна длина волны, соответствовавшая данной спектральной линии? Ответ выразите в нм и округлите до целого числа. (Постоянная Планка —  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.)

### Энергия и импульс фотона.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Каково отношение частоты света первого пучка к частоте второго?
2. Один лазер излучает монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda_1 = 300$  нм, другой – с длиной волны  $\lambda_2 = 700$  нм. Каково отношение импульсов  $p_1/p_2$  фотонов, излучаемых лазерами? (Ответ округлить до десятых.)
3. Современная зелёная лазерная указка обеспечивает генерацию лазерного луча площадью поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$  и мощностью  $0,3 \text{ Вт}$ . Какая энергия запасена в одном кубическом сантиметре этого луча? Ответ выразите в нДж.
4. Современная зелёная лазерная указка обеспечивает генерацию лазерного луча мощностью  $0,6 \text{ Вт}$ . В одном кубическом сантиметре этого луча

запасена энергия 2 нДж. Какова площадь поперечного сечения такого луча?

Ответ выразите в мм<sup>2</sup>. Скорость света принять равной  $3 \cdot 10^8$  м/с.

5. Зелёный свет ( $\lambda = 550$  нм) переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.\

6. Модуль импульса первого фотона равен  $1,32 \cdot 10^{-28}$  кг·м/с, что на  $9,48 \cdot 10^{-28}$  кг·м/с меньше, чем модуль импульса второго фотона. Найдите отношение энергий  $E_2/E_1$  второго и первого фотонов. Ответ округлите до десятых долей.

7. Длина световой волны равна 410 нм. Какой энергией обладает фотон этой волны? Ответ выразите в электронвольтах и округлите до целого числа.

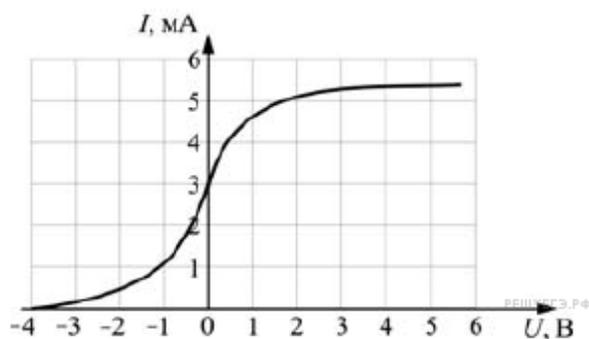
### Внешний фотоэффект.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

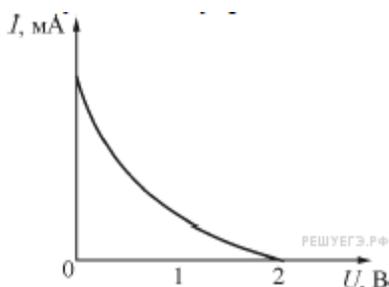
1. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом фиксированной частоты. При этом задерживающая разность потенциалов равна  $U$ . После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на 1,2 В. На какую величину изменилась частота падающего света? (Ответ дать в  $10^{14}$  Гц, округлив до десятых. Элементарный заряд —  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, постоянная Планка —  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.)
2. Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов? (Ответ дать в электронвольтах.)
3. Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов? (Ответ дать в электронвольтах.)
4. Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза больше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся электронов? (Ответ дать в электронвольтах.)
5. Работа выхода для материала катода вакуумного фотоэлемента равна 1,5 эВ. Катод освещается монохроматическим светом, у которого энергия фотонов равна 3,5 эВ. Чему равно запирающее напряжение, при котором фототок прекратится? (Ответ дать в вольтах.) Заряд электрона принять равным  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, а 1 эВ —  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.
6. В опыте по изучению фотоэффекта одну из пластин плоского конденсатора облучают светом с энергией фотона 6 эВ. Напряжение между пластинами изменяют с помощью реостата, силу фототока в цепи измеряют амперметром. На графике приведена зависимость фототока от напряжения

между пластинами. Какова работа выхода электрона с поверхности металла, из которого сделаны пластины конденсатора? (Ответ дать в электронвольтах.)



7. Энергия фотона, падающего на поверхность металлической пластинки, в 5 раз больше работы выхода электрона с поверхности этого металла. Каково отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектрона к работе выхода?

8. Работа выхода для некоторого металла равна 3 эВ. На пластинку из этого металла падает свет. На рисунке показана зависимость силы  $I$  фототока от приложенного обратного напряжения  $U$ . Какова энергия фотона светового излучения, падающего на эту пластинку? (Ответ дать в электронвольтах.)



9. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda$  фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом  $U = 1,4$  В. Определите длину волны  $\lambda$ . Ответ выразите в нм и округлите до десятков. Заряд электрона принять равным  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, постоянную Планка —  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, а скорость света —  $3 \cdot 10^8$  м/с.

10. На неподвижную пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 8 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной кинетической

энергией 3 эВ. Какова работа выхода электронов из никеля? (Ответ дайте в электронвольтах.)

### Фотоэффект. Часть 2.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

#### Задания:

1. Для измерения величины постоянной Планка в своё время использовался следующий опыт. В вакуумный фотоэлемент помещался катод из какого-либо металла, окружённый металлическим анодом. Катод облучали светом определённой длины волны (и частоты) и измеряли задерживающее напряжение между катодом и анодом, при котором ток в цепи с фотоэлементом прекращался. Оказалось, что при длине волны света, падающего на фотокатод, равной 250 нм задерживающее напряжение было равно 2,82 В, а при освещении светом с частотой  $1,5 \cdot 10^{15}$  оно равнялось 0,05 В. Найдите по этим данным величину постоянной Планка.

Решение:

Используем при решении задачи уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2},$$

где  $A_{\text{вых}}$  — работа выхода фотоэлектрона из катода, а  $m$  и  $v$  — масса и скорость электрона.

Кроме того, учтем связь частоты и длины волны света  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , а также тот факт, что ток в цепи с фотоэлементом прекращается при таком задерживающем напряжении  $U_3$ , что кинетическая энергия фотоэлектрона  $\frac{mv^2}{2}$  равна работе против сил задерживающего электрического поля:  $eU_3 = \frac{mv^2}{2}$ .

Запишем уравнение Эйнштейна с учётом приведённых выше соотношений для двух случаев, упомянутых в условии:

$$h\nu_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2} = A_{\text{вых}} + eU_1$$

$$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2} = A_{\text{вых}} + eU_2.$$

Вычтем из второго уравнения первое и получим:

$$h \left( \nu_2 - \frac{c}{\lambda_1} \right) = e(U_2 - U_1)$$

откуда

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \left(\frac{c}{\lambda_1}\right)} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (4,05 - 2,82)}{1,5 \cdot 10^{15} - \frac{3 \cdot 10^8}{(250 \cdot 10^{-9})}} \text{ Дж} \cdot \text{с} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \left(\frac{c}{\lambda_1}\right)} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

**2.** Металлическая пластина облучается светом. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м. Вектор напряжённости поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите частоту падающего на пластину света.

Решение:

Согласно уравнению фотоэффекта, частота света равна

$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{m1} \Leftrightarrow \nu = \frac{A_{\text{вых}} + E_{m1}}{h}$$

Направление напряженности электрического поля совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд. Электроны заряжены отрицательно, поэтому поле, направленное перпендикулярно к пластине, будет ускорять электроны. На отрезке длиной  $x$  электрическое поле совершит работу по разгону электрона величиной  $A = eEx$ . Таким образом, максимальная кинетическая энергия электронов на расстоянии 10 см от пластины равна

$$E_{m2} = E_{m1} + A = E_{m1} + eEx$$

Таким образом, работа частота равна

$$\nu = \frac{A_{\text{вых}} + E_{m2} - eEx}{h} = \frac{3,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 15,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 130 \text{ В/м} \cdot 0,1 \text{ м}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж} \cdot \text{с)}} \approx 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Ответ:  $\approx 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц

**3.** Два покрытых кальцием электрода, один из которых заземлён, находятся в вакууме. Один из электродов заземлён. К ним подключён конденсатор ёмкостью  $C_1 = 20\,000$  пФ. Появившийся в начале фототок при длительном освещении прекращается, при этом на конденсаторе возникает заряд  $q = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.

Решение:

Фототок прекращается тогда, когда напряжение на конденсаторе станет равным некоторому критическому напряжению, называемому запирающим напряжением  $U_3$ . Найдём запирающее напряжение. В данном случае, это напряжение на конденсаторе, в тот момент, когда прекращается фототок:  $U_3 = \frac{q}{C}$ . Фотон, падая на поверхность передаёт свою энергию электрону, при этом часть энергии фотона расходуется на преодоление работы выхода из металла, а оставшаяся часть энергии превращается в кинетическую энергию электрона:  $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} = A_{\text{вых}} + eU_3$ . Откуда с учётом выражения для запирающего напряжения:

$$\lambda = \frac{hc}{A_{\text{вых}} + e\frac{q}{C}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{20000 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}} \approx 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 330 \text{ нм.}$$

Ответ: 330 нм.

**4.** Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Работа выхода электронов из кальция равна  $A_{\text{вых}} = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле

перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом  $R = 4$  мм. Каков модуль индукции магнитного поля  $B$ ?

Решение:

Согласно второму закону Ньютона, сила Лоренца, действующая на электрон, связана с его центростремительным ускорением:  $evB = \frac{mv^2}{R}$ . Максимальную скорость фотоэлектронов находим из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

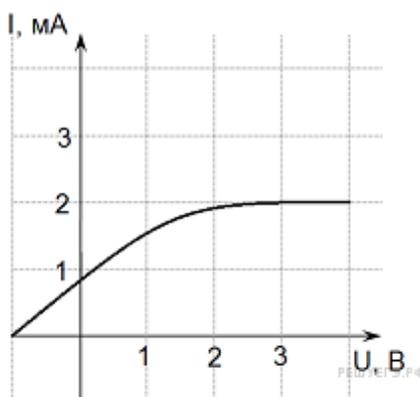
$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}} \text{ или } \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}, \text{ где } E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}.$$

В результате преобразований получаем:

$$B = \frac{\sqrt{2m\left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}\right)}}{eR} = \frac{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{300 \cdot 10^{-9}} - 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}\right)}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 10^{-3} \text{ Тл}.$$

Ответ:  $10^{-3}$  Тл.

5. На рисунке представлен график зависимости фототока из металлической пластины от величины запирающего напряжения. Мощность падающего излучения составляет 0,21 Вт. Чему равна частота фотонов, если известно, что каждые 30 фотонов, падающих на металлическую пластинку, приводят к выбиванию одного электрона.



Решение:

Из графика находим величину тока насыщения, которая равна 2 мА. Ток насыщения соответствует максимальному потоку электронов, которое способно выбивать в единицу времени излучение с определенной мощностью  $P$ .

По определению, сила тока — это количество заряда, прошедшего за единицу времени:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{N_e |e|}{t}$$

Мощность светового потока — это энергия, которую несут фотоны за единицу времени:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{N_\phi h\nu}{t}$$

Учтем, что один электрон выбивается каждые 30 фотонов, т. е.  $N_\phi = 30N_e$ :

$$P = \frac{30N_e h\nu}{t} = \frac{30I_e h\nu}{|e|} \Leftrightarrow \nu = \frac{P|e|}{30I_e h} = \frac{0,21 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{30 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 8,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

Ответ:  $8,5 \cdot 10^{14}$  Гц.

## Энергетические переходы в атоме. Часть 2.

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

**Задания:**

1. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -13,6 \cdot \frac{1}{n^2}$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана; на уровень с  $n = 2$  — серию Бальмера; на уровень с  $n = 3$  — серию Пашена и т. д. Найдите отношение  $\beta$  минимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.

Решение:

Согласно постулатам Бора, свет излучается при переходе атома на более низкие уровни энергии, при этом фотоны несут энергию, равную разности энергий начального и конечного состояний. Таким образом, испущенный фотон имел нес энергию

$$h\nu = E_2 - E_1 = -13,6 \text{ эВ} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = 10,2 \text{ эВ}$$

Согласно уравнению фотозффекта, максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов связана с энергией фотона и работой выхода соотношением

$$h\nu = A + E$$

Работа выхода связана с длиной волны красной границы соотношением:

$$A = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$$

Таким образом, максимально возможный импульс фотоэлектрон равен

$$p = \sqrt{2mE} = \sqrt{2m(h\nu - A)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left( 10,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} - \frac{6,62 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \right)} \approx 13 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Ответ:  $\approx 13 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

**Механика.**

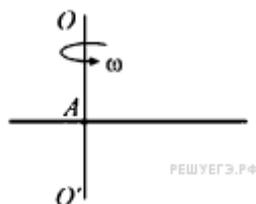
Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
Теория	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме.	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать

	Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с<sup>2</sup>. Чему равна скорость мотоциклиста в момент, когда он догонит грузовик? Ответ приведите в м/с.

2. Тонкая палочка равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг закреплённой вертикально оси  $OO'$ , проходящей через точку  $A$ . Угловая скорость вращения палочки 4 рад/с, линейная скорость одного из её концов 0,5 м/с, линейная скорость другого конца палочки 1,9 м/с. Чему равна длина палочки? Ответ дайте в метрах.



3. Камень бросили под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. В верхней точке траектории кинетическая энергия камня в 3 раза больше его потенциальной энергии (относительно поверхности Земли). Под каким углом к горизонту бросили камень? Ответ приведите в градусах.

4. Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту с плоской горизонтальной поверхности с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. На каком минимальном расстоянии от точки бросания (по горизонтали) модуль проекции скорости тела на вертикальную ось будет составлять 25% от модуля проекции скорости тела на горизонтальную ось?

Ответ приведите в метрах, округлив до целого числа.

5. Геодезическая ракета стартует с земли без начальной скорости и летит вертикально вверх. В каждый момент времени сила тяги, действующая на ракету, в 2 раза превышает действующую на ракету силу тяжести. Через 5 с после старта двигатель ракеты выключается. На какую максимальную высоту над землёй поднимется ракета в процессе своего полёта?

6. Точечное тело брошено под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите модуль скорости этого тела через  $0,75 \text{ с}$  после броска. Ответ выразите в  $\text{м/с}$ .

7. Из корзины воздушного шара, равномерно поднимающегося вверх с постоянной скоростью  $1 \text{ м/с}$ , запускают игрушечную ракету массой  $1 \text{ кг}$ . Ракета стартует, не имея начальной скорости относительно шара, и движется вертикально вниз при работающем двигателе, который развивает постоянную силу тяги, равную по модулю  $2 \text{ Н}$ . Через какое время после старта ракета врежется в землю, если в момент старта корзина находилась на высоте  $57 \text{ м}$  над землёй? Сопротивлением воздуха и изменением массы ракеты можно пренебречь. Ответ выразите в секундах и округлите до десятых долей.

8. Скорость течения широкой реки  $3,6 \text{ км/ч}$ , а скорость лодки относительно воды  $7,2 \text{ км/ч}$ . Лодочник направляет лодку под углом  $120^\circ$  к направлению течения реки. Время переправы на противоположный берег заняло 10 минут. Определите, на какое расстояние снесло лодку вдоль берега.

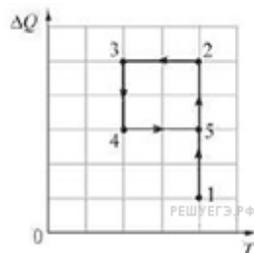
### **Гидростатика.**

Этап урока	Действия учителя	Действия
------------	------------------	----------

		<b>обучающихся</b>
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. На рисунке изображён процесс 1-2-3-4-5, проводимый над 1 молем идеального одноатомного газа. Вдоль оси абсцисс отложена абсолютная температура  $T$  газа, а вдоль оси ординат — количество теплоты  $Q$ , полученное или отданное газом на соответствующем участке процесса. После прихода в конечную точку 5 весь процесс циклически повторяется с теми же параметрами изменения величин, отложенных на осях. Найдите КПД этого цикла.



Решение:

Определим вначале тип цикла, изображённого на рисунке.

На участке 1–2 имеем  $T_{12} = const, \Delta Q_{12} > 0$ , следовательно, изотермический процесс, при котором рабочее тело — газ — получает количество теплоты  $\Delta Q_{12} > 0$ .

Аналогичным образом, участок 3–4 — это изотермический процесс  $T_{34} = const$ , при котором рабочее тело отдаёт количество теплоты  $\Delta Q_{34} < 0$ , причём  $|\Delta Q_{34}| < |Q_{12}|$ . На участках 2–3 и 4–5 имеем  $Q_{23} = Q_{41} = 0$  так что эти участки являются адиабатическими процессами, при которых рабочее тело не обменивается теплотой с окружающей средой.

Таким образом, данный циклический процесс — это цикл идеальной тепловой машины, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Этот цикл проводится, как видно из рисунка, между максимальной температурой  $T_{12}$  и минимальной температурой  $T_{34} = \frac{T_{12}}{2}$ .

$$\text{КПД такого цикла Карно равен } \eta = 1 - \frac{T_{34}}{T_{12}} = 1 - \frac{1}{2} = 0,5.$$

Таким образом, КПД данного цикла составляет 50 %.

Ответ: КПД цикла равен  $\eta = 50\%$ .

2. Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с тёплым телом — окружающей средой, находящейся при температуре  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ , и холодным телом с температурой  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ . В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса — работа и количества теплоты — поменяли свои знаки. При этом за счёт работы, совершенной двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а тёплому телу — сообщаться.

Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, отведенной от холодного тела, равно 165 кДж? Ответ округлите до целого числа кДж.

Решение:

КПД идеальной тепловой машины равен отношению совершенной работы  $A$  к затраченному количеству теплоты  $Q^+$ :  $\eta = \frac{A}{Q^+} = 1 - \frac{T_x}{T_n}$ , где  $T_n$  и  $T_x$  — температуры «нагревателя» (теплого тела) и «холодильника» (холодного тела), с которыми обменивается теплотой рабочее вещество цикла. Количество теплоты, которое при этом отдается холодильнику, равно  $Q^- = Q^+ - A = \frac{T_x}{T_n - T_x} \cdot A$ .

При работе идеальной тепловой машины в обратном направлении от холодного тела отнимается количество теплоты  $Q^-$  за счет работы  $A$ , совершаемой над рабочим веществом цикла, и теплоту, которым в данном случае является окружающая среда, отдается количество теплоты  $Q^+ = Q^- + A$ , причем все соотношения количеств теплоты, работы и температур остаются такими же, как при работе идеальной тепловой машины в прямом направлении.

Поэтому  $Q^- = 165$  кДж,  $T_n = 298$  К,  $T_x = 255$  К и  $A = \frac{T_n - T_x}{T_x} \cdot Q^- = \frac{43}{255} \cdot 165 \approx 28$  кДж.

Ответ: 28 кДж.

3. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на  $\Delta T$ , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна  $A$ . Определите КПД тепловой машины.

Решение:

КПД цикла рассчитывается по формуле  $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q}$ , где  $A_{\text{пол}}$  — полезная работа, совершаемая тепловой машиной за цикл,  $Q$  — количество теплоты, переданное тепловой машине за весь цикл. Будем обозначать работу, теплоту и изменение внутренней энергии рабочего тела на каждом участке соответственно буквами  $A, Q$  и  $\Delta U$  с соответствующими индексами. Также заметим, что разность  $T_3 - T_2$  отрицательна, поэтому  $\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = -\Delta T$ .

Рассмотрим последовательно каждый процесс.

Процесс 1-2: изотерма  $\Delta T_{12} = 0$ .

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + A = A, \quad A_{12} = A.$$

Процесс 2-3: изохора  $\Delta V_{23} = 0$ .

$$A_{23} = 0, \quad Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

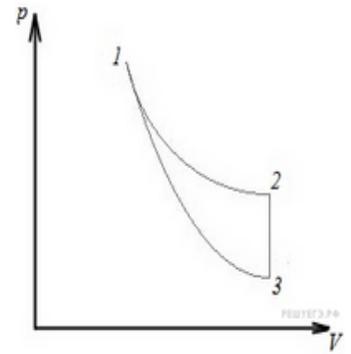
Процесс 3-1: адиабата  $Q_{31} = 0$ .

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Leftrightarrow A_{31} = -\Delta U_{31} = -\frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = -\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_3) = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

Полезная работа  $A_{\text{пол}}$  равна площади, заключённой внутри цикла,  $A_{\text{пол}} = A_{12} - |A_{31}| = A - \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ . Количество теплоты, переданное тепловой машине в цикле  $Q = Q_{12} = A$ . КПД тепловой машины будет равно

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q} = \frac{A - \frac{3}{2} \nu R \Delta T}{A}.$$

Ответ:  $\frac{A - \frac{3}{2} \nu R \Delta T}{A}$ .

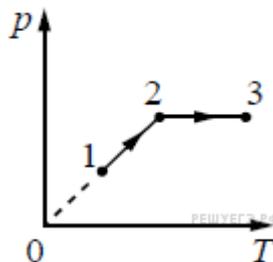


4. Во сколько раз  $n$  уменьшится потребление электроэнергии морозильником, поддерживающим внутри температуру  $t_0 = -18^\circ\text{C}$ , если из комнаты, температура в которой равна  $t_1 = +27^\circ\text{C}$ , вынести морозильник на балкон, где температура равна  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ ? Скорость теплопередачи пропорциональна разности температур тела и среды.

Решение:

5. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1-2-3, график которого показан на рисунке в координатах  $p$ - $T$ . Известно, что давление газа  $p$  в процессе 1-2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было

сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура  $T$  в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



Решение:

Для определения количества теплоты  $Q_{123}$  необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3:  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$ .

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изохорным. Для него, как следует из уравнения Клапейрона – Менделеева,  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ , откуда  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2$ . Следовательно,

$$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 2T_1 = 300 \cdot 2 = 600 \text{ К.}$$

Работа газа в процессе 1–2 равна нулю, и для него первый закон термодинамики с учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа принимает вид:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \approx 3,74 \text{ кДж.}$$

Процесс 2–3 является изобарным с давлением  $p = p_2 = \text{const}$ , для него первый закон термодинамики принимает вид:  $Q_{23} = \Delta U_{23} + \Delta A_{23}$ , где  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$  — изменение внутренней энергии газа,  $A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$  — совершённая газом работа. Из уравнения Клапейрона–Менделеева  $pV = \nu RT$  следует, что

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2).$$

Таким образом,

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 6,23 \text{ кДж.}$$

В результате  $Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10 \text{ кДж.}$

Ответ: 10.

**Линзы (часть 2).**

Этап урока	Действия учителя	Действия обучающихся
<b>Теория</b>	Кратко рассказать теоретический материал по данной теме. Выписать формулы на доске. При необходимости использовать данные таблицы из учебной литературы (см. список используемой литературы)	Слушать учителя. Записывать формулы в тетрадь. Задавать вопросы
<b>Практика</b>	Решение двух задач у доски, проговаривая каждое действие	Решать задачи совместно с учителем.
<b>Самостоятельная работа</b>	При необходимости помогать обучающимся в решении задачи	Самостоятельное решение задач

### Задания:

1. Лазер испускает световой импульс с энергией  $W = 12$  Дж. Свет от лазера падает перпендикулярно на плоское зеркало площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Определите длительность импульса  $\tau$ , если среднее давление света на зеркало равно  $p = 1$  кПа.

### Решение:

1. При отражении от зеркала импульс фотонов изменяется на  $\Delta p_{\phi} = \frac{2h\nu}{c}$ , где  $\nu$  — частота света, излучаемого лазером;  $h$  — постоянная Планка;  $c$  — скорость света в вакууме.

2. Пусть  $N$  — число фотонов, излучённых лазером, тогда  $W = Nh\nu$ .

3. Модуль силы, действующей на зеркало  $F = \frac{N\Delta p_{\phi}}{\tau}$ . Давление света на зеркало:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta p_{\phi}}{S\tau} = \frac{2Nh\nu}{cS\tau} = \frac{2W}{cS\tau},$$

откуда находим длительность импульса света:

$$\tau = \frac{2W}{cSP} = \frac{24}{3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} = 8 \cdot 10^{-8} = 80 \text{ нс.}$$

Ответ:  $\tau = 80$  нс.

2. Нырятьщик, находящийся в бассейне, смотрит вверх с глубины  $h = 2,5$  м на спокойную поверхность воды и видит через нее, что его тренер стоит на кромке бассейна, причем ступни ног находятся на уровне воды, а голова видна ныряльщику под углом  $\varphi = 30^\circ$  к вертикали. Показатель преломления воды  $n = 4/3$ , расстояние по горизонтали от глаз ныряльщика до ног тренера равно  $l = 3$  м. Каков рост  $H$  тренера?

Решение:

Изобразим на рисунке ход лучей, идущих в глаз ныряльщика от ступней ног и от головы тренера. Из закона преломления света следует, что луч, идущий по воздуху от ног тренера горизонтально, то есть с углом падения на воду  $90^\circ$ , идёт под водой под углом полного внутреннего отражения

$$\alpha = \arcsin \frac{1}{n} = \arcsin \frac{3}{4} \approx 48,6^\circ.$$

Луч от головы тренера идёт под водой с меньшим углом преломления  $\varphi = 30^\circ$ , так что его угол падения на воду  $\psi$  меньше  $90^\circ$  и определяется также из закона преломления света:

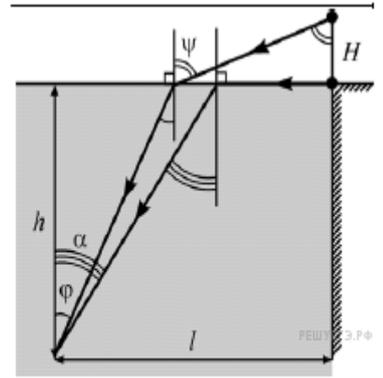
$$\sin \psi = n \sin \varphi = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3},$$

$$\psi = \arcsin \frac{2}{3} \approx 41,8^\circ.$$

Из геометрических соотношений (см. рисунок) получаем:

$$\begin{aligned} H &= (l - h \operatorname{tg} \varphi) \operatorname{ctg} \psi = (l - h \operatorname{tg} \varphi) \operatorname{ctg} [\arcsin(n \sin \varphi)] = (l - h \operatorname{tg} \varphi) \frac{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \varphi}}{n \sin \varphi} = \\ &= \left( 3 - 2,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \right) \cdot \frac{\sqrt{5}}{2} \approx 1,74 \text{ м.} \end{aligned}$$

Ответ: 1,74 м.



3. Молодой человек, который занимался на улице выжиганием по дереву при помощи фокусировки солнечного света лупой, совершенно случайно забрызгал деревянную поверхность, и на ней появились брызги воды объёмом  $V = 0,5 \text{ мм}^3$ . Какое время затратит дополнительно мальчик на испарение пяти таких капель, оказавшихся на линии, вдоль которой он выжигает, если солнечная постоянная равна  $C = 1,4 \text{ кВт/м}^2$ , диаметр лупы  $D = 5 \text{ см}$ , начальная температура капель близка к  $0^\circ \text{C}$  и весь сфокусированный лупой свет поглощается каплями?

*Справка:* солнечная постоянная – это энергия излучения Солнца, попадающая в единицу времени на единицу площади при нормальном падении солнечного света.

Решение:

Удельная теплоемкость воды равна  $c_v = 4200$  Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды равна  $\lambda = 2\,300\,000$  Дж/кг, плотность воды равна  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Подсчитаем энергию, необходимую для нагревания и испарения одной капли:

$$E = \rho V [c_v \cdot (100 - 0) + \lambda] = 1000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-9} \cdot (4200 \cdot 100 + 2\,300\,000) = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2,72 \cdot 10^6 = 1,36 \text{ Дж.}$$

Мощность излучения, падающего на каплю, равна той, что попадает на линзу:

$$P = C \cdot \frac{\pi D^2}{4} \approx 1400 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \approx 2,75 \text{ Вт.}$$

Затраты времени на испарение 5 капель, таким образом, равны

$$t = \frac{5E}{P} = \frac{5 \cdot 1,36}{2,75} \approx 2,47 \approx 2,5 \text{ с.}$$

Ответ:  $t \approx 2,5$  с.

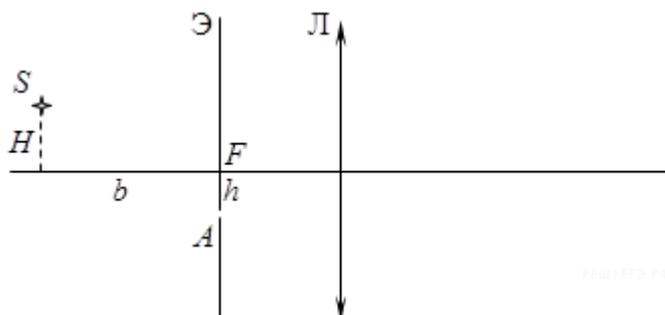
4. Точечный источник света находится на расстоянии  $b$  от собирающей линзы. Источник расположен на высоте  $H$  от главной оптической оси. В фокальной плоскости линзы расположен экран с маленькой щелью  $A$  на расстоянии  $h$  от главной оптической оси. Изобразите ход луча  $SA$  и определите, на каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы этот луч пересечёт главную оптическую ось.

$$F = 20 \text{ см,}$$

$$h = 4 \text{ см,}$$

$$b = 70 \text{ см,}$$

$$H = 5 \text{ см.}$$



Решение:

Построим изображение источника  $S'$ , используя свойства тонкой линзы: луч, идущий параллельно оптической оси, после преломления в линзе проходит через её фокус; луч, идущий через середину линзы, не преломляется. Луч  $SA$  после преломления в линзе также пройдёт через точку  $S'$  (см. рисунок).

Теперь вычислим, где он пересекает оптическую ось. Луч преломляется в линзе на расстоянии  $y$  от оптической оси. Из подобия треугольников находим, что

$$\frac{H+h}{b-F} = \frac{H+y}{b} \Leftrightarrow y = \frac{b(H+h)}{b-F} - H = \frac{bh+HF}{b-F}.$$

По формуле тонкой линзы находим положение  $S'$ :

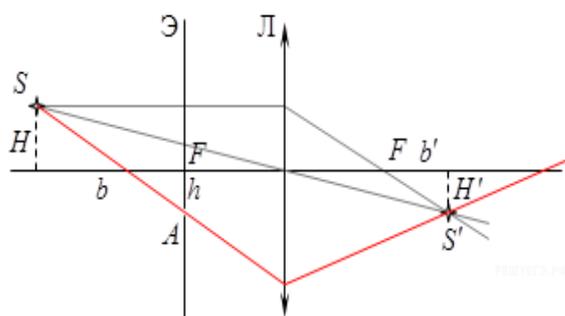
$$\frac{1}{b} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{F} \Leftrightarrow b' = \frac{bF}{b-F},$$

$$\frac{H'}{H} = \frac{b'}{b} \Leftrightarrow H' = \frac{Hb'}{b} = \frac{HF}{b-F}.$$

Из подобия треугольников находим, что

$$\frac{y}{x} = \frac{H'}{x-b'} \Leftrightarrow x = \frac{yb'}{y-H'} = \frac{\frac{bh+HF}{b-F} \cdot \frac{bF}{b-F}}{\frac{bh+HF}{b-F} - \frac{HF}{b-F}} = \frac{F(bh+HF)}{h(b-F)} = \frac{20 \cdot (70 \cdot 4 + 5 \cdot 20)}{4 \cdot (70 - 20)} = 38 \text{ см.}$$

Ответ: ход луча изображён на рисунке,  $x = 38$  см.



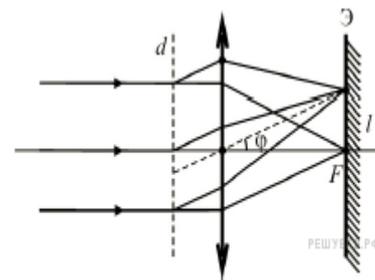
5. Параллельный пучок света от ртутной лампы нормально падает на дифракционную решётку с периодом  $d = 5$  мкм. За решёткой находится объектив с фокусным расстоянием  $F = 25$  см, а в его фокальной плоскости, параллельной решётке, — экран, на котором наблюдается линейчатый спектр лампы. Каково расстояние  $\Delta l$  на экране в спектре порядка  $m = 3$  между синей линией с длиной волны  $\lambda_1 = 436$  нм и зеленой линией с длиной волны  $\lambda_2 = 546$  нм?

Решение:

1. Вначале построим ход параллельных лучей от источника, идущих через дифракционную решётку и линзу до экрана, где наблюдается спектр порядка  $m$  (для какой-то одной спектральной линии ртути с длиной волны  $\lambda$ ).

2. Согласно основному уравнению  $d \sin \phi = m\lambda$  для углов отклонения света с длиной волны  $\lambda$  решёткой с периодом  $d$ , после неё в порядке  $m$  получается параллельный пучок света, идущий под таким углом  $\phi$ , что  $\sin \phi = m\lambda/d$ .

3. Этот пучок после тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F > 0$ , согласно правилам построения изображений в ней, собирается в точку в фокальной плоскости линзы (см. рисунок), отстоящую от оптической оси линзы на расстоянии  $l = F \operatorname{tg} \phi$ .



4. Выразая  $\operatorname{tg} \phi$  через  $\sin \phi = m\lambda/d$ , получаем  $l = \frac{Fm\lambda}{\sqrt{d^2 - m^2\lambda^2}}$ .

5. Таким образом, искомое расстояние между линиями на экране равно  $\Delta l = Fm \left( \frac{\lambda_1}{\sqrt{d^2 - m^2\lambda_1^2}} - \frac{\lambda_2}{\sqrt{d^2 - m^2\lambda_2^2}} \right)$  и

составляет  $\approx 18,9$  мм.

Ответ:  $\Delta l = Fm \left( \frac{\lambda_1}{\sqrt{d^2 - m^2\lambda_1^2}} - \frac{\lambda_2}{\sqrt{d^2 - m^2\lambda_2^2}} \right) \approx 18,9$  мм.

**Закрепление:**

**Задания:** решения стандартного варианта экзаменационной работы.

## Вывод

Таким образом, выше представленный элективный курс “Подготовка к единому государственному экзамену по физике для 11 класса” по физике во-первых, соответствует всем необходимым требованиям, а во-вторых, способствует устранению пробелов и повышению уровню знаний учащихся. Особое внимание в нем уделяется таким темам, как электродинамика и ядерная физика. Включает в себя тематическое планирование, список литературы для учащихся, содержание программы, перечень заданий и действия учителя. Поэтому данный элективный курс для преподавателей упрощает работу по подготовке к единому государственному экзамену. Элективный курс является достаточно гибким и при ежегодном анализе позволит подстроиться под любые изменения в экзаменационной работе.

## Список используемой литературы

1. ФИПИ [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://fipi.ru/ege-i-gve-11/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy> ( Дата обращения: 2.06.19).
2. С.М. Козел. Физика. 10-11 классы: пособие для учащихся и абитуриентов. В двух частях.
3. Физика 10. Механика. Г.Я.Мякишев [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/d/WfeqUNlo7GKJM> (Дата обращения: 22.05.19).
4. Физика 10. Молекулярная физика и термодинамика. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/d/883VU3At7GKPT> (Дата обращения: 22.05.19).
5. Физика 10-11. Электродинамика. Г.Я.Мякишев[Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/d/Z6R-dbCo7GKS7> (Дата обращения: 23.05.19).
6. Физика 11. Колебания и волны. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков[Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/d/0o3pXhjo7GKVY> (Дата обращения: 23.05.19).
7. Физика 11. Оптика. Квантовая физика. Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков[Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/d/mun8UtKz7GKbP> (Дата обращения 23.05.19).
8. Никулова Г.А., Москалев А.Н. ЕГЭ. 100 баллов. Физика. Практическое руководство.2018 – 3 с.
9. Лукашева Е.В., ЕГЭ. Физика. 50 вариантов. 2018 – 5 с.

10. Ханнанов Н.К., Орлов В.А., Демидова М.Ю., Никифоров Г.Г., ЕГЭ, Физика, Комплекс материалов для подготовки учащихся, 2018 – 54 с.
11. Лукашева Е.В., Чистякова Н.И. ЕГЭ 2019, Тренажёр, Физика, 2017 – 20 с.
12. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А., Громцева О.И., Бобошина С.Б. Физика, Эксперт в ЕГЭ. 2018 – 5 с.
13. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А., Громцева О.И., Бобошина С.Б. ЕГЭ 2019, Физика, Эксперт в ЕГЭ. 2019 – 20-79 с.
14. Бабецкий В.И., Третьякова О.Н.. Механика в примерах и задачах: Учебное пособие для СПО. 2019 – 80с.
15. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. ЕГЭ 2017, Физика, Типовые тестовые задания. 2017 – 12-96 с.
16. Яковлев И.В. Физика. Полный курс подготовки к ЕГЭ. 2018 – 7 с.
17. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. 2017 – 53-73 с.
18. Демидова М.Ю. , Гиголо А.И., Грибов В.А. Я сдам ЕГЭ! Физика. В 2-х частях. 2018 – 14-26 с.
19. Генденштейн Л.Э., Физика, 11 класс, базовый и углубленный уровни, задачник, учебно-методическое пособие, 2018 – 9 с.
20. Турдиев Н.Ш., Турсунметов К.А., Ганиев А.Г., Физика, 11 класс, 2018 – 26 с.
21. Варава А.Н., Губкин М.К., Иванов Д.А., Общая физика, 2016 – 75 с.

22. Битюкова Л.С., Мальцев В.Н., Бострем И.Г., Оптика, Лабораторный практикум, 2016 – 49 с.
23. Ташлыков О.Л., Основы ядерной энергетики, 2016 – 96 с.
24. Заяц М.Л., Туркина Л.В., Прикладная механика, 2016 – 22 с.
25. Гусев И.Е., Физика, 2016 – 54, 86, 91 с.
26. Гоник Л., Хаффман А., Физика, Естественная наука в комиксах, 2016 – 11, 14,45 с.
27. Никеров В.А., Физика, Современный курс, 2016 – 62 с.
28. Яковлев И.В., Физика, 2016 – 12-31 с.
29. Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В., Введение в теорию вероятностей, 2015 – 82 с.
30. Пиковер К., Смандырева М.А., Великая физика, от Большого взрыва до Квантового воскрешения, 250 основных вех в истории физики, 2015 – 31 с.