



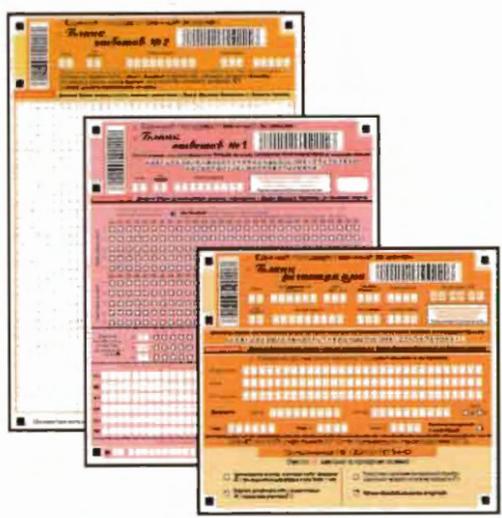
ФИЗИКА

УМК

Н.И. Одинцова
Л.А. Прояненко

ЕГЭ

Поурочное планирование по физике к Единому Государственному Экзамену



Н.И. Одинцова, Л.А. Прояненко

**Поурочное
планирование
по физике
к Единому
государственному
экзамену**

Рекомендовано

Российской Академией Образования

Издательство
«ЭКЗАМЕН»
МОСКВА • 2009

УДК 372.8: 53(075.3)

ББК 74.262.22

О42

Одинцова, Н.И.

О 42 **Поурочное планирование по физике к Единому государственному экзамену / Н.И. Одинцова, Л.А. Прояненко. — М.: Издательство «Экзамен», 2009. — 414, [2] с. («Серия «Учебно-методический комплект»)**

ISBN 978-5-377-01339-6

Пособие содержит описание методики и уроков подготовки к ЕГЭ по физике.

Методика подготовки включает цели и этапы подготовки к ЕГЭ, три варианта планирования (в выпускном классе, в 9–11 классах, на элективном курсе) и методики формирования общих приемов повторения школьного курса физики.

Даны подробные описания 40 уроков. Для каждого из них приведены цели, дидактические материалы, план урока с распределением времени по его этапам, описание деятельности учителя и учащихся на каждом этапе. Уроки описаны по всем разделам школьного курса физики.

Книга адресована учителям физики. Она будет полезна преподавателям подготовительных курсов, репетиторам, студентам и преподавателям педвузов.

УДК 372.8: 53(075.3)

ББК 74.262.22

Формат 60x90/16. Гарнитура «Таймс».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 15,35. Усл. печ. л. 26,0.

Тираж 150 000 (1-й завод — 5000) экз. Заказ № 27272.

ISBN 978-5-377-01339-6

© Одинцова Н.И., Прояненко Л.А., 2009

© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2009

Содержание

Предисловие.....	5
Методика организации подготовки к ЕГЭ.....	7
§ 1. Планирование подготовки к ЕГЭ.....	7
§ 2. Систематизация теоретического материала.....	16
§ 3. Решение задач базового уровня.....	23
§ 4. Решение задач повышенного и высокого уровня.....	32
§ 5. Контроль знаний и умений учащихся.....	38
Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ	
в разделе «Механика».....	41
Урок 1. Систематизация теоретического материала (кинематика).....	41
Урок 2. Решение задач базового уровня (кинематика).....	51
Урок 3. Законы Ньютона, базовый уровень.....	63
Урок 4. Виды сил в механике, базовый уровень.....	70
Урок 5. Статика, гидро- и аэростатика, базовый уровень.....	78
Урок 6. Механическая работа и энергия, базовый уровень.....	86
Урок 7. Законы сохранения в механике, базовый уровень.....	93
Урок 8. Механические колебания и волны, базовый уровень.....	101
Урок 9. Механика, повышенный уровень части 1 ЕГЭ....	109
Урок 10. Механика, повышенный уровень части 2 ЕГЭ... ..	121
Урок 11. Механика, высокий уровень.....	132
Урок 12. Контрольная работа по механике.....	144
Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика».....	151
Урок 13. Молекулярное строение вещества, базовый уровень.....	151
Урок 14. Газовые законы, базовый уровень.....	157
Урок 15. Насыщенные и ненасыщенные пары, базовый уровень.....	163
Урок 16. Агрегатные превращения вещества, базовый уровень.....	171
Урок 17. Термодинамика идеального газа, базовый уровень.....	180
Урок 18. Молекулярная физика и термодинамика, повыщенный уровень части 1 ЕГЭ.....	188
Урок 19. Молекулярная физика и термодинамика, повыщенный уровень части 2 ЕГЭ.....	201

Урок 20. Молекулярная физика и термодинамика, высокий уровень	211
Урок 21. Контрольная работа по молекулярной физике и термодинамике	224
Повторение раздела «Электродинамика»	235
Урок 22. Электростатика, базовый уровень	235
Урок 23. Постоянный электрический ток, базовый уровень	246
Урок 24. Магнитное поле, базовый уровень	254
Урок 25. Электромагнитная индукция, базовый уровень	262
Урок 26. Электромагнитные колебания и волны, базовый уровень	270
Урок 27. Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 1 ЕГЭ	278
Урок 28. Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 2 ЕГЭ	290
Урок 29. Электричество и магнетизм, высокий уровень ..	299
Урок 30. Волновая оптика, базовый уровень	310
Урок 31. Геометрическая оптика, базовый уровень	317
Урок 32. Оптика, повышенный уровень	324
Урок 33. Оптика, высокий уровень	335
Урок 34. Контрольная работа по электродинамике	342
Повторение раздела «Квантовая физика»	356
Урок 35. Основы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, базовый уровень	356
Урок 36. Строение атома, радиоактивные превращения, базовый уровень	363
Урок 37. Строение ядра атома, базовый уровень	369
Урок 38. Квантовая физика, высокий уровень	375
Урок 39. Решение комплексных задач	380
Урок 40. Контрольная работа по квантовой физике	393
Приложение 1. Кодификатор элементов содержания по физике для составления контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2007 г.	403
Приложение 2. План экзаменационной работы ЕГЭ 2007 года по физике	408
Приложение 3. справочные материалы	413

Предисловие

Любой учитель физики заинтересован в успехе своих учеников на едином государственном экзамене. Одна из необходимых предпосылок этого успеха — умелая организация подготовки к экзамену. Такая организация требует от учителя тщательного изучения множества материалов по ЕГЭ, составления плана повторения в выпускном классе, разработки специальных уроков подготовки к ЕГЭ, подбора дидактических материалов к урокам и многого другого.

Данное пособие предназначено помочь учителю в этой трудоемкой и новой для него деятельности: «подготовка к подготовке» школьников к единому государственному экзамену.

В основу пособия положена идея о том, что в ходе подготовки к экзамену акцент следует делать на формировании общих приемов выполнения заданий, а саму подготовку вести поэтапно согласно целям и задачам итогового экзамена. Эта идея реализуется в приведенных в пособии плане подготовки, описаниях уроков и дидактических материалах для организации самостоятельной работы учащихся.

План подготовки включает в себя цикл формирования обобщенных приемов подготовки к ЕГЭ (на примере раздела «Механика») и циклы повторения разделов «Молекулярная физика и термодинамика», «Электродинамика» и «Квантовая физика». Согласно плану в ходе каждого цикла учебники сначала выстраивают изученный материал в систему, удобную для решения задач, а затем последовательно учатся применять ее к заданиям базового, повышенного и высокого уровней.

Описания уроков составлены таким образом, чтобы их можно было включать в общую канву уроков в любое удобное для учителя время. К сожалению, времени на повторение всегда не хватает. Поэтому уроки, приведенные в пособии, предназначены в первую очередь для того, чтобы создать условия для самостоятельной работы школьников дома. В основном они посвящены систематизации знаний, формированию общих приемов выполнения заданий и актуализации методов решения задач по той или иной теме. Описание каждого урока составлено подробно и включает описание его цели и структуры, сценарий урока, дидактические средства к уроку и оформление доски на уроке.

Дидактические материалы для организации самостоятельной работы скомпонованы как циклы упражнений по темам и

разделам школьного курса физики. При разработке материалов авторы стремились максимально приспособить их для самоподготовки учащихся таким образом, чтобы от учителя требовались лишь консультации и контроль готовности учащихся к ЕГЭ по отдельным темам.

Авторы выражают глубокую благодарность Н.Е. Кургаевой за помощь в разработке дидактических материалов.

Использовать пособие для подготовки школьников к ЕГЭ можно в разных вариантах: на уроках в выпускном классе (в рамках часов, отведенных на повторение), на заключительных уроках по каждой теме в 9–11 классах или на занятиях элективного курса. По каждому из этих трех вариантов в пособии приведено тематическое планирование, а для элективного курса дополнительно — программа курса.

Пособие предназначено для учителя, однако оно может оказаться полезным и репетиторам для выбора индивидуальной траектории подготовки выпускника к экзамену.

Для того, чтобы эффективно использовать пособие, следует сначала ознакомиться с его первой главой, в которой описана методика организации подготовки к ЕГЭ, и соотнести предлагаемую авторами систему подготовки с той, которая сложилась у вас в ходе практики работы в школе. Авторы стремились максимально детализировать описание подготовки к ЕГЭ так, чтобы начинающий учитель мог легко воспользоваться методикой, описанной в пособии. Разумеется, эти детали вовсе не являются обязательными.

Важна система подготовки в целом, которая должна осуществляться обдуманно, планомерно и давать ученику определенные ориентиры в выполнении заданий ЕГЭ разного уровня. Выработать такую систему может только сам учитель, учитывая свойства своих учеников. Искренне надеемся, что пособие поможет вам в этом.

Методика организации подготовки к ЕГЭ

§ 1. Планирование подготовки к ЕГЭ

Чтобы составить план подготовки к ЕГЭ прежде всего требуется четко уяснить, к чему готовить ученика, что требуется от него на экзамене. Для ответа на этот вопрос полезно ознакомиться с материалами, представленными на официальном сайте ЕГЭ — <http://ege.edu.ru>. Ежегодно на нем обновляются три важных документа:

- кодификатор элементов содержания по физике;
- спецификация экзаменационной работы;
- демонстрационный вариант экзаменационной работы.

Для 2007 года первые два документа представлены в приложении. Разобраться в них не просто, поскольку они предназначены для специалистов: разработчиков контрольно-измерительных материалов, экспертов, методистов и др.

Выделим в них главное для учителя и спланируем этапы подготовки к ЕГЭ (см. таб.).

№ п/п	Положения о ЕГЭ	Цели и этапы подготовки к ЕГЭ
1	Назначение экзаменационной работы: оценить подготовку по физике выпускников классов общеобразовательных учреждений с целью государственной (итоговой) аттестации и отбора выпускников для поступления в средние специальные и высшие учебные заведения. Экзаменационная работа содержит 40 заданий (с выбором ответа и с открытым ответом) и выполняется в течение 210 мин	Цель — подготовить учащихся, <ul style="list-style-type: none">• знающих процедуру экзамена,• понимающих смысл предлагаемых заданий,• умеющих правильно оформить результаты выполнения отдельных заданий,• умеющих распределить общее время экзамена на все задания• имеющих собственную оценку своих знаний и умений

№ п/п	Положения о ЕГЭ	Цели и этапы подготовки к ЕГЭ
2	<p>Экзаменационная работа содержит 24 задания базового уровня, проверяющих усвоение базовых элементов знания и умения применять их в заданных ситуациях. Элементы знания для каждого задания приведены в Кодификаторе. Каждое задание оценивается максимально в 1 балл</p>	<p><i>Этап I.</i> Систематизация теоретического материала. <i>Этап II.</i> Решение задач базового уровня</p>
3	<p>Экзаменационная работа содержит 10 заданий повышенного уровня, проверяющих усвоение базовых элементов знания и умения применять отдельные элементы или несколько элементов в заданных или несколько измененных ситуациях и оцениваются 1 баллом</p>	<p><i>Этап III.</i> Решение задач повышенного уровня из части 1 ЕГЭ. <i>Этап IV.</i> Решение задач повышенного уровня из части 2 ЕГЭ.</p>
4	<p>Экзаменационная работа содержит 6 заданий высокого уровня, проверяющих использование комплекса знаний и умений из различных разделов курса физики («Механика», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электродинамика», «Квантовая и ядерная физика», «Основы специальной теории относительности») и оцениваются 3 баллами</p>	<p><i>Этап V.</i> Решение задач высокого уровня</p>
5	<p>Экзаменационная работа состоит из 3-х частей. Часть 1 содержит задания с выбором ответа из четырех предложенных вариантов. Часть 2 — задания, по которым требуется дать краткий ответ в виде числа. Часть 3 содержит задания, по которым надо дать развернутый ответ</p>	<p><i>Этап VI.</i> Решение вариантов ЕГЭ и выработка стратегии выполнения заданий на экзамене</p>
6	<p>Экзамен проводится в течение 210 мин. Предполагаются следующие затраты времени на одно задание разного уровня сложности:</p>	
	<p>а) базовый — 2 мин., б) повышенный из части 1—4 мин., из части 2—6 мин.,</p>	<p>в) высокий С1—С5. — 19 мин., С6 — 21 мин.</p>

В левом столбце таблицы представлены положения о ЕГЭ, которые определяют назначение, содержание и временные рамки экзамена. Они взяты из документов ЕГЭ 2007 года (сравнение показывает, что эти положения не претерпели изменений за последние три года).

В правом столбце — вытекающие из этих положений цели и этапы подготовки к ЕГЭ.

Цель состоит в том, чтобы подготовить ученика к выполнению максимального числа заданий за строго ограниченное время. Для этого он должен знать процедуру экзамена, понимать смысл предлагаемых заданий и владеть методами их выполнения, уметь правильно оформить результаты отдельных заданий, уметь распределить общее время экзамена на все задания, иметь собственную оценку своих достижений в изучении физики.

Этапы достижения этой цели выделены в соответствии с тем, что задания экзаменационной работы делятся по уровню сложности: задания базового, повышенного и высокого уровня.

Этап I «Систематизация теоретического материала» необходим, поскольку выполнение любого задания экзаменационной работы требует опоры на определенный теоретический материал по физике. Поэтому этот материал следует сначала повторить и выстроить его в систему, удобную для решения физических задач.

Этапы II–V соответствуют решению задач разного уровня сложности. При этом обучение решению задач повышенного уровня разбивается на два этапа (III и IV), так как задания этого уровня входят как в часть 1, так и в часть 2 ЕГЭ. Задания первой части охватывают отдельные темы раздела и требуют выбора ответа из предложенных вариантов. Задания второй части охватывают раздел физики в целом и требуют записи ответа в виде числа.

Этап VI — контрольный. Его назначение оценить готовность ученика к экзамену по той или иной теме, разделу или школьному курсу в целом и, исходя из результатов контроля, выработать индивидуальную стратегию выполнения заданий на экзамене.

После того, как цели и этапы подготовки выделены, можно переходить к составлению плана в общих чертах. При этом будем исходить из следующего: повторяя каждый раздел курса физики, необходимо организовать все перечисленные этапы; на материале первого раздела («Механика») необходимо сформировать общие приемы подготовки и применять их в последующих разделах.

В связи с этим подготовка к ЕГЭ должна носить циклический характер (см. схему 1). Первые четыре цикла соответствуют повторению школьного курса физики по разделам, пятый

цикл посвящен выработке стратегии выполнения экзаменационной работы.

Далее следует распределить время внутри каждого цикла на проведение уроков повторения, домашнюю самостоятельную работу учащихся, консультации и контроль результатов повторения.

Структура подготовки к ЕГЭ

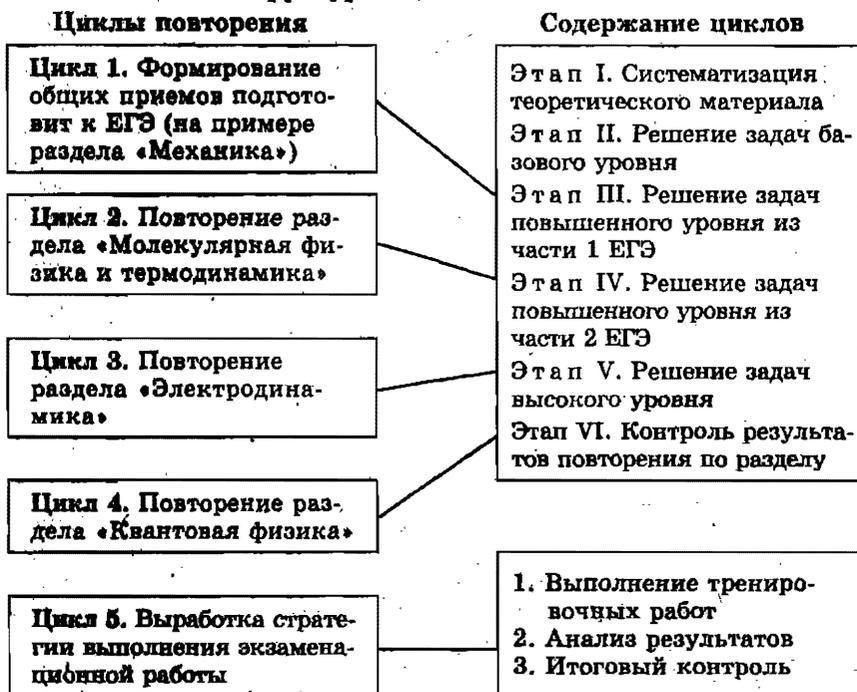


Схема 1

Сделать это можно по-разному в зависимости от условий обучения. Приведем три возможных варианта.

Вариант 1. Подготовка к ЕГЭ на уроках в выпускном классе

Если подавляющее большинство учащихся класса собирается сдавать ЕГЭ по физике, то целесообразно организовать повторение в 11 классе в рамках времени, отводимого на него по программе. Начать подготовку лучше в сентябре и закончить ее в основном (повторить все разделы) к концу апреля, когда проходит пробная сдача экзамена.

В пособии описано 40 уроков, а на повторение по программе общеобразовательной школы отводится всего 20 часов. Поэтому часть уроков должна быть заменена самостоятельной работой учащихся дома. В приведенном ниже плане подготовки к ЕГЭ на самостоятельное изучение выносятся материал уроков **основания базового уровня**.

План подготовки к ЕГЭ в выпускном классе (20 ч)

ЦИКЛ 1. Формирование обобщенных приемов подготовки к ЕГЭ (на примере раздела «Механика»).

Урок 1. Систематизация теоретического материала (кинематика).

Урок 2. Решение задач базового уровня (кинематика).

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня по механике.

Урок 3. Решение задач повышенного уровня из части 1 ЕГЭ.

Урок 4. Решение задач повышенного уровня из части 2 ЕГЭ.

Урок 5. Решение задач высокого уровня.

Домашняя работа учащихся и консультации по решению задач повышенного и высокого уровней.

Урок 6. Контрольная работа № 1.

ЦИКЛ 2. Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика».

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня.

Урок 7. Решение задач повышенного и высокого уровней.

Домашняя работа учащихся и консультации по решению задач повышенного и высокого уровней.

Урок 8. Контрольная работа № 2.

ЦИКЛ 3. Повторение раздела «Электродинамика».

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня (темы «Электростатика», «Магнитное поле»).

Уроки 9, 10. Решение задач повышенного и высокого уровней на расчет характеристик электрического и магнитного полей, движения зарядов и токов в электрическом и магнитных полях.

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня (тема «Электрический ток»).

Урок 11. Решение задач повышенного и высокого уровней на расчет характеристик электрического тока.

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня (тема «Электромагнитные волны» и «Оптика»).

Уроки 12, 13. Решение задач повышенного и высокого уровней по темам «Электромагнитные волны» и «Геометрическая оптика».

Домашняя работа учащихся и консультации по решению задач повышенного и высокого уровней (все темы раздела «Электродинамика»).

Урок 14. Контрольная работа № 3.

ЦИКЛ 4. Повторение раздела «Квантовая физика».

Домашняя работа учащихся и консультации по систематизации теоретического материала и решению задач базового уровня.

Урок 15. Решение задач высокого уровня.

Урок 16. Контрольная работа № 4.

ЦИКЛ 5. Выработка стратегии выполнения экзаменационной работы.

Домашняя работа учащихся и консультации по решению вариантов ЕГЭ.

Итоговая работа.

При работе по описанному выше плану часть уроков проводится так, как описано в пособии. Например, для цикла 1 (формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ) проводится шесть из описанных в пособии уроков: (1, 2, 9, 10, 11, 12) согласно нумерации принятой в оглавлении. На них идет обучение приемам систематизации знаний, решения задач разного уровня сложности и контроль знаний по разделу.

Материалы оставшихся уроков используются для организации самостоятельной работы учащихся дома и консультаций. Так, для цикла 1 — это уроки, посвященные решению задач базового уровня по темам «Законы Ньютона», «Виды сил в механике», «Статика, гидро- и аэростатика», «Механическая работа и энергия», «Законы сохранения в механике», «Механические колебания и волны» (уроки 3–8 согласно нумерации, принятой в оглавлении).

На первых порах (в сентябре) уроки повторения должны проходить достаточно часто (один — два раза в неделю) для того, чтобы сформировать у учащихся общие приемы повторения и создать достаточную базу для работы дома. Начиная с октября, уроки проводятся реже. Интервалы между ними определяются объемом заданий, которые учащиеся выполняют от одного урока до другого. Закончить проведение циклов 1–4 (повторение всего курса физики) желательно к апрелю, когда проводится пробная сдача ЕГЭ. Оставшееся учебное время отводится на цикл 5 — выработку стратегии выполнения экзаменационной работы.

**Вариант 2. Подготовка к ЕГЭ
в процессе обучения физике в 9–11 классах**

Единый государственный экзамен подводит итоги многолетнему процессу изучения физики в школе. Поэтому наиболее эффективной является постепенная подготовка к экзамену в ходе этого процесса.

Традиционно по всем темам и разделам школьного курса физики проводятся обобщающие уроки, уроки решения задач и контрольные работы. Для того, чтобы подготовить учащихся к экзамену, можно эти уроки проводить так, как описано в пособии. План включения уроков, описанных в пособии, в общую канву уроков в 9–11 классе приведен ниже.

План подготовки к ЕГЭ в 9–11 классе (45 ч)

В каком классе проводится подготовка	Циклы подготовки к ЕГЭ	Номера уроков подготовки к ЕГЭ
9 класс	1. Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ (на примере раздела «Механика»)	1–12
10 класс	2. Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»	13–21
	3. Повторение раздела «Электродинамика»	22–25
11 класс	3. Повторение раздела «Электродинамика»	26–34
	4. Повторение раздела «Квантовая физика»	35–40
	5. Выработка стратегии выполнения экзаменационной работы	—

Вариант 3. Подготовка к ЕГЭ на элективном курсе

Как правило, далеко не все учащиеся выпускного класса собираются сдавать единый государственный экзамен по физике. В этом случае имеет смысл предложить учащимся, желающим попробовать свои силы на экзамене, элективный курс (предмет по выбору). Авторская программа такого курса приведена ниже.

**Программа элективного курса
«Подготовка к ЕГЭ по физике»
(Н.И. Одинцова, Л.А. Прояненкова)**

Пояснительная записка

Программа составлена для учащихся 11 классов, которые собираются сдавать единый государственный экзамен по физике.

Она рассчитана на 45 часов: 2 часа в неделю в первом полугодии и 1 час в неделю во втором полугодии. Уроки во втором полугодии целесообразно проводить 2 раза в неделю для того, чтобы закончить изучение курса в апреле, когда проводится пробная сдача экзамена.

Целью курса является подготовка учащихся к ЕГЭ по физике.

Задачи курса. В ходе изучения элективного курса учащиеся должны:

- актуализировать знания по темам и разделам школьного курса физики;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять системы знаний по темам и разделам школьного курса физики для выполнения заданий базового, повышенного и высокого уровней сложности;
- оценить собственные возможности в получении 1–3 баллов за задания разного уровня сложности по разным разделам школьного курса физики;
- выработать собственную стратегию выполнения экзаменационной работы.

Программа предназначена для повторения школьного курса физики и включает в себя 5 циклов повторения. На первом из них учащиеся осваивают общие приемы подготовки к ЕГЭ (на примере раздела «Механика»). На 2–4 — применяют их для повторения других разделов физики. На последнем цикле — вырабатывают стратегию выполнения экзаменационной работы.

Каждый цикл, за исключением последнего, включает в себя следующие этапы:

- систематизацию теоретического материала,
- решение задач базового уровня,
- решение задач повышенного уровня части 1 ЕГЭ,
- решение задач повышенного уровня части 2 ЕГЭ,
- решение задач базового уровня;
- контроль результатов повторения по разделу.

Содержание программы

(45 ч, из них 2 ч — резервное время)

Цикл 1. Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ в разделе «Механика» (12 ч).

Кинематика. Законы Ньютона. Виды сил в механике. Статика, гидро- и аэростатика. Механическая работа и энергия. Законы сохранения в механике. Механические колебания и волны.

Цикл 2. Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика» (9 ч).

Молекулярное строение вещества. Газовые законы. Насыщенные и ненасыщенные пары. Агрегатные превращения вещества. Термодинамика идеального газа.

Цикл 3. Повторение раздела «Электродинамика» (13 ч).

Электростатика. Постоянный электрический ток. Магнитное поле. Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания и волны. Волновая оптика. Геометрическая оптика.

Цикл 4. Повторение разделов «Основы специальной теории относительности» и «Квантовая физика» (6 ч).

Основы СТО. Корпускулярно-волновой дуализм. Строение атома. Радиоактивные превращения. Строение ядра атома.

Решение комплексных задач.

Цикл 5. Выработка стратегии выполнения экзаменационной работы (3 ч).

Выполнение тренировочных работ. Анализ результатов выполнения тренировочных работ. Итоговый контроль.

В качестве диагностических материалов используются проверочные работы по каждой теме, контрольные работы по каждому разделу и тренировочные работы по школьному курсу физики в целом. К элективному курсу разработан учебно-методический комплекс, включающий подробное описание всех уроков курса и дидактические материалы к урокам.

Литература

1. *Одинцова Н.И., Кургаева Н.Е.* Физика. Практический курс подготовки к экзаменам, зачетам. — М.: ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2006.

2. *Одинцова Н.И., Прохненкова Л.А.* ЕГЭ. Физика. Поурочное планирование Тематическое планирование уроков подготовки к экзамену. — М.: Экзамен, 2008.

3. *Орлов В.А., Никифоров Г.Г.* Единый государственный экзамен: физика: 2004 — 2005: контрол. измерит. материалы. — М.: Просвещение, 2005.

4. *Орлов В.А., Ханнанов Н.К., Никифоров Г.Г.* Учебно-тренировочные материалы для подготовки к ЕГЭ. — М: Интеллект-Центр, 2005.

5. *Прохненкова Л.А. Одинцова Н.И.* Физика. ЕГЭ: методическое пособие для подготовки. — М.: Экзамен, 2007.

6. *Соболева С.А.* Раздаточный материал тренировочных тестов. — СПб.: Тригон, 2006.

7. *Тренин А.Е.* Интенсивный курс подготовки к Единому государственному экзамену. — М.: Айрис-пресс, 2005.

Таким образом, материалы, приведенные в пособии, могут быть использованы в описанных выше трех вариантах. Следует учесть, что приведенные выше планы подготовки по каждому из вариантов являются приблизительными и должны быть откорректированы с учетом условий обучения в конкретном выпускном классе. Мы намеренно не только привели сами планы подготовки, но и описали процедуру их составления. Надеемся, что это поможет учителю адаптировать данные планы и программу для своих целей или в случае необходимости составить новые.

В последующих параграфах этой главы описана методика организации каждого из шести этапов, составляющих циклы повторения.

§ 2. Систематизация теоретического материала

Систематизация теоретического материала — первый этап повторения в каждом цикле подготовки. Он необходим поскольку, выполняя то или иное задание экзаменационной работы, ученик обязательно использует какие-либо элементы содержания школьного курса физики. Если физические знания организованы в определенные системы, ученику легче оперировать огромным набором этих элементов и извлекать из памяти те, которые требуются для решения конкретной задачи.

Что систематизировать? Теоретический материал, знание которого проверяют на экзамене, дан в «Кодификаторе» (см. Приложения). Всего выделено 123 элемента содержания, в том числе по разделам: механика — 31, молекулярная физика и термодинамика — 22, электродинамика — 39, основы СТО — 4, квантовая физика — 17, методы научного познания и физическая картина мира — 10.

Каждое задание экзаменационной работы предполагает знание определенного набора этих элементов из какой-либо темы школьного курса физики. Например, задание А5, согласно «Спецификации» 2007 г. (см. Приложения), требует владения элементами 1.3.1–1.3.6 по статике, задание А22 — элементами 3.6.1–3.6.7 по геометрической оптике, и т.д. Соответствие номеров элементов конкретным заданиям из года в год меняется, однако тематика в целом сохраняется.

Поэтому физические знания, регламентируемые «Кодификатором», удобно объединить по темам школьного курса в специальные перечни знаний. Пример такого перечня по теме «Электромагнитная индукция» представлен ниже в виде таблицы.

**Перечень знаний по теме
«Электромагнитная индукция»**

Элементы содержания по «Кодификатору»	Теоретический материал, который нужно повторить
3.4.1 Явление электромагнитной индукции	Определение понятия. Графические модели (схематический рисунок) явления в замкнутом контуре и движущемся проводнике. Опыты, воспроизводящие явление.
3.4.2 Магнитный поток	Определение понятия. Способы изменения магнитного потока.
3.4.3 Закон электромагнитной индукции	Определение понятия «ЭДС индукции». Закон электромагнитной индукции (формулировка и формула).
3.4.4 Правило Ленца	Формулировка правила. Опыт, иллюстрирующий правило.
3.4.5 Самоиндукция	Определение понятия. Графические модели явления при возрастании и убывании тока. Опыты, воспроизводящие явление. Формула для расчета ЭДС самоиндукции.
3.4.6 Индуктивность	Определение понятия. Опыты, иллюстрирующие влияние индуктивности на силу тока самоиндукции.
3.4.7 Энергия магнитного поля	Определение понятия. Формула энергии магнитного поля катушки с током.

В левом столбце таблицы перечислены элементы содержания по данной теме (нумерация дана согласно «Кодификатору» 2007 г.), в правом — конкретизировано, какие определения, формулировки, графические модели, описания опытов следует повторить по учебнику или справочнику.

В какой форме систематизировать? Для успешного выполнения заданий ЕГЭ, физические знания, представленные в перечнях, необходимо выстроить в виде систем, удобных для решения задач.

При решении большинства физических задач требуется осуществить три важных шага. Первый — выяснить, о каком физическом явлении идет речь в тексте задачи. Второй — смоделировать ситуацию, описанную в тексте задачи, и представить модель ситуации в виде схематического рисунка. Третий — подобрать уравнения, которые описывают эту модель и позволяют получить ответ на вопрос задачи. Дальнейшие действия учащихся состоят в решении исходных уравнений и, как правило, вызывают меньше затруднений, чем первые три шага.

В связи с этим систематизацию целесообразно проводить по схеме, помогающей ученику сделать эти шаги в верном направлении. Она имеет вид:

Явление — Модель — Законы.

Для наглядности результат представляют в форме таблицы «Система знаний по теме...».

Система знаний по теме...

Явление	Графическая модель	Законы

В первом столбце таблицы приводят названия физических явлений, изучаемых в данной теме школьного курса и входящих в «Перечень знаний по теме...».

Во втором столбце изображают графическую модель каждого явления. Графическая модель физического явления — это схематический рисунок, на котором с помощью условных обозначений изображены взаимодействующие объекты и условия взаимодействия. Такие рисунки всегда делают при решении задач по механике, но в качестве опоры они полезны и при выполнении заданий по другим разделам.

В третьем столбце приводят математическую запись физических законов, описывающих графические модели, и дополнительные к законам уравнения (определяющие формулы, уравнения связи макро- и микропараметров и др.). Все формулы в третьем столбце объединяет то, что они могут служить исходными уравнениями при решении задач по данной теме.

Ниже приведен пример заполнения такой таблицы по теме «Электромагнитная индукция».

Системы знаний по темам помогут ученикам справиться с заданиями базового уровня. Однако для выполнения заданий повышенного и высокого уровней их недостаточно. Требуется привлечение знаний не по отдельной теме, а по нескольким темам раздела, разделу в целом, а в последнем задании и по нескольким разделам школьного курса физики.

Система знаний по теме «Электромагнитная индукция»

Явление	Графическая модель ¹	Законы
<p>Электромагнитная индукция:</p> <ul style="list-style-type: none"> • под действием внешнего поля; • под действием собственного поля проводника; • в движущемся проводнике 		$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\Phi = BS \cos \alpha$ <p>Правило Ленца</p> $\Phi = LI$ $\varepsilon_{in} = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$ $W = \frac{LI^2}{2}$ $\varepsilon_i = vBl \sin \alpha$

В связи с этим материал из разных тем сводят в общие таблицы «Система знаний по разделу...». Например, «Система знаний по разделу «Механика» (см. урок 9), система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика» (см. урок 18) и др. Они объединяют материал, представленный в нескольких таблицах «Система знаний по теме...», акцентируя внимание на тех вопросах, которые непосредственно работают при выполнении заданий повышенного и высокого уровней.

¹ Обозначения: ↑ — увеличение, ↓ — уменьшение; I — сила тока, создаваемого источником, I_{in} — сила тока самоиндукции.

Как организовать деятельность учащихся по систематизации знаний? Этап систематизации знаний удобно организовать как работу учащихся с таблицами «Перечень знаний...» и «Система знаний...». Эта работа может быть организована в разных формах в зависимости от уровня подготовки учащихся и имеющегося резерва учебного времени. Опишем три возможных способа.

Способ 1 (обсуждение таблиц в классе).

Домашнее задание к уроку направлено на то, чтобы актуализировать знания учащихся по теме, которую планируется повторить на уроке, с опорой на таблицу «Перечень знаний...». Например: «Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице. Для этого: 1) попытайтесь воспроизвести опорные знания, перечисленные в правой части таблицы «Перечень знаний по теме «Электромагнитная индукция»; 2) проверьте себя по учебнику или справочнику; 3) повторно воспроизведите те формулы и формулировки, которые вы забыли или в которых ошиблись». Учитель начинает урок с опроса по этой таблице. Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки.

Далее следует обсуждение таблицы-системы знаний. Например, таблицы «Система знаний по теме «Электромагнитная индукция». Учитель дает краткие пояснения к таблице (их содержание приведено в каждом из описанных уроков) и организует работу по ее обсуждению. Для этого один экземпляр таблицы должен быть представлен крупномасштабно в наглядном виде и несколько экземпляров мелкого масштаба как раздаточный материал на каждого учащегося.

В ходе беседы учитель дает задания, побуждающие учащихся концентрировать внимание на каждом из блоков таблицы. Например, следующие:

- сформулируйте определение явления...;
- опишите, что изображено на графической модели...;
- соотнесите рисунок ...с определением явления...;
- прочитайте законы и дополнительные к ним уравнения, перечисленные в третьем столбце таблицы...;
- установите соответствие графиков и уравнений, представленных в таблице.

Возможный сценарий обсуждения таблицы «Система знаний по теме «Кинематика» приведен в уроке 1.

Способ 2 (домашняя работа по расшифровке таблиц)¹

Готовясь к уроку дома, учащиеся последовательно выполняют три вида деятельности: 1) повторение изученного материала согласно перечню; 2) осмысление содержания таблицы-системы знаний; 3) воспроизведение содержания таблицы.

Приведем пример заданий для организации такой работы по теме «Электромагнитная индукция».

Задание 1. Повторите по учебнику или справочнику материал по электромагнитной индукции, указанный в таблице «Перечень знаний по теме «Электромагнитная индукция».

Задание 2. Расшифруйте таблицу «Система знаний по теме «Электромагнитная индукция»; для этого:

1) выделите графические модели (схематические рисунки) электромагнитной индукции, самоиндукции, возникновения ЭДС индукции в движущемся проводнике;

2) поясните направление индукционного тока на модели электромагнитной индукции, пользуясь правилом Ленца;

3) проведите аналогию явлений инерции и самоиндукции, пользуясь моделями самоиндукции для случаев возрастания и убывания тока в катушке;

4) объясните происхождение ЭДС индукции в движущемся проводнике, пользуясь соответствующей моделью;

5) найдите среди уравнений те, что указаны в перечне знаний.

Задание 3. Проверьте себя, заполняя приведенную ниже таблицу:

1) запишите названия явлений, графические модели которых изображены;

2) на моделях обведите элементы и рядом с каждым подпишите соответствующий номер: 1 — магнитное поле, создающее электрический ток в контуре; 2 — нормаль к плоскости контура; 3 — угол между магнитным полем и нормалью к плоскости контура; 4 — электрический ток самоиндукции; 5 — индуктивность катушки; 6 — проводник, движущийся в магнитном поле, и его характеристики; 7 — магнитное поле, возбуждающее ток самоиндукции; 8 — ЭДС индукции в движущемся проводнике;

3) выберите из уравнений, приведенных ниже, законы и определительные формулы величин, описывающие каждую модель, запишите их в третий столбец:

$$\Phi = LI, \quad \varepsilon_0 = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}, \quad \varepsilon_1 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad \varepsilon_2 = vBL\sin\alpha, \quad \Phi = BS\cos\alpha.$$

¹ Дидактические материалы для организации этого способа систематизации знаний приведены в пособии Л.А. Прохяненко, Н.И. Одиновой «Физика. ЕГЭ: методическое пособие для подготовки». — М.: Экзамен, 2007.

Явление	Графическая модель	Законы
		<p>Правило Ленца</p>

Задача учителя при этом способе организации этапа систематизации знаний состоит в том, чтобы пояснить смысл таких заданий и помочь их выполнить. В дальнейшем достаточно консультировать учащихся по возникающим у них затруднениям и периодически контролировать результаты их домашней работы (например, проводить проверочные работы на выполнение заданий типа задания 3).

Способ 3 (самостоятельная работа по составлению таблиц).

При подготовке к уроку дома учащиеся пытаются составить таблицу по схеме «Явление — модель — законы» с опорой на перечень знаний по теме и текст учебника или спра-

вочника. Результаты такой работы обсуждаются и корректируются в классе под руководством учителя, а затем обобщаются в форме таблицы, приведенной в описании к соответствующему уроку.

Первый способ предпочтителен при подготовке к ЕГЭ в течение трех лет обучения (9–11 кл.). Второй — при подготовке к экзамену в выпускном классе, когда время на повторение ограничено. Третий способ целесообразно применять в классах с углубленным изучением физики и на элективных курсах.

§ 3. Решение задач базового уровня

В экзаменационной работе представлены 24 задания базового уровня, что составляет 62% от общего числа заданий. Все они входят в часть 1 ЕГЭ и соответственно обозначаются буквой А: А1, А2 и т.д. Согласно «Спецификации», это простые задания, проверяющие усвоение наиболее важных физических понятий и законов.

Задание базового уровня считается выполненным, если выбранный экзаменуемым код ответа совпадает с верным. Максимальный первичный балл за все задания этого уровня составляет 24 (по 1 баллу за каждое задание). Он соответствует 46 баллам по 100-балльной шкале и оценке «3» за экзамен.

На что опираться при выполнении заданий базового уровня? Задания базового уровня охватывают все темы и разделы школьного курса физики. Они нацелены на то, чтобы проверить, все ли элементы содержания, перечисленные в «Кодификаторе», усвоены учеником.

Поэтому опорой в выполнении таких заданий могут служить таблицы «Система знаний по теме...», представляющие эти элементы в компактном виде. Фактически каждая такая таблица служит ориентиром в выполнении определенного задания базового уровня. Например, таблица Система знаний по теме «Электромагнитная индукция» поможет ученику в выполнении задания А20 (согласно плану экзаменационной работы 2007 г.).

Таким образом, успешное проведение первого этапа подготовки — систематизации теоретического материала, создает фундамент для выполнения заданий базового уровня.

Каковы типы заданий базового уровня? Большинство заданий базового уровня можно отнести к одному из трех типов.

Первый тип: требуется применить элемент знаний, выраженный словами (определение понятия, формулировку закона или правила, утверждение об особенностях протекания какого-либо процесса и т.п.). Задания такого рода не требуют применения формул, на практике их часто называют качественными.

Второй тип: требуется провести расчет с опорой на одну или несколько формул. Как правило, задания этого типа не требуют сложных вычислений (решаются без помощи калькулятора) и нацелены на то, чтобы проверить, знает ли ученик ту или иную формулу, понимает ли ее смысл.

Третий тип: требуется сравнить значения физических величин. Опорой для сравнения обычно выступает математическая запись какого-либо закона. Ее применяют к двум заданным ситуациям и делают вывод, о том, равны ли в этих ситуациях значения физической величины, и если нет, то, в каком случае это значение больше (меньше) и во сколько раз.

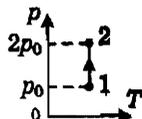
Приведем примеры заданий каждого типа (взяты из демонстрационного варианта ЕГЭ 2007 года).

Задание первого типа: Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае:

- 1) вес парашютиста равен 0;
- 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна 0;
- 3) сумма всех сил, приложенных к парашютисту, равна 0;
- 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна 0.

В этом задании требуется применить первый закон Ньютона и выбрать вариант ответа 3. В ходе выполнения задания как дополнительные «работают» также определения инерциальной системы отсчета, веса тела, силы тяжести, условия равномерного и равноускоренного движения. Данные о значении скорости движения парашютиста (2 м/с) являются избыточными.

Задание второго типа: На pT -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна:



- 1) 0 кДж; 3) 50 кДж;
2) 25 кДж; 4) 100 кДж.

В этом задании требуется применить две формулы: формулу для расчета внутренней энергии идеального одноатомного газа

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \text{ и первый закон термодинамики } \Delta U = A + Q. \text{ Данные}$$

для расчета необходимо взять из приведенного графика ($\Delta T = 0$) и из текста задания ($Q = -50$ кДж). Расчет дает $A = 50$ кДж (вариант ответа 3).

Задание третьего типа: В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно:

- 1) $8Q$; 2) $4Q$; 3) $2Q$; 4) Q .

В задании требуется провести сравнение, воспользовавшись законом Джоуля-Ленца $Q = I^2 R t$. Изменение согласно условию физических величин в правой части формулы, приводит к увеличению количества теплоты в 4 раза (вариант ответа 2).

Какой метод решения использовать? Задания базового уровня решаются просто и, как правило, не требуют применения методов, специфичных для того или иного раздела физики (координатного — в механике, термодинамического — в термодинамике и т.п.).

Помощь в выполнении заданий вне зависимости от темы или раздела, к которым они относятся, может оказать общий метод решения задач базового уровня (см. схему 2). Он включает пять шагов, четвертый из которых может осуществляться тремя разными способами для заданий разных типов.

Первый шаг направлен на то, чтобы сузить область поиска и сконцентрировать внимание на конкретном физическом явлении. На втором шаге ученик конкретизирует, какой именно элемент знания об этом явлении (в виде формулировки или формулы) ему необходимо применить. На третьем шаге — вспоминает содержание выбранного им элемента. На четвертом — применяет его одним из трех способов в зависимости от ситуации задачи. На пятом — выбирает ответ из вариантов ответов, приведенных в тексте задания, сравнивая их с полученным.

Поясним метод на примере выполнения следующего задания.

Общий метод решения задач базового уровня

1. Установить, какому явлению соответствует ситуация задачи		
2. Выделить элемент знания об этом явлении, указанный в вопросе задачи		
3. Дать словесную формулировку выделенного элемента знания или записать соответствующую формулу		
4. Применить формулировку или формулу к конкретной ситуации:		
<p>для элемента, который нельзя раскрыть в виде формулы (I)</p> <p>а) перевести формулировку в действия,¹</p> <p>б) выполнить эти действия</p>	<p>для формулы, по которой требуется провести расчет (II)</p> <p>а) выразить искомую величину из формулы (формулы),</p> <p>б) подставить данные (в системе СИ),</p> <p>в) произвести расчет</p>	<p>для формулы, по которой требуется провести сравнение (III)</p> <p>а) записать формулу для одного случая,</p> <p>б) записать формулу с коэффициентами, соответствующими заданному увеличению или уменьшению величин,</p> <p>в) сравнить полученные выражения и установить искомую связь</p>
5. Сформулировать ответ		

Схема 2

¹ Смысл этого шага: составить последовательность действий по распознаванию ситуаций, соответствующих элементу знания на основе его формулировки. Например, для определения инерциальности системы отсчета в заданной ситуации нужно использовать формулировку «Любая система отсчета, движущаяся равномерно и прямолинейно относительно инерциальной системы отсчета, также является инерциальной» и перевести ее в следующие действия:

- 1) выбрать известную систему отсчета (ИСО);
- 2) выяснить, движется ли данная система отсчета равномерно и прямолинейно относительно известной;
- 3) сделать вывод.

Задание. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и R_2 , причем $R_2 = 2R_1$. При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением:

$$1) a_1 = 2a_2; \quad 2) a_1 = a_2; \quad 3) a_1 = \frac{1}{2}a_2; \quad 4) a_1 = 4a_2.$$

Его выполнение «в развернутом виде» можно представить следующим образом.

1. Установим, о каком физическом явлении идет речь в тексте задачи: о равномерном движении по окружности.

2. Выясним, что именно требуется знать о равномерном движении по окружности, чтобы ответить на вопрос задачи: формулу связи центростремительного ускорения с линейной скоростью и радиусом окружности, по которой происходит движение.

3. Запишем эту формулу: $a = \frac{v^2}{R}$.

4. Применим формулу к ситуации, описанной в задании. Требуется провести сравнение, поэтому будем действовать согласно плану, представленному в третьем блоке схемы:

а) запишем формулу для первого случая: $a_1 = \frac{v^2}{R_1}$ (индекс 1

рядом с обозначением скорости не ставим, т.к. по условию скорости равны);

б) запишем формулу для второго случая: $a_2 = \frac{v^2}{R_2} = \frac{v^2}{2R_1}$;

в) сравнивая, получим — $a_1 = \frac{a_2}{2}$.

5. Сравним этот ответ с теми, которые перечислены в задании. Для этого выразим a_2 через a_1 : $a_2 = 2a_1$. Он совпадает со вторым вариантом среди перечисленных ответов. Значит, номер верного ответа — 2.

Заметим, что на выполнение заданий базового уровня отводится всего по 2 минуты, поэтому времени для таких подробных рассуждений нет. В процессе тренировки процесс поиска ответа по решению задачи должен «свернуться» и стать более быстрым.

Например, при выполнении того же задания ученик сразу выписывает формулу $a = \frac{v^2}{R}$. Затем мысленно увеличивает в

ней R в 2 раза (удобна форма записи $a = \frac{v^2}{R \uparrow}$) и делает вывод, что ускорение уменьшится в 2 раза ($a \downarrow = \frac{v^2}{R \uparrow}$).

Но на первых порах необходимо чтобы ученик освоил все шаги метода, а далее обращался к нему, если испытывает затруднения в выполнении того или иного задания.

Каковы особенности выполнения заданий разных типов?

Особенности выполнения заданий проявляются на этапе применения элемента знаний. На схеме 2 они отражены в форме трех блоков, соответствующих четвертому шагу. Поясним их примерами.

При выполнении заданий первого типа необходимо применить ту или иную формулировку (см. схему 2; блок I). Например, применить определение внутренней энергии при выполнении следующего задания.

«Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом:

движением всего сосуда с газом,
хаотическим движением молекул газа,
взаимодействием сосуда с газом и Земли,
действием на сосуд с газом внешних сил».

Ученик опирается на формулировку «Внутренняя энергия тела — сумма кинетической энергии хаотического движения молекул тела и потенциальной энергии их взаимодействия» и с учетом текста задания, переводит ее в действия:

- 1) выяснить, каким из перечисленных факторов определяется каждое из слагаемых;
- 2) выяснить, каким из перечисленных факторов определяется внутренняя энергия как их сумма.

Затем выполняет эти действия:

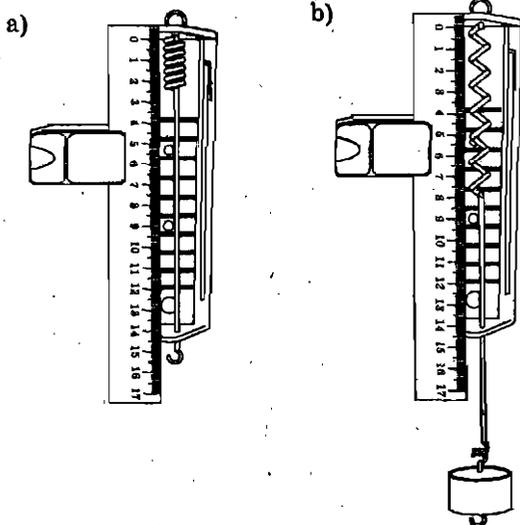
- 1) кинетическая энергия определяется хаотическим движением молекул газа, а потенциальная энергия — ни одним из перечисленных факторов (энергия взаимодействия молекул зависит только от расстояния между ними, а в запаянном несжимаемом сосуде это расстояние остается неизменным);
- 2) значит, внутренняя энергия в данной ситуации определяется хаотическим движением молекул, верный ответ — 2.

Как правило, при выполнении таких заданий более сложным для ученика является выбор нужной формулировки, и если этот выбор сделан правильно, то перевод формулировки в действия не требует помощи учителя.

При выполнении заданий второго типа необходимо применить одну или несколько формул для расчета искомой физической величины (см. схему 2, блок II). Например, применить закон Гука для расчета коэффициента жесткости в следующем задании.

Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис. а) и подвесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис. б). Какова жесткость пружины.

- 1) 40 Н/м, 2) 20 Н/м, 3) 13 Н/м, 4) 0,05 Н/м.



Опорными знаниями в выполнении этого задания являются две формулы: $F_{\text{упр}} = kx$, $F_{\text{г}} = mg$. Применяя их, ученик осуществляет обычную для любой физической задачи последовательность действий: выражает искомую физическую величину из формул, подставляет данные и проводит расчет.

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{г}}, \quad kx = mg,$$

$$k = \frac{mg}{x} \quad x = (7,5 - 2,5) \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

$$k = \frac{0,1 \cdot 10}{5 \cdot 10^{-2}} = 20 \text{ (Н/м)}.$$

Следует обратить внимание, что данные для подстановки нередко требуется искать не только в тексте задачи, но и в справочных материалах (при этом следует точно выписать приведенное значение, например $g = 10 \text{ м/с}^2$, а не $g = 9,8 \text{ м/с}^2$), по графикам или по рисункам, отражающим результаты экспе-

риumenta. Поэтому задания для тренировки должны содержать разные формы представления значений физических величин.

Особенности выполнения заданий третьего типа, в которых требуется провести сравнение по формуле (см. схему 2, блок III), описаны выше на примере задания по сравнению центростремительных ускорений.

Заметим, что действия сравнения, по существу, есть действия математические. Поэтому, если ученики затрудняются в их выполнении, на одном из уроков стоит отвести специальное время для математических упражнений типа: «Дано уравнение вида ... (например, $a = \frac{b}{c}$, $a = bd$, $a = \frac{bd^2}{c}$, $a = \frac{bc}{d^2}$). Как изменится a , если b увеличить в 3 раза, c оставить неизменным, а d уменьшить в 6 раз?»

А затем перенести прием с области математики на область физики, предложив учащимся выполнить 5-6 аналогичных упражнений с физическими формулами. Например: «Как изменится сила взаимодействия между зарядами в законе Кулона, если один из зарядов уменьшить в 3 раза, а расстояние между зарядами удвоить».

Выполнение заданий любого типа завершается выбором номера верного ответа (шаг 5 на схеме 2). При этом в некоторых случаях может возникнуть путаница между ответом и номером ответа. Например, ответ на вопрос, во сколько раз увеличивается скорость — 2, а номер этого ответа — 3. Чтобы такой путаницы не происходило, полезно выработать привычку на черновике обводить номер верного ответа в кружок и при заполнении бланка заносить в него обведенные цифры.

Как организовать решение задач базового уровня?

На одном из первых уроков подготовки к ЕГЭ необходимо мотивировать учеников к выделению общих шагов решения задач базового уровня и помочь им выявить метод решения таких задач (см. схему 2). Далее следует обучить учащихся определять тип задания базового уровня и применять выделенный метод к заданиям трех описанных выше типов. Как это сделать — подробно описано в уроке 2.

Работа на последующих уроках освоения базового уровня состоит из двух видов работ: проверочной и тренировочной.

Цель проверочной работы, во-первых, письменно проверить готовность каждого ученика к уроку, во-вторых, предупредить ошибки при выполнении заданий базового уровня, которые чаще всего обусловлены незнанием или неверным выбором опорного знания (опорные знания — это те формулы и формулировки, которые требуется применить в задании).

В ходе проверочной работы учащиеся выполняют по вариантам пять заданий базового уровня по теме урока. При этом оценивается не ответ, а умение подбирать опорные знания. Эти знания учащиеся повторяли дома, и соответственно оценивается их домашняя работа.

Например, выполняя задание «Две силы $F_1 = 2$ Н и $F_2 = 6$ Н приложены к одной точке. Угол между векторами этих сил — 180° . Определите модуль равнодействующей сил», учащиеся выписывают определение равнодействующей и делают рисунок, поясняющий как складывать противоположно направленные силы, а учитель оценивает правильность определения и рисунка.

После того как учащиеся сдали проверочные работы, учитель организует обсуждение: по каждой задаче выясняют, какое знание является опорным и применяют его для выбора ответа.

Цель тренировочной работы — обучить учащихся применению системы знаний по определенной теме курса физики к решению задач базового уровня. Эта цель достигается путем диагностики начальных умений учащихся по данной теме и выполнения специальных тренировочных упражнений с учетом результатов диагностики.

Задания тренировочной работы составлены в двух вариантах, близких по содержанию: соответствующие пункты в вариантах направлены на проверку одного и того же элемента знаний, заданного в «Кодификаторе». Как правило, они содержат описание конкретной ситуации и ряд вопросов к ней (такой способ представления заданий экономит время урока).

Приведем пример.

Задание первого варианта: Лебедка равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с.

1. Найдите работу силы тяжести.
2. Определите работу силы тяги.
3. Вычислите кинетическую энергию груза.
4. Определите потенциальную энергию груза на высоте 2 м.
5. Рассчитайте полную работу по приведению лебедки в действие, если ее мощность 1300 Вт.
6. Каков КПД лебедки?

Задание второго варианта: Подъемное устройство равномерно поднимает груз массой 100 кг на высоту 5 м за 10 с.

1. Найдите работу силы тяжести.
2. Определите работу силы тяги.
3. Рассчитайте кинетическую энергию груза.
4. Вычислите потенциальную энергию груза на высоте 3 м.
5. Рассчитайте полную работу по приведению устройства в действие, если его мощность 600 Вт.
6. Каков КПД устройства?

Первый вариант работы учащиеся выполняют в классе. Ориентирами в выполнении заданий служат таблица «Система знаний по теме...» и общий метод решения задач базового уровня. После того как первый вариант выполнен, учащиеся самостоятельно проводят диагностику: сверяют ответы и выясняют, по каким пунктам имеются ошибки.

Поскольку каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору», в результате такой самопроверки вырисовывается четкая картина: какие из этих элементов освоены тем или иным учеником, а какие требуют дальнейшей отработки.

Далее каждый ученик может двигаться по своей индивидуальной траектории, выполняя во втором варианте только те пункты, с которыми не удалось справиться в первом варианте. Эту работу можно выполнять дома.

§ 4. Решение задач повышенного и высокого уровня

В экзаменационной работе представлены 10 заданий повышенного уровня и 6 заданий высокого уровня. Все они проверяют умение решать физические задачи разной степени сложности.

Задания повышенного уровня входят в первую и вторую части ЕГЭ. Задания части 1 (A8, A9, A15, A23, A24, A29) требуют выбора ответа, а задания части 2 (B1, B2, B3, B4) — записи ответа в виде числа. Максимальный первичный балл за все задания повышенного уровня составляет 10 (по 1 баллу за каждое задание). Верное выполнение всех заданий базового уровня, и хотя бы трети заданий повышенного уровня, дает возможность получить оценку «4» за экзамен.

Задания высокого уровня отражают уровень требований к вступительным экзаменам в вузы. Они входят в часть 3 ЕГЭ (C1-C6) и требуют развернутого ответа. Максимальный первичный балл за все задания высокого уровня составляет 18 (по 3 балла за каждое). Выполнение заданий высокого уровня дает возможность получить оценку «5» за экзамен.

Какой метод решения использовать? Большинство заданий повышенного и высокого уровней представляют собой задачи по нахождению значений физической величины. Помощь

в решении таких задач может оказать общий метод, приведенный на схеме 3. Он включает пять последовательных шагов и обычно в той или иной форме знаком учащимся к началу подготовки к экзамену.

Общий метод решения задач повышенного и высокого уровня¹

- I. Установите, какому явлению соответствует ситуация задачи**
1. Выделите в тексте задачи структурные элементы физического явления:
 - материальный объект, об изменении которого идет речь;
 - воздействующий объект;
 - условия взаимодействия;
 - результат взаимодействия.
 2. Переведите слова текста на язык физической науки.
 3. Сделайте вывод, о каком явлении идет речь в тексте задачи.

- II. Постройте графическую модель явления с учетом условий задачи**
1. Сделайте схематический рисунок, на котором изображены взаимодействующие объекты и условия взаимодействия.
 2. Кратко запишите данные задачи.

- III. Составьте уравнения, описывающие модель**
1. Выберите физические законы и формулы-определения, описывающие модель.
 2. Установите, входит ли искомая физическая величина в составленные уравнения, и если нет, добавьте недостающие уравнения.
 3. Проверьте, равно ли число уравнений числу неизвестных величин в них, и если нет, добавьте необходимое число уравнений.

IV. Выведите из уравнений расчетную формулу

V. Рассчитайте значение искомой физической величины по формуле

Схема 3

¹ Метод описывает решение задач, целью которых является найти значение физической величины. Содержание и описание метода составлено с опорой на работу С.В. Анофриковой и Г.П. Стефановой «Применение задач в процессе обучения физике» (М.: Прометей, 1991).

На первом шаге — ученик определяет, о каком физическом явлении идет речь в тексте задачи. Если это действие вызывает затруднение, полезно вспомнить, что физическим явлением называют всякое изменение, происходящее с материальным объектом под воздействием другого объекта при определенных условиях.

Поэтому, чтобы «разглядеть» в тексте задачи то или иное явление, требуется сначала словами текста ответить на вопросы:

- Состояние, какого материального объекта меняется?
- Под воздействием, какого объекта происходит изменение?
- При каких условиях осуществляется воздействие?
- Каков результат воздействия?

Далее следует перевести слова текста на язык физической науки (реальные объекты принять за идеализированные, свойства объектов выразить через физические величины, воздействие описать в принятых в физике терминах) и сделать вывод о том, какому явлению соответствует ситуация задачи.

Такой подробный анализ текста, по сути, представляет собой процесс моделирования ситуации задачи, т.е. замены конкретного сюжета, происходящего с реальными объектами, образом ситуации, для которого применимы уравнения физики.

Второй шаг заключается в том, чтобы представить полученную модель ситуации графически. Для этого ученик с помощью условных обозначений изображает взаимодействующие объекты, характеристики их начального и конечного состояния и условия взаимодействия. Рядом с чертежом приводит значения физических величин, соответствующих модели. На практике эти действия часто называют «сделать рисунок» и «записать дано». Помощь в их выполнении могут оказать таблицы-системы знаний, в которых представлены графические модели изучаемых в школе физических явлений.

На третьем шаге ученик составляет уравнения, описывающие построенную модель. Для этого он сначала выбирает соответствующие физические законы и формулы-определения. Делать это также удобно с опорой на таблицы-системы знаний, обращаясь к третьему столбцу, в котором выписаны уравнения по каждой графической модели. Далее устанавливает, входит ли искомая физическая величина в составленные уравнения, и если нет, добавляет недостающее уравнение. Затем проверяет, равно ли число уравнений числу неизвестных величин в них, и если нет, добавляет необходимое число уравнений.

Четвертый и пятый шаги — математические. Ученик выводит из имеющихся уравнений формулу для нахождения искомой физической величины и вычисляет значение этой вели-

чины путем подстановки данных задачи в формулу. На этих этапах решения полезно контролировать правильность полученной формулы (по соответствию наименований единиц физических величин в левой и правой частях равенства, путем исследования вида уравнения в частных случаях, из соображений симметрии и т.п.), а также оценивать ответ на соответствие физическим закономерностям и здравому смыслу.

Приведенный выше общий метод решения задач достаточно универсален, однако его применение к конкретной ситуации вызывает сложности у учащихся. Для ряда задач этот метод может быть детализирован. Такие задачи называют типовыми, а их методы решения — частными. Как правило, детализации подвергаются первые три шага метода, а последние два остаются без изменений.

Как организовать обучение решению задач повышенного уровня части 1 ЕГЭ?

Задачи повышенного уровня части 1, как правило, требуют применения знаний из нескольких тем раздела курса физики. Поэтому необходимо привести в единую систему знания обо всех явлениях, изученных в рамках того или иного раздела («Механика», «Молекулярная физика и термодинамика» и др.) и научить определять, о каком из них идет речь в конкретной задаче.

На выполнение задания повышенного уровня части 1 на экзамене отводится в среднем 4 минуты, при этом ответ необходимо выбрать из приведенных четырех вариантов. Для того, чтобы уложиться в заданное время, ученик должен применить методы «в свернутом виде», не расписывая все этапы решения.

Поэтому методика организации решения задач повышенного уровня части 1 состоит в следующем. По каждому разделу школьного курса организуется специальный урок, на котором учащиеся, во-первых, систематизируют свои знания по разделу в целом; во-вторых, обучаются распознавать явления, описанные в тексте задачи; в-третьих, тренируются выполнять задания «в свернутом виде». Опорой в работе учащихся на всех этапах такого урока служит таблица «Система знаний по разделу...».

Пример описанной выше организации деятельности учащихся приведен в уроке 9 (раздел «Механика»).

Как организовать обучение решению задач повышенного уровня части 2?

Для обучения выполнению заданий повышенного уровня части 2 ЕГЭ также организуется специальный урок¹. Задания

¹ По разделу «Электродинамика» проводится два таких урока. Это связано с большим объемом материала, изучаемого в данном разделе.

Каждая строка первой таблицы содержит опорные знания для решения задач определенного типа, каждый столбец второй таблицы — последовательность действий по решению задач этого типа.

Пользоваться таблицами ученики могут по мере необходимости, если возникают трудности в выполнении того или иного задания.

Пример обучения решению задач повышенного уровня части 2 ЕГЭ дан в уроке 10 (раздел «Механика»).

Как организовать обучение решению задач высокого уровня?

Напомним, что пять заданий высокого уровня сложности части 3 ЕГЭ относятся к определенным разделам школьного курса физики (С1 — «Механика», С2 — «Молекулярная физика. Термодинамика», С3 — «Электродинамика», С4 — «Электродинамика. Оптика», С5 — «Квантовая физика») и одно задание (С6) — комплексная задача.

Для подготовки к выполнению каждого из шести заданий высокого уровня отводится отдельный урок. На этом уроке проводится тренировка в выполнении заданий высокого уровня, в ходе которой учащиеся продолжают применять те же системы знаний и методы решения задач по разделу, что использовались на предыдущих уроках (обучение решению задач повышенного уровня части 1 и части 2).

Следует отметить, что многие задачи по молекулярной физике и электродинамике требуют применения знаний и методов решения задач по механике, так как механическое движение является простейшей формой движения, и тепловые или электромагнитные явления неизбежно связаны с механическим движением. Поэтому в качестве опоры выступают также таблицы «Система знаний по разделу «Механика» и «Методы решения задач по механике».

Задания высокого уровня являются заданиями с развернутым ответом. Оформлению такого ответа необходимо специально обучать. Поэтому тренировка в выполнении заданий высокого уровня проводится в два этапа — собственно решение и оформление решения.

Среднее время выполнения заданий достаточно велико: С1–С5 — примерно 19 минут, С6–21 минута. Это означает, что на уроке можно успеть решить не более двух-трех таких задач.

Деятельность учащихся в ходе решения первой задачи удобно организовать по схеме: самостоятельная попытка учащихся наметить ход решения — обсуждение хода решения у доски — показ образца оформления решения.

Последующие задачи учащиеся решают самостоятельно на уроке и дома. В процессе этой работы учитель консультирует учащихся с помощью раздаточных материалов. Эти материалы содержат примеры задач высокого уровня по данному разделу с объяснением решения (в соответствии с общим или частными методами решения) и образцом оформления развернутого ответа¹.

Пример описанной выше организации подготовки к выполнению заданий высокого уровня дан в уроке 11 (раздел «Механика», задание С1).

§ 5. Контроль знаний и умений учащихся

Для того чтобы подготовка к экзамену была эффективной, необходимо организовать текущий и итоговый контроль по каждому из повторяемых разделов школьного курса физики. Контроль должен быть не только со стороны учителя, но и со стороны ученика (самоконтроль). Учащихся следует специально обучать отслеживанию и адекватной оценке собственных результатов.

Когда и как проводить текущий контроль подготовки к ЕГЭ? Текущий контроль проводится на каждом уроке повторения.

На уроках решения задач базового уровня учитель опрашивает учащихся по таблицам «Перечень знаний по теме...» и проводит проверочные работы, диагностирующие владение опорными знаниями по теме (см., например, урок 3).

На уроках решения задач повышенного и высокого уровня учитель проверяет наличие выполненных дома тренировочных заданий и консультирует учащихся по возникающим у них вопросам. Домашние задания к таким урокам не являются строго фиксированными. Для решения предлагается достаточно большое число задач (7–10), и можно предоставить ученикам выбор: сколько и каких задач определенного уровня сложности решить к данному уроку. Задача учителя — помочь сделать этот выбор в зависимости от уровня подготовки ученика и ожидаемой оценки на им экзамене.

¹ Дополнительные материалы такого рода можно найти в пособии Н.И. Одиной и Н.Е. Кургаевой «Физика. Практический курс подготовки к экзаменам, зачетам» — М.: ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2006.

Когда и как проводить итоговый контроль подготовки к ЕГЭ? Итоговый контроль проводится в заключение повторения каждого раздела: всего 4 контрольные работы (по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике, квантовой физике).

Время проведения контрольных работ может быть несколько отодвинуто, поскольку выполнение домашних заданий к урокам решения задач повышенного и высокого уровней требует длительного времени. Например, контрольная работа по механике может проводиться в середине цикла повторения раздела «Молекулярная физика и термодинамика».

При проведении контрольных работ надо максимально приближать ситуацию, в которой находятся ученики, к ситуации единого государственного экзамена: использовать те же справочные материалы, заполнять бланки, подобные экзаменационным, выполнять расчеты с помощью тех калькуляторов, которые предполагается иметь на экзамене и т.п.

Инструкции по проведению и критерии оценки приведены к каждой из четырех контрольных работ (см. уроки 12, 21, 34, 40) и соответствуют инструкции по проведению и критериям оценки экзаменационной работы.

В апреле (до проведения пробной сдачи экзамена) необходимо провести тренировочную работу по всему школьному курсу физики. Это можно сделать в классе или при дефиците времени — дома.

В данном пособии мы намеренно не приводим материалов для такой работы, поскольку предпочтительнее использовать те материалы, которые ориентированы на экзаменационную работу текущего года. Тексты тренировочных работ ежегодно издаются во многих вариантах и их надо своевременно обновлять.

Как организовать самоконтроль учащихся в процессе подготовки к ЕГЭ? Для успешной подготовки к ЕГЭ чрезвычайно важно обучить учащихся регулярно отслеживать и адекватно оценивать результаты своей работы в классе и дома. Только при условии такого обучения можно говорить об учете индивидуальных особенностей учащихся и выборе индивидуальной траектории подготовки к экзамену.

Самоконтроль на уроках освоения базового уровня проводится в ходе выполнения тренировочных заданий: выполняя первый вариант этих заданий, ученик проводит диагностику своих начальных знаний по всем элементам содержания, перечисленным в «Кодификаторе», а далее с учетом результатов этой диагностики приступает к решению задач второго варианта (см., например, тренировочную работу в уроке 5).

На уроках решения задач повышенного и высокого уровня надо приучать учащихся фиксировать время выполнения заданий и самостоятельно оценивать результаты их выполнения (от 0 до 3 баллов). С этой целью в начале каждого такого урока следует знакомить учащихся с регламентом выполнения того или иного типа заданий и критериями их оценки. Для самооценки по заданиям повышенного уровня учащиеся проводят сравнение полученных ими ответов с приведенными в пособии, а по заданиям высокого уровня — с эталонными примерами развернутых ответов.

Обязательно надо помочь ученикам проанализировать результаты итоговой тренировочной работы и выработать свою собственную стратегию выполнения экзаменационной работы. Для этого в ходе выполнения тренировочной работы учащиеся должны фиксировать время выполнения каждого задания, а после оценивания работы — выписать число набранных баллов по каждому из заданий. Информация о соотношении «время-результат» по каждому заданию поможет определить, задания какого уровня и по каким разделам целесообразно выполнять конкретному ученику в первую очередь.

Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ в разделе «Механика»

Урок 1

ТЕМА: Систематизация теоретического материала (кинематика)

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по теме «Кинематика»;
- систематизировать по схеме «явление — модель — законы»;
- освоить общие приемы повторения и систематизации знаний.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- учебник или справочник;
- вариант ЕГЭ прошлого года;
- раздаточный материал (таблицы «Перечень знаний по теме «Кинематика» и «Система знаний по теме «Кинематика», задания проверочной работы»);
- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Кинематика».

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об экзамене с использованием варианта ЕГЭ прошлого года	3
2	Формирование общего приема повторения	Фронтальная беседа	5

¹ В поурочных разработках не указан такой этап урока, как «Организационный момент», учитель проводит его по своему усмотрению.

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
3	Работа с таблицей «Перечень знаний по теме «Кинематика»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом «Перечень знаний...» и учебником, консультации учителя	10
4	Формирование общего приема систематизации	Фронтальная беседа	7
5	Работа с таблицей «Система знаний по теме «Кинематика»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом «Система знаний...» и учебником, консультации учителя	10
6	Самопроверка знаний учащихся	Выполнение заданий проверочной работы, контроль ответов	7
7	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Систематизация теоретического материала (кинематика)		
Явление	Графическая модель	Законы
Равномерное прямолинейное движение		$\vec{s} = \vec{v}t$ $x = x_0 + v_x t$ $v_x = const$

**Систематизация теоретического материала
(кинематика)**

Явление	Графическая модель	Законы
Неравномерное прямолинейное движение		$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$

ХОД УРОКА:



Введение

Учитель информирует о содержании и процедуре ЕГЭ, сопровождая свое сообщение примерами из варианта ЕГЭ прошлых лет.

К чему нам предстоит готовиться? Экзаменационная работа содержит 40 заданий с выбором ответа и с открытым ответом и выполняется в течение 210 минут. Она состоит из трех частей (пояснения и примеры). В экзаменационной работе представлены задания трех уровней сложности: базового, повышенного и высокого (пояснения и примеры):

Подготовку к экзамену будем вести по разделам: 1) механика; 2) молекулярная физика и термодинамика; 3) электродинамика; 4) квантовая физика и основы специальной теории относительности. По каждому из них вам предстоит последовательно освоить выполнение заданий базового, повышенного и высокого уровней. В конце повторения каждого раздела — контрольная работа, в конце года — тренировочная экзаменационная работа.

Формирование общего приема повторения

Каждое задание ЕГЭ выполняется с опорой на формулировки физических законов, определения физических понятий, уравнения связи между физическими величинами и т.п. Все

эти знания представлены в учебниках и справочниках по физике, но многие из них изучались давно и требуют повторения.

Какие именно элементы содержания курса физики следует повторить задано в специальном документе — «Кодификаторе» (всего 123 элемента).

— Перечислите элементы темы «Кинематика», которые проверяются на экзамене, пользуясь таблицей.

**Перечень знаний по теме
«Кинематика»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.1.1 Относительность механического движения	Определения понятий «механическое движение», «система отсчета», формулировка факта относительности движения, формулировка закона сложения скоростей и его уравнение
1.1.2 Скорость «равномерное движение», «средняя скорость»	Определение понятий «равномерное прямолинейное движение», «скорость равномерного прямолинейного движения», графические модели равномерного и неравномерного прямолинейного движения, формулировки зависимостей перемещения, координаты и скорости от времени, уравнения зависимостей, графики зависимостей и их описание
1.1.3 Ускорение 1.1.4 Прямолинейное равноускоренное движение 1.1.5 Свободное падение	Определения указанных понятий, графическая модель прямолинейного равноускоренного движения, формулировки зависимостей перемещения, мгновенной скорости, ускорения от времени, уравнения зависимостей в векторной форме и в проекциях на координатную ось, графики зависимостей проекций мгновенной скорости и ускорения от времени и их описание, значение ускорения свободного падения вблизи поверхности Земли

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.1.6 Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью 1.1.7 Центростремительное ускорение	Определение понятий «равномерное движение по окружности», «период и частота обращения», «угол поворота», «угловая и линейная скорости», «центростремительное ускорение», графическая модель равномерного движения по окружности, уравнения связи центростремительного ускорения и линейной скорости, угловой и линейной скоростей, линейной скорости и периода обращения, угловой скорости и периода обращения, периода и частоты, угла поворота и пройденного пути, пути и времени движения

В правой части таблицы конкретизировано, какие определения, формулировки, графики и графические модели следует повторить по каждому элементу. Ко всем последующим урокам вы будете делать это дома, а сегодня мы потренируемся в выполнении подобной работы на уроке.

Обратимся к первой строке таблицы (правый столбец).

— Сформулируйте определение механического движения.

— Сформулируйте определение системы отсчета.

— В чем состоит относительность движения?

— Запишите классический закон сложения скоростей, поясните обозначения в законе.

Если ученики дают неточные или неверные ответы, учитель побуждает их обратиться к учебнику или справочнику и затем повторно сформулировать определения и записать закон.

Работа с таблицей «Перечень знаний...»

Вторую и третью строку таблицы примените самостоятельно. Работайте в парах. Сначала попытайтесь произнести вслух указанные в таблице определения и формулировки, записать формулы, сделать рисунки. Затем найдите в учебнике те из них, которые вы забыли или в которых сомневаетесь. Добейтесь того, чтобы вы могли быстро и правильно их воспроизвести (несколько раз повторите определения, выпишите формулы

Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ в разделе «Механика»

и т.п.). Проверьте друг друга: один ученик задает вопросы и контролирует ответы по учебнику, его сосед по парте отвечает.

Формирование общего приема систематизации

Большинство заданий экзамена представляет собой физические задачи. Решение любой физической задачи включает следующие этапы: 1) установление явления, о котором идет речь в задаче; 2) построение графической модели явления; 3) подбор законов, описывающих модель. Чтобы проще было использовать физические знания при решении задач, надо «разложить их по полочкам»: явление — модель — законы.

Делать это удобно в форме таблиц-систем знаний (см. таблицу по кинематике). Каждая строка такой таблицы может служить опорой в решении задач определенного типа.

Далее учитель организует обсуждение первой и второй строки таблицы. В процессе обсуждения учитель изображает элементы таблицы на доске, а учащиеся — в тетрадях.

— Сформулируйте определение равномерного прямолинейного движения.

— Сформулируйте определение неравномерного прямолинейного движения.

— Поясните условные обозначения на моделях равномерного и неравномерного движения.

— Сформулируйте законы, описывающие эти модели.

— Установите соответствие между графиками и уравнениями в третьем столбце таблицы.

Система знаний по теме «Кинематика»

Явление	Графическая модель	Законы
Равномерное прямолинейное движение		$\bar{s} = \bar{v}t$ $x = x_0 + v_x t$ $v_x = const$

Явление	Графическая модель	Законы
Неравномерное прямолинейное движение		$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$
Равноускоренное прямолинейное движение		$\bar{s} = \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a} t^2}{2}$ $v = \bar{v}_0 + \bar{a} t$ $\bar{a} = const$ $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $v_x = v_{0x} + a_x t$ $a_x = const$
Свободное падение тела, брошенного: а) вертикально вверх; б) вертикально вниз		$y = y_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad (y_{max} = \frac{g t^2}{2})$ $v_y = v_0 - g t$ $y = y_0 + v_0 t + \frac{g t^2}{2}$ $v_y = v_0 + g t$
Равномерное движение материальной точки по окружности		$a_{uc} = \frac{v^2}{r}$ $\varphi = \frac{s}{r}$ $v = \frac{N}{t}$ $v = \frac{2\pi r}{T}$ $\omega = \frac{\varphi}{t}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $v = \omega r$ $T = \frac{t}{N}$ $T = \frac{1}{\nu}$

Работа с таблицей «Система знаний...»

Вторую и третью строки таблицы расшифруйте самостоятельно. Работайте в парах. По каждой строке выполните следующие действия:

1. Сформулируйте определение явления.
2. Опишите, что изображено на графической модели: укажите начальное и конечное положение материальной точки, назовите все физические величины, обозначенные на рисунке, соотнесите рисунок с определением физического явления.
3. Прочитайте законы и уравнения связи, перечисленные в третьей графе, и установите соответствие графиков уравнениям.

Самопроверка знаний учащихся

Учащиеся работают письменно в тетрадях, выполняя следующее задание.

Перед вами одна из строк таблицы.

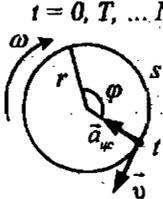
Вариант 1

Явление	Графическая модель	Законы

Вариант 2

Явление	Графическая модель	Законы

Вариант 3

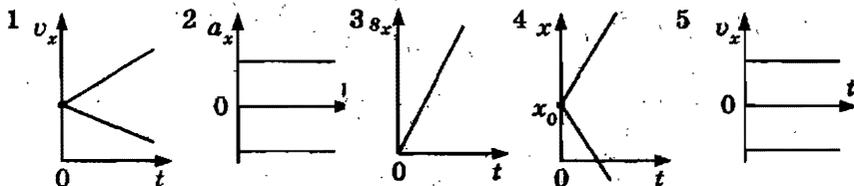
Явление	Графическая модель	Законы
		

Заполните ее, выполняя следующие действия:

- 1) запишите название явления, графическая модель которого изображена;
- 2) на модели обведите элементы и рядом с каждым подпишите соответствующий номер: 1 — начальное положение, 2 — конечное положение, 3 — начальная координата, 4 — конечная координата, 5 — координатная ось, 6 — начальная скорость, 7 — конечная скорость, 8 — вектор ускорения, 9 — угол поворота, 10 — вектор перемещения, 11 — угловая скорость, 12 — путь;
- 3) выберите из уравнений, приведенных ниже, законы, описывающие каждую модель, запишите их в третий столбец;

$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	$s = vt$	$v = \frac{2\pi r}{T}$	$a_{цс} = \frac{v^2}{r}$	$v = \omega r$
$v_x = v_{0x} + a_x t$	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$	$v_y = v_0 + gt$	$a_x = const$	$T = \frac{1}{\nu}$	
$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$	$v_y = v_0 - gt$	$y = y_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2}$	$v_y = v_0 + gt$		

- 4) выберите из графиков, приведенных ниже, те, которые соответствуют выбранным уравнениям, поставьте номер графика рядом с уравнением.



После того как задание выполнено, учащиеся проверяют правильность выполнения: пункты 1 и 3 — по исходной таблице, пункты 2 и 4 — в ходе обсуждения в классе.



Сообщение домашнего задания

Закончите повторение теоретического материала по кинематике, пользуясь таблицей «Перечень знаний...». Работайте дома по той же схеме, что и на уроке: 1) попытайтесь воспроизвести опорные знания, перечисленные в правой части таблицы; 2) проверьте себя по учебнику или справочнику; 3) повторно воспроизведите те формулы и формулировки, которые вы забыли или в которых ошиблись.

Дополнительный материал для учителя

Возможный сценарий обсуждения таблицы «Система знаний по теме «Кинематика» (этап 5 урока)

Учитель. Назовите виды механического движения, которые вы изучали в теме «Кинематика».

Ученики. Равномерное прямолинейное движение, неравномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение и равномерное движение по окружности.

Учитель. Знания об этих явлениях сведены в таблицу «Система знаний по теме «Кинематика». Каждая строка дает опору для решения определенного типа задач. Знания в таблице разделены на три блока: 1) явление, 2) графическая модель, 3) законы и уравнения связи. Для того, чтобы воспользоваться таблицей для решения задач, вам надо понимать содержание каждого блока и уметь воспроизвести все опорные знания, которые в ней собраны.

С такими таблицами мы будем работать на каждом уроке повторения. Вы должны научиться их расшифровывать. Сегодня на уроке мы вместе обсудим первую и вторую строки таблицы, остальные строки вы разберете самостоятельно и затем проверите себя, выполняя проверочную работу.

Итак, обратимся к первой и второй строкам. Сформулируйте определение равномерного прямолинейного движения, неравномерного прямолинейного движения. (*Выслушивает определения.*)

Учитель. Назовите элементы графической модели. (Указывает последовательно на элементы рисунков.)

Ученики. Начальное положение материальной точки, конечное положение материальной точки, обозначение начального момента времени, обозначение конечного момента времени, вектор перемещения, проекция вектора перемещения, координатная ось, начальная координата, координата конечного положения, вектор скорости.

Учитель. Обратимся к третьему столбцу. Сформулируйте законы движения и установите соответствие уравнение — график для равномерного движения. (*Указывает последовательно на уравнения.*)

Ученик 1. При равномерном движении пройденный путь (или модуль перемещения) прямо пропорционален времени движения. Уравнению $s = vt$ соответствует график зависимости $s(t)$, представляющий собой прямую, наклоненную к оси Ot . Угол наклона тем больше, чем больше скорость движения.

Ученик 2. Скорость равномерного движения — величина постоянная $v = \text{const}$. График зависимости модуля скорости от времени — прямая, параллельная оси Ot .

Ученик 3. Координата материальной точки линейно зависит от времени движения. Уравнению $x = x_0 \pm vt$ соответствует график зависимости $x(t)$ — прямая, проходящая через точку $(0, x_0)$, наклоненная к оси Ot тем больше, чем больше скорость движения, и идущая вверх (если проекция скорости положительная) или вниз (если проекция скорости отрицательная).

Учитель. Мы расшифровали первую строку таблицы. Сделайте дополнения для неравномерного движения.

Ученик. Средняя скорость неравномерного движения на всем участке равна отношению пути ко времени движения.

Урок 2

ТЕМА: Решение задач базового уровня (кинематика)

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- выделить общий метод решения задач базового уровня;
- научиться применять его при решении задач базового уровня по кинематике;
- установить собственные возможности в получении 1 балла за задание по кинематике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Кинематика»;
- представленный наглядно общий метод решения задач базового уровня;
- раздаточный материал (задания на выделение общего метода, задания на применение общего метода, тренировочные задания).

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий базового уровня	3
2	Актуализация знаний по кинематике	Фронтальная беседа	3
3	Выделение общего метода решения задач базового уровня	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания на выделение общего метода), фронтальная беседа	15
4	Применение общего метода решения задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (задания на применение общего метода), консультации учителя, обсуждение результатов	10
5	Тренировка в решении задач базового уровня	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания)	10
6	Сообщение домашнего задания	—	3

НА ДОСКЕ:

Решение задач базового уровня (кинематика)		
Типы задач		
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
Применение формулировки	Расчет по формуле	Сравнение по формуле
Путь – ? Путь – длина траектории Траектория – окружность радиуса r $\Rightarrow l = 2\pi r$	$v_{cp} - ?$ $v_{cp} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$ $t_1 = \frac{s_1}{v_1} \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2}$ $v_{cp} = \frac{(36 + 54) \cdot 10^3}{(3,6 + 3,6) \cdot 10^3} =$ $= 12,5 \text{ (м/с)}$	$h = \frac{gt^2}{2}$ $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$ $4h_1 = \frac{gt_2^2}{2}$ $t_2 = 2t_1$

ХОД УРОКА:



Введение

Учитель информирует об особенностях заданий базового уровня и мотивирует учащихся к освоению общего метода их выполнения.

Задания базового уровня — наиболее простые задания экзаменационной работы. Они входят в часть 1 ЕГЭ и соответственно представляют собой задания с выбором ответа. На выполнение задания отводится 2 минуты, верный ответ оценивается в 1 балл.

Особенность заданий базового уровня в том, что они охватывают огромный объем теоретического материала и проверяют, все ли элементы школьного курса усвоены. Однако хотя знания, на которые следует опираться при выполнении заданий базового уровня, в разных темах разные, метод их выполнения в большинстве случаев — общий. Поэтому стоит потратить время, чтобы выделить этот метод на примере заданий по кинематике, а затем применять во всех темах школьного курса.



Актуализация знаний

Учащиеся, отвечая на вопросы учителя, воспроизводят опорные знания по кинематике (см. таблицу «Перечень знаний по теме «Кинематика»).

Выделение общего метода решения задач базового уровня

Выполните следующие задания. У вас — 6 минут, именно такое время отводится на 3 задачи базового уровня на экзамене.

1. Установите, какой путь проходит крайняя точка винта взлетающего вертолета в системе отсчета, связанной с вертолетом, за время, равное периоду вращения. Радиус винта r .

2. Автомобиль первые 36 км пути прошел со скоростью 10 м/с, затем 54 км пути со скоростью 15 м/с. Найдите среднюю скорость на всем пути.

3. Два тела свободно падают без начальной скорости, причем первое с высоты в 4 раза большей, чем второе. Сравните время падения первого и второго тел.

По истечении указанного времени учитель организует обсуждение решений, направленное на выделение общего метода. Ведется запись решений на доске и в тетрадях.

— Выделите действия по выполнению первого задания (второго, третьего).

— Какие из них являются общими для всех трех?

— На какие знания вы опирались при решении первой задачи (второй, третьей).

Учитель поясняет содержание общего метода решения задач базового уровня (см. ниже), учащиеся записывают его в тетради.

Первые три шага метода — общие и направлены на то, чтобы конкретизировать знания, на которые следует опираться. Опорное знание может представлять собой утверждение или формулу.

Четвертый шаг состоит в применении опорных знаний и может осуществляться тремя разными способами для заданий разных типов.

Пятый шаг — сравнение полученного ответа с предложенными вариантами и выбор номера варианта, по которому ответы совпадают.

Общий метод решения задач базового уровня

1. Установить, какому явлению соответствует ситуация задачи

2. Выделить элемент знания об этом явлении, указанный в вопросе задачи

3. Дать словесную формулировку выделенного элемента знания или записать соответствующую формулу

4. Применить формулировку или формулу к конкретной ситуации

для элемента, который нельзя раскрыть в виде формулы (I)

а) перевести формулировку в действия,
б) выполнить эти действия

для формулы, по которой требуется провести расчет. (II)

а) выразить искомую величину из формулы (формул),
б) подставить данные (в системе СИ),
в) произвести расчет

для формулы, по которой требуется провести сравнение (III)

а) записать формулу для одного случая,
б) записать формулу с коэффициентами, соответствующими заданному увеличению или уменьшению величин,
в) сравнить полученные выражения и установить искомую связь

5. Сформулировать ответ

Применение общего метода решения задач базового уровня

Для того, чтобы применить метод, необходимо определить тип задачи:

I тип: требуется применить элемент знаний, выраженный словами (определение понятия, формулировку закона или правила, утверждение об особенностях протекания какого-либо процесса и т.п.).

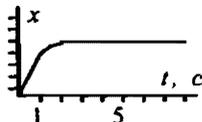
II тип: требуется провести расчет с опорой на одну или несколько формул.

III тип: требуется сравнить значения физических величин.

Прочитайте тексты задач и поставьте рядом с каждой номер I, II или III, соответствующий ее типу.

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной. В каком случае систему отсчета, связанную с автомобилем, тоже можно считать инерциальной: 1) автомобиль движется равномерно по прямолинейному участку шоссе; 2) разгоняется на прямолинейном участке шоссе; 3) движется равномерно по извилистой дороге; 4) по инерции скатывается в гору?

2. На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. В какой промежуток времени скорость тела была равна нулю?



3. Координата тела меняется с течением времени согласно формуле $x = 5 - 3t$. Какова координата тела через 5 с после начала движения?

4. В трубке, из которой откачан воздух, с одной высоты одновременно начинают падать дробинка, пробка и птичье перо. Какое из этих тел позже всех достигнет дна трубки?

5. Мотоциклист и велосипедист начинают равноускоренное движение. Ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем у велосипедиста. Во сколько раз скорость мотоциклиста будет больше скорости велосипедиста в один и тот же момент времени?

6. Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один со скоростью 50 км/ч, другой — со скоростью 70 км/ч. Как изменяется расстояние между автомобилями?

Результаты выполнения задания проверяются и обсуждаются в классе.

Решите задачи, пользуясь общим методом решения задач базового уровня. На четвертом шаге выбирайте блок метода, соответствующий типу задачи.

Ответы

Задача	1	2	3	4	5	6
Тип задачи	I	I	II	III	III	I
Ответ	Случай 1	2-5 с	-10 м	Одновременно	3	Увеличивается (уменьшается), если сзади автомобиль, у которого скорость 50 км/ч (70 км/ч).



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору».

Решите задачи первого варианта.

Указания к работе.

1. Прочтите тексты всех задач и выполните те из них, которые не вызывают затруднений.
2. Попытайтесь решить оставшиеся задачи с применением общего метода и таблицы — системы знаний по кинематике.

Вариант 1

I. Два автомобиля движутся по прямому шоссе: один со скоростью v , а другой со скоростью $3v$.

1. Постройте возможные модели движения.
2. Запишите выражения для вектора и модуля скорости второго автомобиля относительно первого.

II. По прямому шоссе движутся два мотоциклиста. Скорость первого 15 м/с, второго — 20 м/с. Расстояние между мотоциклистами в начальный момент времени равно 200 м.

1. Постройте модель ситуации для движения в одном направлении с последующей встречей (положительное направление оси Ox — направление движения мотоциклистов; начало координат — место нахождения второго мотоциклиста в начальный момент времени).

2. Составьте уравнения движения мотоциклистов в системе отсчета, связанной с Землей.

3. Постройте на одной координатной плоскости графики зависимости пути от времени (масштаб: 1 см — 100 м, 1 см — 5 с).

4. Постройте на одной координатной плоскости графики зависимости координаты от времени.

5. Найдите место и время встречи. Укажите его на модели.

6. Постройте модель и составьте уравнение движения первого мотоциклиста в системе отсчета, связанной со вторым мотоциклистом.

III. Гидротурбина радиусом R_1 совершает вращение с частотой ν_1 , а паровая турбина радиусом $R_2 = \frac{R_1}{8}$ вращается с

частотой $\nu_2 = 40\nu_1$. Во сколько раз различаются:

1. Скорости точек обода колес турбин;
2. Их центростремительные ускорения;
3. Периоды вращения;
4. Угловые скорости.



Сообщение домашнего задания

Задание состоит из двух частей: 1) тренировка в выполнении заданий базового уровня по кинематике; 2) работа с учебником или справочником по повторению опорных знаний. Такие виды деятельности выполняются учащимися впервые, поэтому сообщение задания содержит подробные комментарии. Каждая часть задания снабжена раздаточным материалом, которым учащиеся пользуются дома: 1) вариант тренировочной работы с ответами; 2) таблица — «Перечень знаний...».

1. Продолжите выполнение тренировочной работы:

- Сверьте ответы первого варианта и выделите те пункты, которые выполнены неверно.
- Выполните работу над ошибками. Для этого обратитесь к перечню элементов содержания и выделите те, которые соответствуют невыполненным или выполненным неверно заданиям. Повторите их формулировки по учебнику или справочнику. Повторите попытку решить задачи, с которыми вы не справились.
- Выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).
- Определите среднее время решения одной задачи и сделайте вывод о возможности получения 1 балла за задание базового уровня по кинематике.

Вариант 2

I. Резец движется относительно корпуса токарного станка.

1. Какова скорость резца, если скорость продольной подачи 12 см/мин, а поперечной подачи — 5 см/мин.

II. По прямому шоссе движутся два мотоциклиста. Скорость первого 15 м/с, второго — 20 м/с. Расстояние между мотоциклистами в начальный момент времени равно 3,5 км.

1. Постройте модель ситуации для движения в противоположных направлениях с последующей встречей (положительное направление оси Ox — направление движения первого мотоциклиста; начало координат — место нахождения первого мотоциклиста в начальный момент времени).

2. Составьте уравнения движения мотоциклистов в системе отсчета, связанной с Землей.

3. Постройте на одной координатной плоскости графики зависимости пути от времени (масштаб: 1 см — 500 м, 1 см — 20 с).

4. Постройте на одной координатной плоскости графики зависимости координаты от времени.

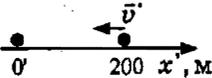
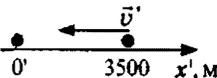
5. Найдите место и время встречи. Укажите его на модели.
 6. Постройте модель и составьте уравнение движения второго мотоциклиста в системе отсчета, связанной с первым мотоциклистом.

III. Часы имеют часовую и минутную стрелки длиной соответственно 0,5 и 1 см. Во сколько раз различаются:

1. Частоты вращения;
2. Угловые скорости;
3. Скорости крайних точек стрелок;
4. Их центростремительные ускорения.

Ответы

Задание	Вариант 1	Вариант 2
I		13 см/мин
	$v' = 3v - v$ $v' = 2v$	-
II		
	$x_{(1)} = 200 + 15t$ $x_{(2)} = 20t$	$x_{(1)} = 15t$ $x_{(2)} = 3500 - 20t$

Задание		Вариант 1	Вариант 2
	5	$x = 800 \text{ м}$ $t = 40 \text{ с}$	$x = 1,5 \text{ км}$ $t = 100 \text{ с}$
	6	 $v' = 5 \text{ м/с}$ $s = 5t$ $x = 200 - 5t$	 $v' = 35 \text{ м/с}$ $x = 3500 - 35t$
III	1	$v_2 = 5v_1$	$v_m = 12 v_n$
	2	$a_2 = 200a_1$	$\omega_m = 12 \omega_n$
	3	$T_2 = \frac{T_1}{40}$	$v_m = 24v_n$
	4	$\omega_2 = 40\omega_1$	$a_m = 288a_n$

2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал о видах сил в механике, заданный в таблице. Для этого: 1) попытайтесь воспроизвести опорные знания, перечисленные в правой части таблицы; 2) проверьте себя по учебнику или справочнику; 3) повторно воспроизведите те формулы и формулировки, которые вы забыли или в которых ошиблись.

Перечень знаний по теме
«Законы Ньютона»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.2.5 Сила. 1.2.6 Принцип суперпозиции сил	Определение понятий «взаимодействие», «сила», «равнодействующая сила»; формулировка правила нахождения равнодействующей и модель построения равнодействующей
1.2.1 Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона 1.2.2 Принцип относительности Галилея	Определение понятий «инерция», «инерциальная система отсчета», содержание понятия «движение по инерции», формулировка первого закона Ньютона, формулировка принципа относительности Галилея

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.2.7 Второй закон Ньютона 1.2.3 Масса тела 1.2.4 Плотность вещества	Формулировка второго закона Ньютона, модель равноускоренного движения под действием нескольких сил; уравнение второго закона Ньютона, определение понятий «инертная» масса тела», «плотность вещества»
1.2.8 Третий закон Ньютона	Формулировка третьего закона Ньютона и модели ситуаций взаимодействия для сил тяготения, упругости, трения

Дополнительный материал для учителя

Возможный сценарий выделения общего метода решения задач базового уровня (4-й этап урока)

Учитель. Большинство заданий базового уровня предназначены для того, чтобы проверить, помните ли вы формулы и формулировки из перечня элементов знаний, можете ли их применить к конкретным ситуациям. Положите таблицу — «Перечень знаний по теме «Кинематика» перед собой. Проверим, как вы справились с домашним заданием. *(Вызывает трех учащихся сформулировать определения пути, средней скорости и записать уравнение зависимости пути от времени при свободном падении без начальной скорости.)* Итак, мы вспомнили три элемента знания и готовы решать задачи на их применение. Выполните следующие задания. У вас — 6 мин, именно столько времени отводится на три задачи базового уровня на едином государственном экзамене.

Учащиеся решают задачи (см. описание урока). За отведенное время часть из них справляется с задачами, часть — затрудняется в решении.

Учитель. Как видите, знание определений и формул не всегда является достаточным для того, чтобы быстро и правильно решить даже такие простые задачи. Требуется еще умение их применять в конкретной ситуации. Хотя формулы и определения в разных темах разные, но метод выполнения большинства задач базового уровня — общий. Поэтому стоит потратить время, чтобы его выделить, а затем применять при решении любых задач этого уровня. Напомню, что задачи базового уровня со-

ставляют 62% всех заданий. Сейчас мы разберем решение трех задач. Те, кто справился с решением, покажут его у доски. (*Вызывает трех учащихся.*) Опишите не просто решение задач, а ваши действия при решении. Остальные — постарайтесь понять объяснение товарищей. Наша задача — выделить метод, т.е. общие по смыслу действия в решении этих трех задач.

Ученик 1¹. Выяснил, что в задаче требуется найти путь. Вспомнил, что путь — длина траектории. Изобразил траекторию за время, равное периоду, т.е. времени одного полного оборота. Это окружность радиуса r . Нашел длину траектории как длину окружности $l = 2\pi r$.

Ученик 2. Выяснил, что в задаче надо рассчитать среднюю скорость. Вспомнил определение средней скорости. Нашел пройденный путь и время движения. Подставил путь и время в формулу и получил ответ.

Ученик 3. Выяснил, что в задаче требуется сравнить время падения с разной высоты. Вспомнил формулу связи высоты и времени падения: $h = \frac{gt^2}{2}$ и записал ее для первого и второго тела. Сопоставил формулы и сформулировал ответ.

Учитель. Какие общие действия содержатся в этих трех рассуждениях?

Ученики. Первое — установить, что требуется найти. Второе — вспомнить формулировку или формулу. Третье — применить эту формулировку или формулу. Порядок действий по применению зависит от того, какой элемент знания надо применять.

Учитель. Молодцы! Одно замечание. В любой задаче описано или подразумевается какое-то физическое явление. Для того, чтобы подобрать соответствующую формулировку или формулу, прежде нужно установить, о каком явлении идет речь. Запишите содержание метода в виде четырех действий. (*Организует запись.*) Четвертый пункт — самый сложный, и хотелось бы его детализировать. Однако, как вы верно заметили, реализуется он в трех задачах по-разному. Если бы мы взяли не 3, а 20, 30 задач, то оказалось бы, что большинство из них свелось к одному из следующих типов. Первый — применяют элемент знаний, который нельзя раскрыть в виде формулы. Второй — применяют формулу, по которой требуется провести расчет. Третий — применяют формулу, по которой требуется провести сравнение. Общие действия по каждому из перечисленных случаев следующие. (*Поясняет оставшуюся часть общего метода.*)

¹ Учащиеся делают записи, как показано в части описания урока «На доске».

Урок 3

ТЕМА: Законы Ньютона, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по законам Ньютона;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по законам Ньютона для выполнения заданий базового уровня.

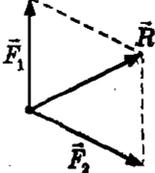
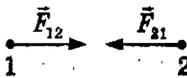
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Законы Ньютона»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Законы Ньютона»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по законам Ньютона	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по законам Ньютона	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Законы Ньютона, базовый уровень		
I закон	II закон	III закон
ИСО: $\vec{v} = const$, если $\sum \vec{F} = 0$	$\vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}$  $\vec{R} = \sum \vec{F}$  $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{R}$	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$  <ul style="list-style-type: none"> - силы одной природы - приложены к разным телам

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

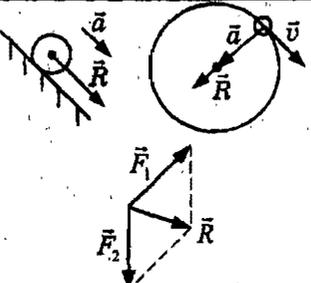
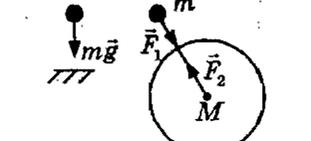
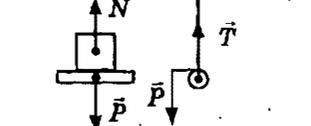
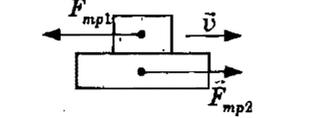
В таблице систематизированы знания об одном явлении — движении материальной точки под действием сил разных видов (силы тяготения, силы упругости, силы трения).

В первой строке описаны две типовые ситуации: равноускоренное прямолинейное движение и равномерное движение по окружности под действием сил разных видов.

Последующие строки задают способ нахождения равнодействующей и иллюстрируют проявление третьего закона Ньютона для взаимодействия силами тяготения, упругости и трения.

Равенства, следующие из третьего закона Ньютона, приведены для модулей сил ($F_{12} = F_{21}$, $N = P$ и т.д.), поскольку при решении задач они обычно записываются в такой форме.

Система знаний по теме
«Законы Ньютона»

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Движение материальной точки в инерциальной системе отсчета под действием сил разных видов:</p>		$\vec{R} = m\vec{a} \quad (\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{R})$ $\vec{R} = \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{тр}} + \dots$ $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$
<p>силы всемирного тяготения;</p>		$F_1 = F_2$
<p>силы упругости;</p>		$N = P$ $T = P$
<p>силы трения скольжения, качения.</p>		$F_{mp1} = F_{mp2}$



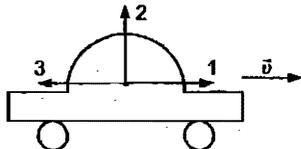
Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Автомобиль движется равномерно и прямолинейно со скоростью 100 км/ч (рис.). Равнодействующая сил, приложенных к автомобилю

- 1) имеет направление 1
- 2) имеет направление 2
- 3) имеет направление 3
- 4) равна 0

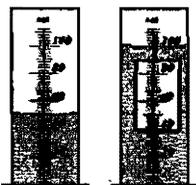


A2. Две силы $F_1 = 2$ Н и $F_2 = 6$ Н приложены к одной точке. Угол между векторами этих сил — 180° . Модуль равнодействующей сил равен:

- 1) 8 Н
- 2) 4 Н
- 3) 40 Н
- 4) $\sqrt{40}$ Н

A3. Масса сплошного цилиндра 135 г. Объем цилиндра определите по рисунку. Чему равна плотность вещества, из которого сделан цилиндр?

- 1) 3500 кг/м^3
- 2) 2700 кг/м^3
- 3) 2000 кг/м^3
- 4) 270 кг/м^3

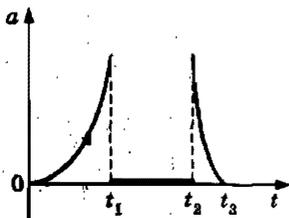


A4. Баскетболист бросает мяч. В какие моменты времени на мяч действует сила тяжести?

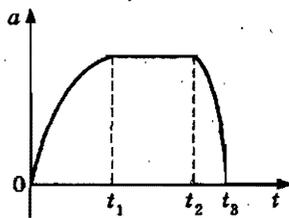
- 1) Только пока баскетболист держит мяч в руке
- 2) Только в процессе полета мяча
- 3) Только в момент касания мячом пола
- 4) Во все эти моменты времени

A5. Сила, действующая на тело, меняется согласно графику на рисунке. Определите какой из графиков описывает зависимость ускорения этого тела от времени в инерциальной системе отсчета.

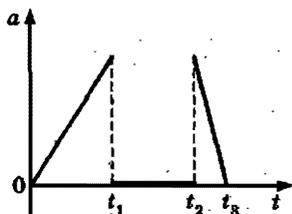
- 1) график А
- 2) график Б
- 3) график В
- 4) график Г



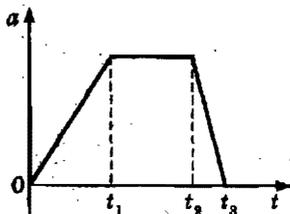
А)



Б)



В)



Г)

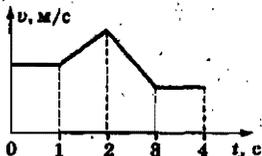
Вариант 2

A1. Объем бруска 150 см^3 , а плотность его материала 2200 кг/м^3 . Чему равна масса бруска?

- 1) $0,33 \text{ кг}$ 2) $0,66 \text{ кг}$ 3) $3,3 \text{ кг}$ 4) $6,6 \text{ кг}$

A2. На рисунке изображен график изменения скорости вагона с течением времени в инерциальной системе отсчета. В какие промежутки времени суммарная сила действия на вагон других сил равнялась нулю?

- 1) в первую и четвертую секунды
 2) во вторую и третью секунды
 3) во все промежутки времени
 4) ни в один из промежутков времени



A3. На рисунке изображены направления векторов скорости и ускорения мяча. Какое из представленных на рисунке 2 направлений имеет вектор равнодействующей сил, приложенных к мячу?

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

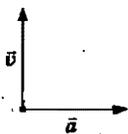


Рис. 1

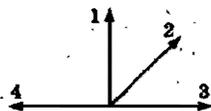
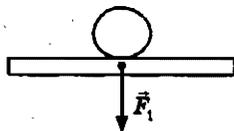


Рис. 2

A4. Две силы $F_1 = 3 \text{ Н}$ и $F_2 = 4 \text{ Н}$ приложены к одной точке. Угол между векторами этих сил — 90° . Модуль равнодействующей сил равен:

- 1) 7 Н 2) 1 Н 3) 5 Н 4) $\sqrt{7} \text{ Н}$

A5. На рисунке показаны направление и точка приложения вектора силы \vec{F}_1 , действующей при ударе мяча.



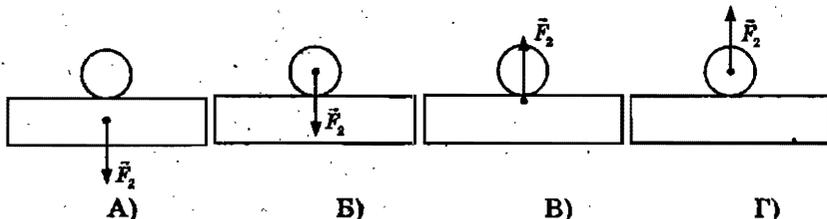
На каком из рисунков правильно показаны направление и точка приложения силы \vec{F}_2 , возникающей при взаимодействии.

1) А

2) Б

3) В

4) Г



Ответы к проверочной работе

Вариант 1: А1 — 4, А2 — 2, А3 — 2, А4 — 4, А5 — 4.

Вариант 2: А1 — 1, А2 — 1, А3 — 3, А4 — 3, А5 — 4.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решают задачи первого варианта; 2) сверяют ответы и выделяют те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполняют работу над ошибками; 4) выполняют выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

Тело движется под действием сил F_1 и F_2 относительно Земли (см. рис.).

1. Найдите массу тела, если сила F_1 сообщает ему ускорение 4 м/с^2 .

2. Установите направление вектора ускорения, сообщаемого силой F_1 .

3. Постройте вектор и найдите модуль равнодействующей сил F_1 и F_2 .

4. Изобразите вектор и найдите модуль ускорения движения под действием сил F_1 и F_2 .

5. Постройте силы взаимодействия, если F_2 — сила реакции опоры, а F_1 — сила трения.



Вариант 2

Тело движется под действием сил F_1 и F_2 относительно Земли (см. рис.).

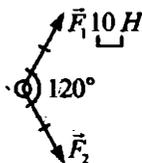
1. Найдите массу тела, если сила F_2 сообщает ему ускорение 6 м/с^2 .

2. Изобразите вектор ускорения, сообщаемого силой F_2 .

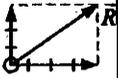
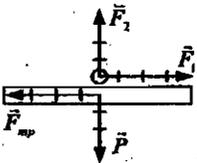
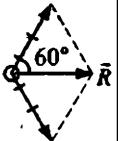
3. Постройте вектор и найдите модуль равнодействующей сил F_1 и F_2 .

4. Изобразите вектор и найдите модуль ускорения движения под действием сил F_1 и F_2 .

5. Постройте силы взаимодействия, если F_1 — сила упругости подвеса.



Ответы к тренировочной работе

Задание	1	2	3	4	5
Вариант 1	1 кг	Как F_1	 5 Н	5 м/с ²	
Вариант 2	5 кг	Как F_2	 30 Н	6 м/с ²	



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.

2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Виды сил в механике»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.2.9 Закон всемирного тяготения	Определение понятий «сила тяжести», «вес тела», «невесомость», «первая космическая скорость», модель притяжения к Земле, формулировка закона всемирного тяготения и его уравнение, модель движения искусственного спутника Земли
1.2.10 Сила тяжести	
1.2.11 Невесомость	

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.16 Сила упругости.	Определение понятий «деформация», «упругая деформация», «абсолютная деформация», «сила упругости», модель воздействия опоры и подвеса, формулировка закона Гука и его уравнение
1.17 Сила трения	Определение понятий «сила трения», «коэффициент трения», модель воздействия поверхности при движении по ней, формулировка закона трения скольжения (качения) и его уравнение

Урок 4

ТЕМА: Виды сил в механике, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по видам сил в механике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по видам сил в механике для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

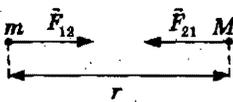
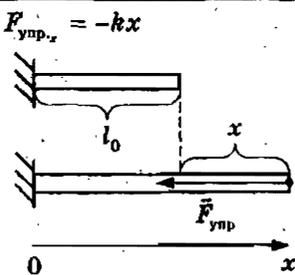
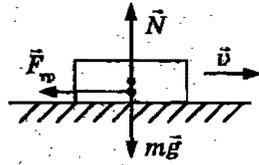
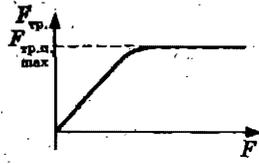
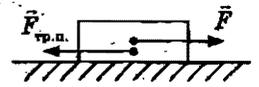
- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Виды сил в механике»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания; таблица «Перечень знаний по теме «Виды сил в механике»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по видам сил в механике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по видам сил в механике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Виды сил в механике, базовый уровень

Сила всемирного тяготения	Сила упругости	Сила трения
$F_{\text{тяг}} = G \frac{mM}{r^2}$  $F_{12} = F_{21} = F_{\text{тяг}}$ <p>Если $M = M_3$, то</p> $F_{\text{тяг}} = F_g = mg,$ <p>где</p> $g = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$	$F_{\text{упр.х}} = -kx$  <p> $\vec{F}_{\text{упр.}}$ <ul style="list-style-type: none"> \vec{T} — вдоль нити \vec{N} — перпендикулярно поверхности </p>	$F_{\text{тр.}} = \mu N$   

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Таблица во многом повторяет предыдущую (по теме «Законы Ньютона»). Это связано с тем, что при решении задач законы Ньютона и уравнения для расчета сил применяются, как правило, совместно.

Система знаний по теме «Виды сил в механике»

Явление	Графическая модель	Законы
Движение материальной точки под действием сил разных видов:		$\vec{R} = m\vec{a} (\vec{a} \uparrow \vec{R})$ $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_{\text{тр}} + \dots$
силы всемирного тяготения;		$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ $F_{\text{тяг}} = \frac{GMm}{r^2}$

Явление	Графическая модель	Законы
силы упругости;		$F_{\text{упр}} = kx$ $N = P$ $T = P$
силы трения.		$F_{\text{тр}} = \mu N$

Первые две строки остались без изменений. Последующие строки дополнены законами, позволяющими рассчитывать силы разных видов: закон всемирного тяготения, закон Гука (запись для модуля силы упругости и модуля абсолютного удлинения) и закон трения скольжения.

В столбце «графическая модель» внесены следующие изменения.

На модели движения под действием силы всемирного тяготения приведены обозначения физических величин, которые входят в закон всемирного тяготения, и характеристик движения.

Модели движения под действием силы упругости дополнены двумя рисунками. Один из них иллюстрирует закон Гука, другой — поясняет, что сила реакции опоры направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения.

На модели движения под действием сил трения указана скорость движения, обозначен коэффициент трения и расставлены силы, приложенные к телу.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Определить ускорение свободного падения на высоте, равной радиусу Земли. При $h = 0$ считать $g_0 = 10 \text{ м/с}^2$

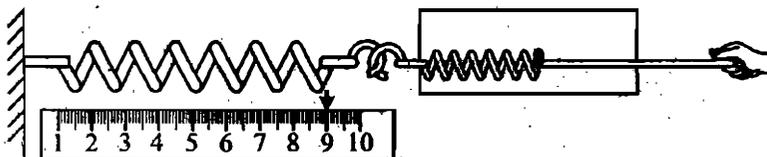
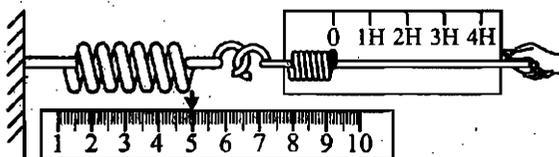
- 1) 10 м/с^2 2) 5 м/с^2 3) $2,5 \text{ м/с}^2$ 4) $1,25 \text{ м/с}^2$

A2. Автомобиль массой 1000 кг проходит середину вогнутого моста радиусом 100 м со скоростью 20 м/с . Чему равны вес P и сила тяжести mg автомобиля?

- 1) $P = 10 \text{ кН}$, $mg = 10 \text{ кН}$ 3) $P = 14 \text{ кН}$, $mg = 14 \text{ кН}$
 2) $P = 14 \text{ кН}$, $mg = 10 \text{ кН}$ 4) $P = 10 \text{ кН}$, $mg = 1 \text{ кН}$

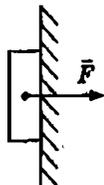
A3. Для проведения опыта была собрана установка. Что показывает динамометр в нижней части рисунка, если жесткость пружины 100 Н/м ?

- 1) 14 Н 2) 9 Н 3) 5 Н 4) 4 Н



A4. Тело массой m прижимается к вертикальной стенке силой F , направленной перпендикулярно стенке, и при этом равномерно скользит вниз (рис.). Чему равен коэффициент трения?

- 1) $\mu = \frac{mg}{F}$ 3) $\mu = \frac{F}{mg}$
 2) $\mu = 0$ 4) $\mu = 1 + \frac{F}{mg}$



Вариант 2

A1. Два спутника движутся вокруг Земли по круговым орбитам разного радиуса. Радиус орбиты первого спутника R_1 в 4 раза больше радиуса орбиты второго спутника R_2 . Определить отношение их периодов вращения T_1/T_2

- 1) 2 2) 4 3) 8 4) 16

A2. С какой скоростью мотоцикл массой 200 кг должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы мотоциклист на мгновение оказался в состоянии невесомости? Чему при этом равна сила тяжести, действующая на мотоцикл?

- 1) 20 м/с, 2 кН
2) 20 м/с, 0 Н
3) 10 м/с, 200 Н
4) 10 м/с, 0 Н

A3. Под действием одинаковой силы две пружины деформировались: первая на 2 см, вторая на 4 см. Как соотносятся жесткости пружин k_1 , k_2 и возникшие силы упругости F_1 и F_2 ?

- 1) $k_1 = k_2$, $F_1 = F_2$
2) $k_1 > k_2$, $F_1 = F_2$
3) $k_1 > k_2$, $F_1 > F_2$
4) $k_1 < k_2$, $F_1 > F_2$

A4. Санки массой m движутся по горизонтальной поверхности под действием силы F , направленной под углом α к горизонту. Коэффициент трения равен μ . Чему равен модуль силы трения, действующей на тело?

- 1) μmg 2) $\mu (mg - F \sin \alpha)$ 3) $\mu F \cos \alpha$ 4) $\mu (mg + F \sin \alpha)$

Ответы к проверочной работе (виды сил в механике)

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 4; A4 — 1.

Вариант 2: A1 — 3; A2 — 1; A3 — 2; A4 — 2.

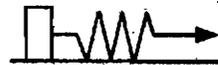


Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решают задачи первого варианта; 2) сверяют ответы и выделяют те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполняют работу над ошибками; 4) выполняют выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Тело массой 400 г скользит по горизонтальной поверхности под действием пружины жесткостью 100 Н/м.



1. Изобразите силы, действующие на тело, при равномерном движении.

2. Найдите модули всех сил при равномерном движении тела, если коэффициент трения 0,3.

3. Каково удлинение пружины?

4. Каким будет удлинение пружины при движении с ускорением 1 м/с²?

5. Назовите силы, модули которых нужно изменить для изменения ускорения движения.

II. Марс — одна из планет Солнечной системы.

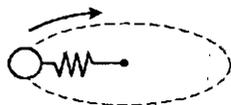
1. Найдите ускорение свободного падения на Марсе, если масса Марса $6,23 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $3,38 \cdot 10^6$ м.

2. Во сколько раз первая космическая скорость на Марсе отличается от первой космической скорости на Земле?

3. Запишите формулу периода обращения искусственного спутника вблизи поверхности Марса.

Вариант 2

I. Тело массой 500 г вращается на горизонтальной поверхности под действием пружины жесткостью 200 Н/м.



1. Изобразите силы, действующие на тело.

2. Найдите модуль силы трения, если коэффициент трения 0,05.

3. Найдите модуль силы упругости, если центростремительное ускорение 10 м/с^2 .

4. Каково удлинение пружины?

5. Назовите силы, модули которых нужно изменить для изменения ускорения движения.

II. Уран — одна из планет Солнечной системы, его масса $8,7 \cdot 10^{25}$ кг, а радиус $2,38 \cdot 10^7$ м.

1. Во сколько раз ускорение свободного падения на Уране больше ускорения свободного падения на Земле?

2. Найдите первую космическую скорость на Уране.

3. Определите период обращения искусственного спутника вблизи поверхности Урана.

Ответы к тренировочной работе

Задание		Вариант 1	Вариант 2
I.	1		
	2	$N = mg = 4 \text{ Н}$ $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}} = 1,2 \text{ Н}$	0,25 Н
	3	1,2 см	5 Н
	4	1,6 см	2,5 см
	5	Сила упругости	Сила упругости
II.	1	$3,64 \text{ м/с}^2$	9,6
	2	Меньше в 2,2	15,7 км/с
	3	$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$	2,64 ч



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений.

Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Статика, гидро- и аэростатика»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.3.1 Момент силы 1.3.2 Условия равновесия твердого тела	Определение понятий «равновесие тела», «момент силы», «плечо силы», графические модели равновесия материальной точки, тела с закрепленной осью вращения (рычага), формулировка условий равновесия материальной точки, тела с закрепленной осью вращения и их уравнения
1.3.3 Давление жидкости 1.3.4 Закон Паскаля 1.3.5 Закон Архимеда 1.3.6 Условие плавания тел	Определение понятий «давление», «сообщающиеся сосуды», «Архимедова сила», графические модели давления тел, гидростатического давления, атмосферного давления, поведения тела в жидкости или газе, формулировки законов Паскаля, Архимеда, условия плавания тел, зависимостей гидростатического давления от глубины и плотности жидкости, атмосферного давления от высоты, условия равновесия жидкостей в сообщающихся сосудах, уравнение гидростатического давления, закона Архимеда. Манометр. Барометр. Гидравлический пресс. Измерение выталкивающей силы

Урок 5

ТЕМА: Статика, гидро- и аэростатика, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по статике, гидро- и аэростатике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по статике, гидро- и аэростатике для выполнения заданий базового уровня.

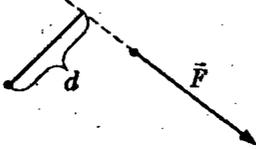
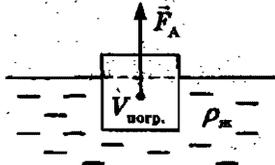
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Статика, гидро- и аэростатика»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Статика, гидро- и аэростатика»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по статике, гидро- и аэростатике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по статике, гидро- и аэростатике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Статика, гидро- и аэростатика, базовый уровень		
Равновесие тела без вращения	Равновесие тела с закрепленной осью вращения	Закон Архимеда
$\sum \vec{F} = 0$	$M_{\text{по ч.с.}} = M_{\text{против ч.с.}}$ $M = F \cdot d$ 	$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр.}}$ \vec{F}_A – вертикально вверх 

ХОД УРОКА:



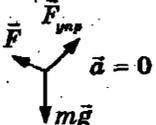
Актуализация знаний

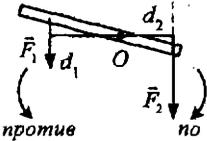
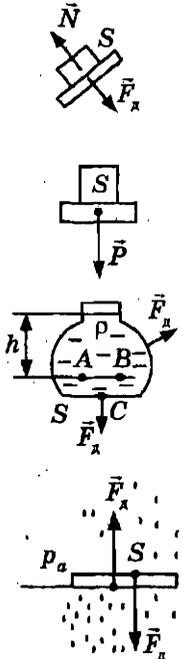
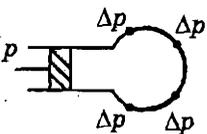
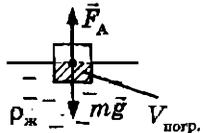
Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Статика, гидро- и аэростатика»

Явление	Графическая модель	Законы
Равновесие тела: • без вращения;		$\vec{R} = 0$ $\vec{R} = \vec{F}_r + \vec{F}_{\text{упр}} + \dots$ $F_{\text{упр}} = kx$ $F_{\text{тр}} = \mu N$ $F_A = \rho g V_{\text{погр.}}$

Явление	Графическая модель	Законы
<ul style="list-style-type: none"> с закрепленной осью вращения. 		$M_{no} = M_{против}$ $M = Fd$
<p>Давление тел:</p> <ul style="list-style-type: none"> вследствие притяжения к Земле твердых тел; гидростатическое; атмосферное. 		$p = F_R / S$ $N = Fg$ $p = \frac{mg}{S}$ $p_A = \rho gh$ $p_A = p_B$ $F_R = p_A S$ $p_{a \text{ норм.}} = 760 \text{ мм рт.ст}$
<p>Передача давления жидкостями, газами и сыпучими телами.</p>		$\Delta p = p$
<p>Плавание тел.</p>		$F_A \leq mg$ $F_A = \rho_{ж} g V_{погр.}$

В первой строке таблицы явление равновесия описано для двух случаев, которые преимущественно встречаются при решении школьных задач: равновесие тела без вращения и равновесие тела с закрепленной осью вращения. Выписаны условия равновесия для каждого случая и законы, позволяющие применить эти условия.

Во второй строке сведены воедино знания о давлении, обусловленном притяжением к Земле, весом столба жидкости и весом атмосферы. Приведена определительная формула давления и формулы для расчета давления разных видов.

Последние две строки таблицы иллюстрируют закон Паскаля и закон Архимеда.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

А1. Линейка массой $1,4 \text{ кг}$ и длиной L лежит горизонтально на двух опорах так, что расстояние от каждого конца линейки до ближайшей опоры равно $0,2 L$. На один из концов линейки кладут груз такой массы, чтобы не нарушить равновесие. Определить максимальную массу такого груза.

- 1) $1,2 \text{ кг}$ 2) $2,1 \text{ кг}$ 3) $3,1 \text{ кг}$ 4) $4,2 \text{ кг}$

А3. Человек стоит на полу. Его масса равна 60 кг , площадь подошв — 400 см^2 . Какое давление оказывает человек на пол? Чему будет равно давление, если человек встанет на одну ногу?

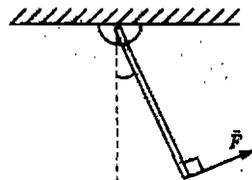
- 1) 30 кПа , 30 кПа 3) 600 Па , $1,2 \text{ кПа}$
2) 15 кПа , 30 кПа 4) $2,4 \text{ кПа}$, $4,8 \text{ кПа}$

А4. Стержень закрепили шарнирно за верхний конец и удерживают, отведя его от вертикального положения на угол 30° , приложив силу $F = 2,5 \text{ Н}$ перпендикулярно к стержню. Чему равна масса стержня?

- 1) 1 кг 2) 2 кг 3) $0,5 \text{ кг}$ 4) $0,3 \text{ кг}$

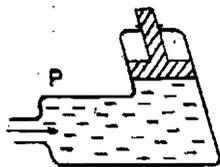
А5. На какой глубине в воде давление в 6 раз больше атмосферного? Атмосферное давление равно 10^5 Па , плотность воды 10^3 кг/м^3 .

- 1) 50 м 2) 42 м 3) 60 м 4) 75 м



1) 50 Н 2) 90 Н 3) 110 Н 4) 180 Н

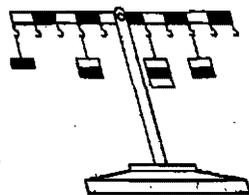
A7. В сосуд нагнетается жидкость под давлением 400 кПа. Какая сила действует на поршень, площадь которого равна 250 см²?



- 1) 5 Н 3) 25 Н
2) 10 Н 4) 40 Н

Вариант 2

A1. На рисунке показана установка для демонстрации равновесия тел. Будет ли стержень находиться в равновесии, если его нагрузить таким образом?



- 1) да, будет в равновесии
2) нет, будет наклон вправо
3) нет, будет наклон влево
4) недостаточно данных для ответа

A2. На обод колеса вагона действует тормозящая сила 50 Н. Чему равен момент этой силы относительно оси колеса, если радиус колеса 0,45 м?

- 1) 11,2 Н · м 2) 22,5 Н · м 3) 50 Н · м 4) 42 Н · м

A3. Масса четырехколесного прицепа с грузом равна 2,5 т. Площадь соприкосновения каждого колеса с дорогой равна 25 см². Чему равно давление, которое оказывает прицеп на дорогу?

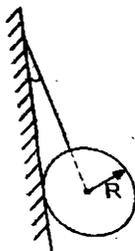
- 1) $10 \cdot 10^5$ Па; 2) $20 \cdot 10^5$ Па; 3) $5 \cdot 10^5$ Па; 4) $3 \cdot 10^5$ Па

A4. В широкую U — образную трубку с вертикальными прямыми коленами налита вода. Затем в одно из колен наливают не смешивающуюся с водой жидкость плотностью 800 кг/м³ так, что общая высота столба двух жидкостей равна $H = 20$ см. Какая высота столба воды b установилась в этом колене, если во втором колене высота столба воды



A6. Шар массой 3 кг висит на веревке, прикрепленной к гладкой стене (рис.). Веревка образует со стеной угол 30° . С какой силой шар давит на стену?

- 1) 30 Н
2) 15,5 Н
3) 17,3 Н
4) 45 Н



Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 2; A2 — 1; A3 — 2; A4 — 1; A5 — 4; A6 — 2.
Вариант 2: A1 — 1; A2 — 2; A3 — 3; A4 — 2; A5 — 1; A6 — 3.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решите задачи первого варианта;

2) Сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) Выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

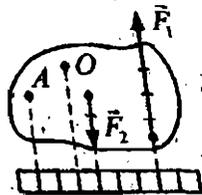
Вариант 1

I. Тело может поворачиваться относительно оси, проходящей через точку O.

1. Найдите плечо силы F_1 (в усл.ед.).
2. Рассчитайте момент силы F_1 (в усл.ед.).
3. Каков момент силы F_2 ?

4. В какую сторону будет поворачиваться тело под действием сил F_2 и F_1 ?

5. Какую силу, действующую вертикально, нужно приложить в точке A, чтобы тело находилось в равновесии?



II. Тело массой m лежит на горизонтальной поверхности.

1. Найдите силу давления на поверхность, если масса тела 2 кг.

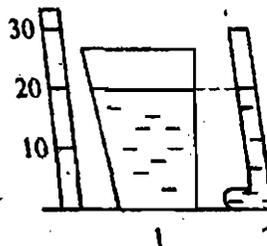
2. Найдите давление тела, если площадь соприкосновения тела с поверхностью $0,05 \text{ м}^2$.

III. В сосуд 1 налита вода.

1. Найдите гидростатическое давление на глубине 15 см.

2. Найдите давление на дно сосуда.

3. Найдите силу давления на дно сосуда, если его площадь $0,05 \text{ м}^2$.

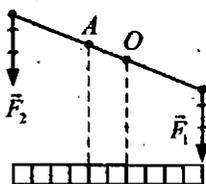


4. В каком сосуде — 1 или 2 давление на дно больше?
5. Как изменится давление на дно, если воду подсолить?

Вариант 2

I. Тело может поворачиваться относительно оси, проходящей через точку O.

1. Найдите плечо силы F_1 (в усл.ед.).
2. Рассчитайте момент силы F_1 .
3. Каков момент силы F_2 ?
4. В какую сторону будет поворачиваться тело под действием сил F_2 и F_1 ?



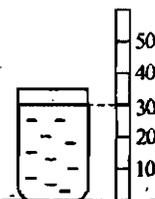
5. Какую силу, действующую вертикально, нужно приложить в точке A, чтобы тело находилось в равновесии?

II. Тело массой m лежит на горизонтальной поверхности.

1. Найдите силу давления на поверхность, если масса тела 3,4 кг.
2. Найдите давление на поверхность, если площадь соприкосновения тела с поверхностью $0,08 \text{ м}^2$.

III. В сосуд, площадь дна которого $0,12 \text{ м}^2$, налили воду.

1. Чему равно давление в сосуде на глубине $0,26 \text{ м}$?
2. Найдите давление на дно сосуда.
3. Найдите силу давления на дно сосуда.
4. Как изменится давление на дно, если воду



5. Как изменится сила давления, если воду заменить раствором сахара того же объема?

Ответы

Задание		Вариант 1	Вариант 1
I	1	4	4
	2	20	12
	3	2	18
	4	Против часовой стрелки	Против часовой стрелки
	5	9 вверх	3 вверх
II	1	20 Н	34 Н
	2	400 Па	425 Па
III	1	1,5 кПа	2,6 кПа
	2	2 кПа	3 кПа
	3	100 Н	360 Н
	4	Увеличится в 2 раза	Увеличится в 2 раза
	5	Увеличится	Увеличится



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Механическая работа и энергия»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.4.4 Работа силы 1.4.5 Мощность	Определение понятий «механическая работа», «мощность и определительные формулы», графическая модель совершения работы на прямолинейном участке траектории, формулировка теоремы о кинетической энергии, уравнения связи работы сил тяжести и упругости с изменением потенциальной энергии
1.4.6 Кинетическая энергия 1.4.7 Потенциальная энергия	Определения понятий «энергия», «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», уравнения связи кинетической энергии и скорости движения тела, потенциальной энергии упруго деформированного тела и абсолютного удлинения, потенциальной энергии тела, поднятого над Землей, и высоты подъема
1.4.9 Простые механизмы. КПД механизма	Определение понятий «простой механизм», «выигрыш в силе», КПД, модели рычага, блоков, наклонной плоскости, формулировка золотого правила механики, уравнения для расчета КПД различных механизмов и простых машин

Урок 6

ТЕМА: Механическая работа и энергия, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о механической работе и энергии;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о механической работе и энергии для выполнения заданий базового уровня.

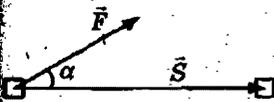
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме Механическая работа и энергия»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Механическая работа и энергия»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о механической работе и энергии	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о механической работе и энергии	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Механическая работа и энергия, базовый уровень		
Работа	Энергия	Связь работы и энергии
$A = F s \cos \alpha$  $\vec{F} \perp \vec{s} \Rightarrow A = 0$	$E \begin{cases} E_k \\ E_n \end{cases}$ $E_k = \frac{mv^2}{2}$ $E_n = mgh$ $E_n = \frac{kx^2}{2}$	$A = E_{n2} - E_{n1}$ (работа равнодействующей сил) $A = E_{n1} - E_{n2}$ (работа сил тяжести и упругости)

ХОД УРОКА:



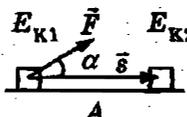
Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблицам «Система знаний...» и организует работу по их обсуждению.

Система знаний по теме
 «Механическая работа и энергия»
 Связь механической работы и энергии

Явление	Графическая модель	Законы
Движение материальной точки под действием сил разных видов:		$A = E_{k2} - E_{k1}$ $A = F s \cos \alpha$ $E_k = mv^2/2$

Явление	Графическая модель	Законы
• СИЛЫ ТЯЖЕСТИ		$A_{\tau} = mgh_1 - mgh_2$
• СИЛЫ УПРУГОСТИ		$A_{\text{упр}} = \kappa x_1^2 / 2 - \kappa x_2^2 / 2$

Простые механизмы

Механизм	Графическая модель	Выигрыш в силе	Формула КПД
Рычаг		$\frac{F}{F_1} = \frac{l_1}{l}$	$\eta = \frac{Fs}{F_1 s_1} \cdot 100\%$
Неподвижный блок		$\frac{F}{F_1} = 1$	$\eta = \frac{F}{F_1} \cdot 100\%$
Подвижный блок		$\frac{F}{F_1} = 2$	$\eta = \frac{F}{2F_1} \cdot 100\%$
Наклонная плоскость			$\eta = \frac{F_t h}{F_1 l} \cdot 100\%$
Подъемник мощностью N			$\eta = \frac{F_t h}{Nt} \cdot 100\%$

Система знаний представлена в двух таблицах: «Связь механической работы и энергии» и «Простые механизмы».

В первой таблице описано движение материальной точки под действием сил разных видов. На графических моделях изображены начальное и конечное положения материальной точки, ее траектория и приложенные к ней силы.

В столбце «Законы и уравнения связи» приведены уравнения связи работы и изменения энергии, а также формулы-определения механической работы и кинетической энергии. График зависимости $F_{\text{уп}}(x)$ иллюстрирует геометрический смысл работы.

Во второй таблице представлены опорные знания для расчета выигрыша в силе и КПД простых механизмов. На графических моделях схематически изображены пять разновидностей простых механизмов и обозначены те физические величины, которые необходимы для расчета их характеристик.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

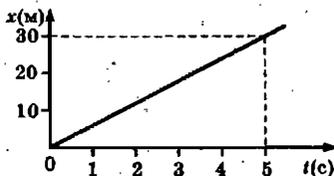
Вариант 1

A1. Груз массой 1 кг движется вертикально вверх под действием силы 30 Н. Чему равна работа, совершенная этой силой при подъеме на высоту 5 м?

- 1) 50 Дж 2) 150 Дж 3) 200 Дж 4) 250 Дж

A2. На рисунке представлена зависимость координаты x тела от времени. Определить кинетическую энергию тела, если его масса 2 кг.

- 1) 0 Дж 3) 36 Дж
2) 20 Дж 4) 44 Дж



A3. Под действием силы трения скорость велосипедиста на горизонтальном участке пути уменьшилась с 10 м/с до 4 м/с. Какую работу совершила при этом сила трения, если масса велосипедиста вместе с велосипедом равна 100 кг?

- 1) 4200 Дж 2) 4200 Дж 3) 1800 Дж 4) 1800 Дж

A4. Для сжатия недеформированной пружины на 1 см требуется сила 30 Н. Какую работу надо совершить, чтобы эту же пружину растянуть из недеформированного состояния на 20 см?

- 1) 40 Дж 2) 120 Дж 3) 60 Дж 4) 100 Дж

А5. Подъемный кран равномерно поднимает груз массой 2 т. Мощность двигателя крана 7,4 кВт. С какой скоростью поднимается груз, если КПД крана 60%?

- 1) 0,35 м/с 2) 0,10 м/с 3) 0,17 м/с 4) 0,22 м/с

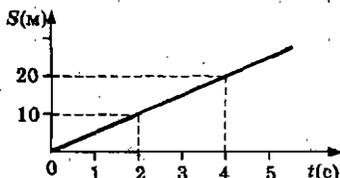
Вариант 2

А1. Самолет массой 1 т совершает фигуру высшего пилотажа — «мертвую петлю», двигаясь по окружности радиусом 200 м. Чему равна при этом работа силы тяжести, действующей на самолет?

- 1) 10 кДж 2) 1 кДж 3) 0 Дж 4) 10 кДж

А2. На рисунке дана зависимость перемещения тела массой 2 кг от времени. Чему равна кинетическая энергия тела?

- 1) 15 Дж; 3) 40 Дж
2) 25 Дж 4) 50 Дж



А3. В начальном положении пружина была растянута на 1 см. Из этого положения ее сжали на 2 см. Как при этом изменилась ее потенциальная энергия?

- 1) увеличилась в 2 раза 3) увеличилась в 4 раза
2) уменьшилась в 2 раза 4) не изменилась

А4. Тело массой 5 кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения между телом и опорой 0,1. Какую работу совершит сила трения, когда тело пройдет путь 10 м? ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

- 1) 50 Дж 3) 100 Дж
2) -50 Дж 4) -100 Дж

А5. Аэросани массой 2000 кг начинают двигаться с постоянным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Чему равна средняя мощность двигателя за первые 10 с движения? (Трением пренебречь)

- 1) 3 кВт 2) 2,5 кВт 3) 1 кВт 4) 500 Вт

Ответы

Вариант 1: А1 — 2; А2 — 3; А3 — 2; А4 — 3; А5 — 4.

Вариант 2: А1 — 3; А2 — 2; А3 — 4; А4 — 2; А5 — 2.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решают задачи первого варианта;

2) сверяют ответы и выделяют те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполняют работу над ошибками; 4) выполняют выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Лебедка равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с.

1. Найдите работу силы тяжести.
2. Определите работу силы тяги.
3. Вычислите кинетическую энергию груза.
4. Определите потенциальную энергию груза на высоте 2 м.
5. Рассчитайте полную работу по приведению лебедки в действие, если ее мощность 1300 Вт.
6. Каков КПД лебедки?

II. Груз массой 40 кг поднимают с помощью подвижного блока.

1. На какую длину надо вытянуть свободный конец веревки, чтобы поднять груз на высоту 120 см?
2. Найдите работу, производимую рабочим при подъеме груза на эту высоту, если сила, приложенная к веревке, равна 150 Н.
3. Каков КПД блока?

Вариант 2

I. Подъемное устройство равномерно поднимает груз массой 100 кг на высоту 5 м за 10 с.

1. Найдите работу силы тяжести.
2. Определите работу силы тяги.
3. Рассчитайте кинетическую энергию груза.
4. Вычислите потенциальную энергию груза на высоте 3 м.
5. Рассчитайте полную работу по приведению устройства в действие, если его мощность 600 Вт.
6. Каков КПД устройства?

II. По наклонной плоскости длиной 0,8 м и высотой 20 см человек равномерно поднимает груз массой 1,2 кг при помощи динамометра, показания которого 5,4 Н.

1. Найдите силу трения груза о плоскость.
2. Вычислите КПД наклонной плоскости.
3. Какие силы необходимы для равномерного перемещения груза по наклонной плоскости вниз?

Ответы

Задание	Вариант 1	Вариант 2	
I	1	-6 кДж	-5 кДж
	2	6 кДж	5 кДж
	3	36 Дж	12,5 Дж
	4	4 кДж	3 кДж
	5	6,5 кДж	6 кДж
	6	92 %	83 %
II	1	240 см	2,4 Н
	2	600 Н	56%
	3	80%	0,6 Н



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Законы сохранения в механике»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.4.1 Импульс тела 1.4.2 Импульс системы тел 1.4.3 Закон сохранения импульса	Определение понятий «импульс тела», «импульс силы», «реактивное движение» и определительные формулы, графические модели движения замкнутой системы тел, уравнения связи импульса силы и изменения импульса тела, формулировка закона сохранения импульса и его уравнения для упругого и неупругого ударов, реактивного движения
1.4.8 Закон сохранения механической энергии	Формулировка закона сохранения энергии и его уравнения для упругого удара, реактивного движения и движения материальной точки под действием сил тяжести и упругости,

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
	<p>графические модели движения материальной точки под действием сил тяжести и упругости, движения материальной точки под действием сил тяжести, упругости и трения, формулировка закона превращения энергии для движения материальной точки под действием сил тяжести, упругости и трения и его уравнение</p>

Урок 7

ТЕМА: Законы сохранения в механике, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по законам сохранения в механике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по законам сохранения в механике для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Законы сохранения в механике»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Законы сохранения в механике»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по законам сохранения в механике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по законам сохранения в механике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Законы сохранения в механике, базовый уровень	
Закон сохранения импульса	Закон сохранения механической энергии
<p>Система замкнутая</p> $\sum \vec{p} = \sum \vec{p}', \text{ где } \vec{p} = m\vec{v}$ $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots =$ $= m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 + \dots$	<p>Силы трения отсутствуют</p> $E_1 = E_2, \text{ где } E = E_{\text{п}} + E_{\text{к}}$ $mgh_1 + \frac{kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} =$ $= mgh_2 + \frac{kx_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$

ХОД УРОКА:



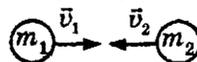
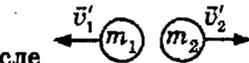
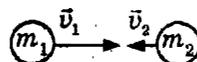
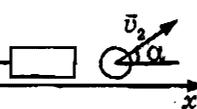
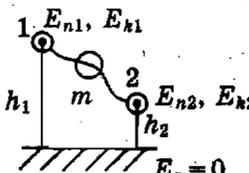
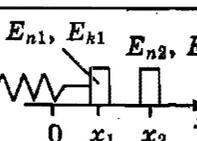
Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

**Система знаний по теме
«Законы сохранения в механике»**

Явление	Графическая модель	Законы
Движение тел, образующих замкнутую систему • при абсолютно упругом ударе	до  после 	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$ $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$
• при абсолютно неупругом ударе	до  после 	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$ $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + \Delta U$
• в случае реактивного движения	до $\vec{v} = 0$  после 	$0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$ Ох: $0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha$
Движение материальной точки под действием: • силы тяжести		$A_r = mgh_1 - mgh_2$ $mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$
• силы упругости		$A_{\text{упр}} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$ $\frac{kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$

Явление	Графическая модель	Законы
• равнодействующей сил тяжести, упругости и трения		$E_{н1} + E_{к1} =$ $= E_{н2} + E_{к2} + A_{тр} $ $ A_{тр} = F_{тр} \cdot s$ $A_x + A_{упр} + A_{тр} =$ $= E_{к2} - E_{к1}$ $A = F_{сc} \cos \alpha$

В таблице систематизированы знания о двух явлениях — движении тел, образующих замкнутую систему и движении материальной точки под действием сил разных видов.

Первая строка содержит опорные знания для решения задач на закон сохранения импульса (упругий и неупругий удары, реактивное движение). Изображены состояния тел до и после взаимодействия, записаны законы сохранения импульса и энергии. На модели реактивного движения указана ось Ox и записан закон сохранения проекции импульса на эту ось (закон сохранения импульса в данном случае не выполняется).

Вторая строка содержит опорные знания для решения задач на закон сохранения и превращения энергии. Она во многом повторяет предыдущую таблицу — «Связь механической работы и энергии», но дополнена записью закона сохранения механической энергии для различных случаев движения.

Первые две модели этой строки соответствуют движению без трения. Силы на них не указаны, так как для решения задач такого типа достаточно использовать энергетический подход.

Последняя модель описывает движение материальной точки с учетом сил трения. Для такого вида движения закон сохранения механической энергии неприменим. Требуется учесть работу сил трения, а, значит, необходимо указать на рисунке силы, приложенные к материальной точке, и ее перемещение.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

А1. Тело массой 0,3 кг свободно падает с высоты 20 м. Изменение кинетической энергии ΔE_k и импульса тела Δp за время падения на Землю равно

- 1) $\Delta E_k = 10 \text{ Дж}$, $\Delta p = 6 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 2) $\Delta E_k = 20 \text{ Дж}$, $\Delta p = 2 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 3) $\Delta E_k = 60 \text{ Дж}$, $\Delta p = 6 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 4) $\Delta E_k = 75 \text{ Дж}$, $\Delta p = 7 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

А2. Тело брошено под углом 60° к горизонту со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии?

- 1) 1,2 м
- 2) 2,5 м
- 3) 3,5 м
- 4) 5 м

А3. Два тела, которые летели навстречу друг другу по одной прямой с одинаковыми по модулю скоростями 5 м/с, после абсолютно неупругого удара стали двигаться со скоростью 2,5 м/с. Во сколько раз масса одного тела больше массы другого тела?

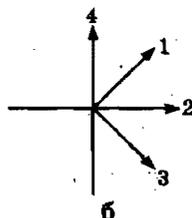
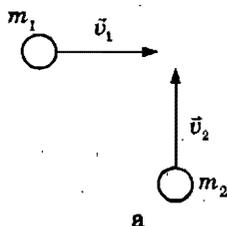
- 1) 1,5
- 2) 2
- 3) 2,5
- 4) 3

А4. Два шарика, соединенные сжатой пружиной, находятся на горизонтальной плоскости. Массы шариков равны 0,1 кг и 0,2 кг. Энергия сжатой пружины 1 Дж. После освобождения сжатой пружины первый шарик приобретает скорость

- 1) 1,82 м/с
- 2) 3,64 м/с
- 3) 5,2 м/с
- 4) 6,1 м/с

А5. Скорости двух тел равной массы одинаковы по модулю и направлены под углом 90° друг к другу (рис. а). Как направлен их импульс после абсолютно неупругого удара (рис. б).

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



Вариант 2

А1. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 9 м/с. Кинетическая энергия тела будет равна половине его потенциальной энергии на высоте h , равной

- 1) 4 м
- 2) 3,2 м
- 3) 2,7 м
- 4) 1,1 м

A2. Падающий вертикально шарик массой 200 г ударился о пол и подпрыгнул на высоту 80 см. Найти изменение потенциальной энергии $\Delta E_{\text{п}}$ и импульса шарика Δp при его подъеме на максимальную высоту.

- 1) $\Delta E_{\text{п}} = 0,6$ Дж, $\Delta p = -0,6$ кг м/с
- 2) $\Delta E_{\text{п}} = 0,8$ Дж, $\Delta p = 0,5$ кг м/с
- 3) $\Delta E_{\text{п}} = 1,6$ Дж, $\Delta p = 0,8$ кг м/с
- 4) $\Delta E_{\text{п}} = 1,6$ Дж, $\Delta p = -0,8$ кг м/с

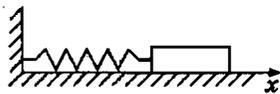
A3. На гладкой горизонтальной поверхности лежит брусок. В него попадает и застревает горизонтально летящая пуля. Как изменится скорость бруска после удара, если массу пули увеличить в два раза, а скорость пули оставить без изменения?

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) увеличится в $4/3$ раза
- 4) уменьшится в $4/3$ раза

A4. Конькобежец, стоя на льду, бросает камень под углом 30° к горизонту со скоростью 20 м/с. Масса камня 1 кг, масса конькобежца 80 кг. С какой скоростью стал двигаться конькобежец?

- 1) 3 м/с
- 2) 5 м/с
- 3) 3 м/с
- 4) 5 м/с

A5. На гладкой горизонтальной плоскости находится брусок массой 0,5 кг, к которому прикреплена горизонтальная пружина жесткостью 200 Н/м. Второй конец пружины прикреплен к стенке. Пружину с бруском растягивают на 20 см и отпускают. Определить кинетическую энергию и скорость бруска в тот момент, когда деформация пружины станет равна 0.



- 1) 2 Дж, 2 м/с
- 2) 4 Дж, 4 м/с
- 3) 2 Дж, 4 м/с
- 4) 4 Дж, 4 м/с

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 4; A4 — 2; A5 — 1.
 Вариант 2: A1 — 3; A2 — 4; A3 — 3; A4 — 1; A5 — 2.



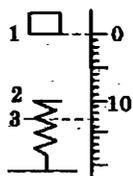
Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решают задачи первого варианта; 2) сверяют ответы и выделяют те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполняют работу над ошибками; 4) выпол-

ают выборочно второй вариант (те пункты, по которым
мелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Тело падает из состояния 1 на пружину, которая находится в состоянии 2. Пружина сжимается до состояния 3 (рис.).



1. Какова потенциальная энергия тела в состоянии 1, если масса тела 900 г? (За нулевой уровень потенциальной энергии принять положение 2) (цена деления линейки — 1 см.)

2. Найдите кинетическую энергию тела в состоянии 2.

3. Определите потенциальную энергию в состоянии 3.

4. Какую работу совершает сила упругости по остановке тела?

5. Какова жесткость пружины?

6. Сравните силу упругости и силу тяжести в состоянии 3.

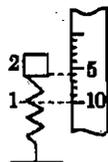
II. Два тела массой m_1 и m_2 движутся навстречу друг другу со скоростями v_1 и v_2 .

1. Изобразите в масштабе импульсы этих тел, если $m_1 = 3m_2$, а $v_1 = 0,5v_2$. (Масштаб: $m_2 \cdot v_2 = 1$ см.)

2. Как и во сколько раз скорость тел после абсолютно неупругого удара отличается от скорости первого тела?

Вариант 2

I. Снаряд вылетает из пружинного пистолета вертикально вверх (рис.).



1. Какова потенциальная энергия снаряда в состоянии 1, если его масса 80 г, а жесткость пружины 100 Н/м? (За нулевой уровень потенциальной энергии принят 2.)

2. Найдите кинетическую энергию снаряда в момент отрыва пружины (состояние 2).

3. Какова потенциальная энергия снаряда в верхней точке подъема?

4. Какую работу совершает сила упругости по разгону снаряда?

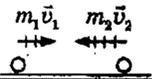
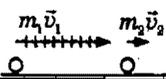
5. На какую максимальную высоту может подняться снаряд?

II. Два тела массой m_1 и m_2 движутся в одном направлении со скоростями v_1 и v_2 .

1. Изобразите в масштабе импульсы тел, если $4m_1 = m_2$, а $v_1 = 0,5v_2$ (Масштаб: $m_1 \cdot v_1 = 1$ клеточка.)

2. Выразите скорость тел после абсолютно неупругого удара через скорость первого тела.

Ответы

Задание		Вариант 1	Вариант 2
I	1	0,9 Дж (без учета превращения механической энергии во внутреннюю) 1,17 Дж 2,6 кН/м $F_{\text{упр}} = 78 \text{ Н} > F_{\text{тяж}}$	0,8 Дж (без учета превращения механической энергии во внутреннюю) 1 м
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
II	1		
	2	$v = v_1 / 4$	$v = 9v_1 / 5$



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Механические колебания и волны»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
1.5.1 Гармонические колебания	Определение понятия «гармонические колебания», формулировка зависимостей смещения и скорости от времени; уравнения и графики этих зависимостей; уравнение связи амплитудных значений смещения и скорости
1.5.2 Амплитуда колебаний 1.5.3 Период колебаний 1.5.4 Частота колебаний	Определение понятий «механические колебания», «амплитуда», «период колебаний», «линейная и циклическая частоты колебаний»; уравнение связи периода и частоты (линейной и циклической)
1.5.5 Свободные колебания	Определение понятий «свободные колебания», «математический маятник», «пружинный маятник»; графические модели свободных колебаний маятников; уравнения зависимостей периодов

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
	математического и пружинного маятников от их характеристик; формулировка зависимости амплитуды колебаний от начальной энергии, формулировка закона сохранения и превращения энергии и его уравнение
1.5.6 Вынужденные колебания 1.5.7 Резонанс	Определение указанных понятий; Графические модели вынужденных колебаний маятников; уравнения зависимостей периодов математического и пружинного маятников от их характеристик; формулировка зависимости амплитуды вынужденных колебаний маятников от частоты вынуждающей силы и ее график; уравнение связи частоты вынужденных колебаний и частоты вынуждающей силы
1.5.8 Длина волны	Определение понятий «механическая волна», «продольная волна», «поперечная волна», «длина волны»; график волны; уравнение связи длины волны и скорости ее распространения
1.5.9 Звук	Определение понятия «звук»; связь громкости звука и его амплитуды, высоты тона и частоты колебаний частиц среды

Урок 8

ТЕМА: Механические колебания и волны, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

актуализировать знания о механических колебаниях и волнах; систематизировать их в форме, удобной для решения задач; научиться применять систему знаний о механических колебаниях и волнах для выполнения заданий базового уровня.

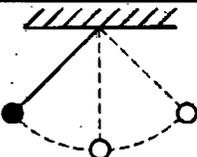
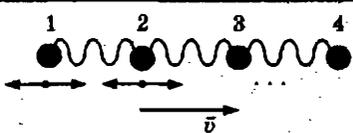
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Механические колебания и волны»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме Механические колебания и волны»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

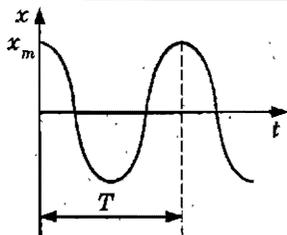
№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о механических колебаниях и волнах	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о механических колебаниях и волнах	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания.	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Механические колебания и волны, базовый уровень	
Колебания	Волны
	

Механические колебания и волны, базовый уровень

Колебания

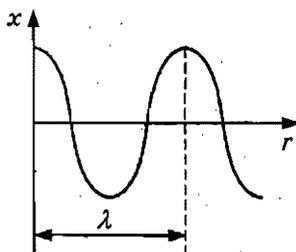


$$x'' = -\omega^2 x$$

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Волны



$$\lambda = vT$$

КОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

В таблице систематизированы знания о свободных и вынужденных механических колебаниях и механических волнах.

На моделях колебаний отмечены положения равновесия и точки максимального отклонения от этого положения, обозначены их характеристики. Законы, соответствующие этим моделям, разделены на частные и общие.

К общим отнесены уравнения, описывающие любые гармонические колебания. Здесь же приведены график гармонических колебаний $x(t)$ и график зависимости энергии колебаний от времени (полная энергия остается постоянной, а потенциальная и кинетическая — колеблются с частотой в 2 раза большей частоты изменения координаты).

Система знаний по теме
«Механические колебания и волны»

Явление	Графическая модель	Законы (в случае гармонических колебаний)	
		Частные	Общие
<p>Свободные колебания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пружинного маятника; • математического маятника 		$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}$ $\frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2}$ $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh_m$ $mgh_m = \frac{mv_m^2}{2}$	$x'' = -\omega^2 x$ $x = x_m \cos(\omega t + \cos \omega t)$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $v = -v_m \sin(\omega t + \cos \omega t)$ $v_m = \omega x_m$ $a = -a_m \cos(\omega t + \cos \omega t)$ $a_m = \omega v_m$ $E_n + E_p = \text{const}$
<p>Вынужденные колебания маятников</p>		$v = v_p$ $F = F_m \cos \omega t$ $v = v_0 \text{ (резонанс)}$	
<p>Механическая волна</p>		$\lambda = vT$	

Уравнения и графики, специфичные для свободных колебаний пружинного маятника, свободных колебаний математического маятника и вынужденных колебаний, приведены в столбце «частные».

В последней строке изображена модель распространения колебаний в упругой среде (модель упругой волны) и графики, иллюстрирующие периодичность волны в пространстве и во времени, написано уравнение связи длины волны и периода колебаний.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. За 3 секунды маятник совершил 6 колебаний. Период колебаний маятника равен

- 1) 6 с 2) 3 с 3) 2 с 4) 0,5 с

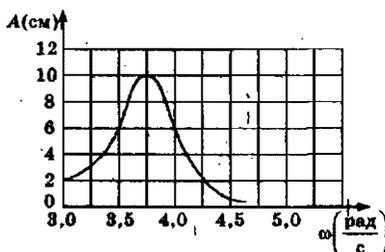
A2. Как изменится период колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 9 раз?

- 1) увеличится в 3 раза 3) уменьшится в 3 раза
2) увеличится в 9 раз 4) уменьшится в 9 раз

A3. При свободных колебаниях груза на пружине максимальное значение его кинетической энергии равно 5 Дж. Как меняется потенциальная E_n и полная E энергии такого маятника?

- 1) $-5 \text{ Дж} \leq E_n \leq 5 \text{ Дж}$, $0 < E < 5 \text{ Дж}$
2) $0 < E_n \leq 5 \text{ Дж}$, $0 < E \leq 10 \text{ Дж}$
3) $0 < E_n < 5 \text{ Дж}$, $E = 10 \text{ Дж}$
4) $0 \leq E_n \leq 5 \text{ Дж}$, $E = 5 \text{ Дж}$

A4. На рисунке представлена резонансная кривая вынужденных колебаний математического маятника с длиной подвеса 0,7 м. Определить ускорение свободного падения в данной местности.



- 1) $9,79 \text{ м/с}^2$ 3) $9,84 \text{ м/с}^2$
2) $9,81 \text{ м/с}^2$ 4) $9,91 \text{ м/с}^2$

A5. Звуковые волны переходят из воздуха в воду. Длина звуковой волны в воздухе равна 1 м. Скорость распространения звука в воздухе равна 340 м/с, в воде 1360 м/с. Длина звуковой волны в воде равна

- 1) 0,25 м 2) 0,5 м 3) 2 м 4) 4 м

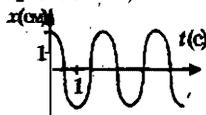
Вариант 2

A1. За 4 секунды маятник совершает 8 колебаний. Частота колебаний маятника равна

- 1) 8 Гц 2) 4 Гц 3) 2 Гц 4) 0,5 Гц

A2. По графику определите амплитуду и период колебаний маятника.

- 1) 4 см, 2 с 3) 2 см, 1 с
2) 2 см, 2 с 4) 4 см, 1 с

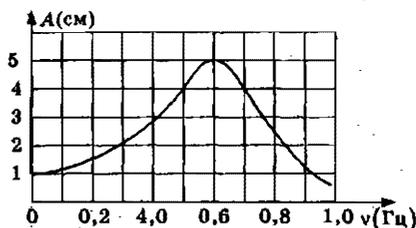


A3. Как изменится полная механическая энергия пружинного маятника, если амплитуда колебаний груза, подвешенного на пружине, увеличится в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза 3) не изменится
2) увеличится в 4 раза 4) уменьшится в 4 раза

A4. На рисунке представлена резонансная кривая вынужденных колебаний математического маятника. Чему равна длина его подвеса? ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

- 1) 70,4 см 3) 24,5 см
2) 33,4 см 4) 1,1 м



A5. Чему равна разность фаз двух точек волны, находящихся на одном луче и отстоящих друг от друга на расстоянии 0,2 м, если при частоте 4500 Гц скорость распространения волны равна 360 м/с?

- 1) π 2) 2π 3) 4π 4) 5π

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 4; A2 — 1; A3 — 4; A4 — 3; A5 — 4.

Вариант 2: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 2; A4 — 1; A5 — 4.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

1. Найдите амплитуду колебаний.
2. Каковы период и частота колебаний, если длина нити 1 м?



3. Как и во сколько раз изменится период колебаний на Луне?
4. Как и во сколько раз изменится частота колебаний в космическом корабле на околоземной орбите?

5. Выберите из уравнений то, которое описывает гармонические колебания маятника:

- 1) $x = b \cos \pi t$;
- 2) $x = b \cos \pi t^2$;
- 3) $x = b t \sin \pi t$;
- 4) $x = b \sin^2 \pi t$;
- 5) $x = b \sin \pi t$.

6. Определите скорость, с которой шарик проходит положение равновесия (в см/с).

7. Найдите максимальную высоту h , на которую поднимается шарик.

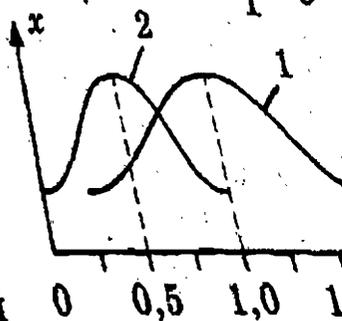
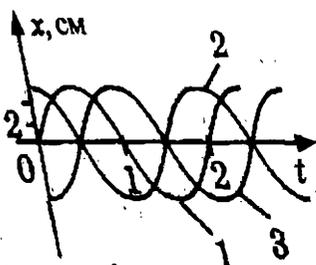
8. Выберите график, описывающий движение шарика.

9. Найдите сдвиг по времени Δt (в долях периода) между колебаниями, описываемыми графиками 1 и 3.

10. Каков сдвиг по фазе между этими колебаниями?

11. Выберите резонансную кривую, которая описывает вынужденные колебания данного маятника под действием периодической вынуждающей силы.

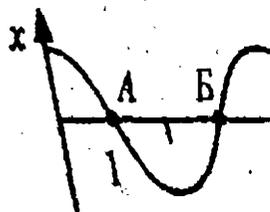
12. Какой будет частота колебаний под действием вынуждающей силы, частота которой 1 Гц?



II. На рисунке изображен график волны.

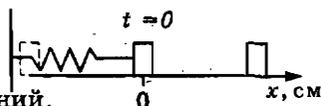
1. Выделите точки, которые колеблются в одинаковой фазе.

2. Выделите точки, колеблющиеся в противофазе с точкой Б.



Вариант 2

I. Тело массой 400 г колеблется на пружине жесткостью 10 Н/м.

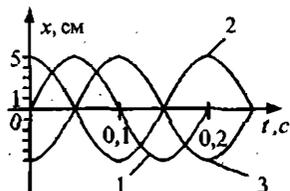


1. Определите амплитуду колебаний.
2. Найдите период и частоту колебаний.
3. Во сколько раз изменится период колебаний этого маятника, если его поместить на Луну?
4. Во сколько раз изменится период колебаний этого маятника в космическом корабле на околоземной орбите?
5. Как и во сколько раз изменится период колебаний, если жесткость пружины увеличить в 4 раза?
6. Выберите из уравнений то, которое описывает гармонические колебания:

1) $x = 50\pi \cos 10\pi t$	3) $x = 5t \sin 10\pi t$
2) $x = 5 \cos 10\pi t^2$	4) $x = 5 \sin 10\pi t$
7. С какой скоростью груз проходит положение равновесия?

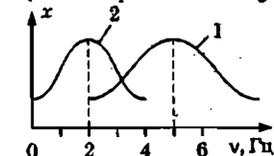
8. Выберите график зависимости $x = x(t)$, описывающий движение тела.

9. Найдите сдвиг по времени Δt (в долях периода) между колебаниями, описываемыми графиками 1 и 3.



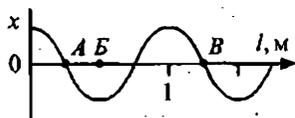
10. Каков сдвиг по фазе между этими колебаниями?

11. Выберите резонансную кривую, которая описывает вынужденные колебания данного маятника.



12. Какой будет частота колебаний под действием вынуждающей силы, частота которой 5 Гц?

II. На рисунке изображен график волны.



1. Выделите точки, которые колеблются в одинаковой фазе.
2. Найдите точки, колеблющиеся в противофазе с точкой B.
3. Определите значение длины волны.
4. Какова скорость волн, если частота колебаний точек среды равна 5000 Гц?
5. Является ли волна звуковой?
6. В какой среде (воздух, вода, сталь) распространяется волна?
7. Может ли эта волна быть поперечной?

Ответы

Задание	Вариант 1	Вариант 2	
I	1	6 см	5 см
	2	2 с, 0,5 Гц	0,2 с, 5 Гц
	3	Увеличится, $\sqrt{6}$	Не изменяется
	4	0	—
	5	№ 1	Уменьшится, в 2 раза
	6	6л	№ 4
	7	1,8 мм	0,25 м/с
	8	№ 2	№ 1
	9	4	T/2
	10	$\pi/2$	π
	11	№2	№1
	12	1 Гц	5 Гц

Задание	II						
	1	2	3	4	5	6	7
Вариант 1	A, B	A, B	4 см	340 м/с	Да	Воздух	Нет
Вариант 2	A, B	0	1 м	$5 \cdot 10^3$ м/с	Да	Сталь	Да



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений.

Урок 9

ТЕМА: Механика, повышенный уровень части 1 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

систематизировать знания по разделу «Механика»;

научиться решать «в свернутом виде» задачи на расчет величин, описывающих:

а) движение материальной точки под действием разных сил;

б) движение тел, образующих замкнутую систему;

установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня по механике части 1 ЕГЭ.

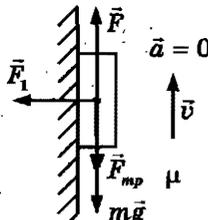
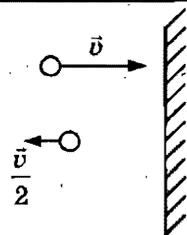
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу «Механика»;
- раздаточный материал (примеры заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ, план распознавания механических явлений, тренировочные задания);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ	4
2	Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ	Фронтальная беседа, работа с раздаточным материалом (примеры заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ)	5
3	Систематизация знаний о механических явлениях	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний по разделу...»	10
4	Обучение распознаванию механических явлений, описанных в тексте задачи	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (план распознавания механических явлений, тренировочные задания), обсуждение результатов работы	8
5	Тренировка в решении задач «в свернутом виде»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), проверка решений у доски	15
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Механика, повышенный уровень части 1 ЕГЭ (4 мин., 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
1) 	$F = F_{\text{тр}} + mg$ $F = \mu F_1 + mg$	$F = 0,4 \cdot 10 + 0,5 \cdot 10 = 9 \text{ (Н)}$ Ответ: 1 .
2) 	$E_{\text{к1}} = E_{\text{к2}} + \Delta U$ $E_{\text{к1}} = \frac{mv^2}{2}$ $E_{\text{к2}} = \frac{m\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{E_{\text{к1}}}{4}$	$Q = \Delta U = \frac{3}{4} E_{\text{к1}}$ $E_{\text{к1}} = \frac{4}{3} Q$ $E_{\text{к1}} = \frac{4 \cdot 15}{3} = 20 \text{ (Дж)}$ Ответ: 3 .

ХОД УРОКА:



Введение

Задания повышенного уровня части 1 ЕГЭ представляют собой задания с выбором ответа более сложные, чем задания базового уровня. Как правило, это задачи на расчет значения физической величины. Всего в экзаменационную работу входит 6 таких заданий. На выполнение задания отводится в среднем 4 минуты, верный ответ оценивается в 1 балл.



Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ

В экзаменационную работу входят два таких задания по механике. Рассмотрим, в чем состоят их особенности на примере следующих задач.

1. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

- 1) 9 Н 2) 7 Н 3) 5 Н 4) 4 Н

2. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше скорости сразу после удара. При ударе выделилось количество теплоты, равное 15 Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

- 1) 5 Дж 2) 15 Дж 3) 20 Дж 4) 30 Дж

Учитель решает задачи, включая учащихся в беседу. Вопросы направлены на то, чтобы помочь учащимся применить схему «явление — модель — законы» к данным ситуациям. Краткий ход решения учитель фиксирует на доске (см. на доске).

Таким образом, задания этого типа требуют применения знаний из нескольких тем раздела, поэтому требуется систематизировать знания обо всех изученных механических явлениях и научиться определять, о каком из них идет речь в тексте конкретной задачи. Кроме того, время решения ограничено, а запись решения не влияет на результат. Поэтому необходимо потренироваться «свертывать решение», т.е. искать как можно более короткий путь к ответу и приводить только самые необходимые записи.

Систематизация знаний о механических явлениях

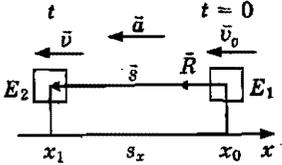
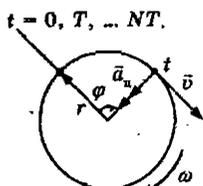
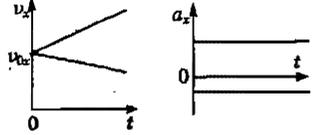
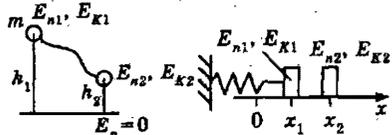
Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний по разделу «Механика» и отвечает на вопросы учащихся.

Эта таблица не содержит нового теоретического материала. В ней избранный материал предыдущих таблиц — систем знаний по темам представлен в виде более компактном и удобном для использования при выполнении заданий повышенного уровня.

Как правило, это задания на механическое движение или равновесие тел. Соответственно в таблице приведены системы знаний о механическом движении (строки 1–3) и равновесии (строка 4).

Механическое движение разделено на виды по моделям тел: материальная точка (строка 1), замкнутая система тел (строка 2), маятники (строка 3).

Поясним содержание первой строки, поскольку в ней обобщены сведения из таблиц по нескольким темам («Основы кинематики», «Законы Ньютона», «Виды сил в механике», «Механическая работа и энергия» и «Законы сохранения в механике»).

Явление	Графическая модель	Законы	
<p>1. Движение материальной точки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • прямолинейное равноускоренное <ul style="list-style-type: none"> • по окружности с постоянной по модулю скоростью. 	 	<p>Динамики</p> <p>I. $\vec{R} = m\vec{a}$, $\vec{R} = \vec{F}_T + \vec{F}_{\text{упр}} + \dots$</p> <p>$F_{\text{упр}} = kx$, $F_{\text{тр}} = \mu N$</p> <p>$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}}$, $F = \frac{GMm}{r^2}$</p> <p>II. $A = E_{K2} - E_{K1}$</p> <p>$A_{\text{тр}} = E_1 - E_2$</p> <p>$A = F s \cos \alpha$, $E_K = \frac{mv^2}{2}$</p> <p>III. $\vec{F}t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ (I)</p>	<p>Кинематики</p> <p>$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$</p> <p>$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$</p> <p>$v_x = v_{0x} + a_x t$</p> <p>$a_x = \text{const}$</p>  <p>$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$, $v = \frac{2\pi r}{T}$</p> <p>$v = \omega r$, $T = \frac{1}{\nu}$</p> <p>$\omega = \frac{2\pi}{T}$, $\varphi = \omega t$</p>
<ul style="list-style-type: none"> • по произвольной траектории с произвольным ускорением без трения 		<p>$A = E_{n1} - E_{n2}$; $mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$</p> <p>$\frac{kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$</p>	

В строке выделено три случая движения по виду траектории и воздействиям:

- 1) прямолинейное равноускоренное движение;
- 2) движение по окружности с постоянной по модулю скоростью;
- 3) движение по произвольной траектории с произвольным ускорением без трения.

Модели, описывающие каждый случай, сохранены в том же виде, как и в таблицах-системах знаний по темам.

В графе «Законы» приведены уравнения динамики и кинематики. Для прямолинейного равноускоренного движения основными законами являются второй закон Ньютона ($\vec{R} = m\vec{a}$), теорема о кинетической энергии ($A = E_{k2} - E_{k1}$) и уравнение связи импульса силы с изменением импульса тела ($\vec{F}t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$).

При использовании второго закона Ньютона дополнительными уравнениями являются выражение для равнодействующей, и законы для разных видов сил. Эта система уравнений в таблице обозначена «I». Ее применение называют динамическим подходом к решению задач.

При использовании теоремы о кинетической энергии или ее частного случая ($A_{т,р} = E_1 - E_2$) дополнительными являются выражения для работы силы и формулы для расчета кинетической и потенциальной энергии. Эта система уравнений обозначена «II». Ее применение называют энергетическим подходом к решению задач.

Второй закон Ньютона в виде $Ft = mv_2 - mv_1$ не требует дополнительных уравнений (обозначен «III»).

Для движения по окружности с постоянной по модулю скоростью применима система уравнений «I» (второй закон Ньютона и дополнительные к нему законы).

Для случая движения по произвольной траектории с произвольным ускорением без трения основным является закон сохранения механической энергии. Если движение является прямолинейным равноускоренным, то применимы также законы группы «I». Это означает, что при решении задач, в которых описано прямолинейное равноускоренное движение без трения, можно использовать как динамический, так и энергетический подходы.

Обучение распознаванию механических явлений, описанных в тексте задачи

В задачах повышенного уровня части 1 речь идет, как правило, об одном из первых двух явлений (шести их разновидностях), описанных в таблице:

1) движение материальной точки (прямолинейное равноускоренное, по окружности с постоянной по модулю скоростью, по произвольной траектории с произвольным ускорением без трения);

2) движение тел, образующих замкнутую систему (при абсолютно упругом ударе, абсолютно неупругом ударе, в случае реактивного движения).

Чтобы воспользоваться опорными знаниями, представленными в таблице, необходимо научиться различать виды механического движения. Для этого удобно действовать по приведенному ниже плану.

План распознавания механических явлений

1. Выделите в условии задачи движущиеся тела и их характеристики.

2. Выделите начальные состояния тел и их характеристики.

3. Выделите последующие состояния тел и их характеристики.

4. Установите, какие воздействия привели к изменению состояния каждого тела.

5. Сделайте вывод о механическом явлении.

Примечание. Если в ходе применения плана обнаружено, что движение можно разделить на отдельные участки, то пункты 4, 5 применяют к каждому участку.

Далее идет обучение распознаванию механических явлений на примере трех приведенных ниже задач. Учитель организует беседу по применению плана, корректируя ответы учащихся.

3. Автомобиль массой 3 т набирает скорость на горизонтальной дороге, двигаясь с ускорением 3 м/с^2 . Какова сила тяги двигателя, если коэффициент трения равен 0,4?

Движущееся тело — автомобиль определенной массы.

Начальное состояние — специально не описано, сказано, что автомобиль движется с ускорением.

Конечное состояние тоже не описано, сказано, что автомобиль набирает скорость.

Указаны воздействия — сила тяги двигателя и трение.

Движение автомобиля можно уподобить прямолинейному равноускоренному движению материальной точки.

4. Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 8 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с . Какую скорость приобретет мальчик?

Движущиеся тела — мальчик и груз с определенными массами.

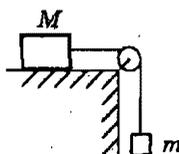
Начальное состояние — мальчик и груз покоятся.

Конечное состояние — мальчик приобретает скорость, груз брошен с некоторой скоростью.

Воздействия — взаимодействие мальчика и груза (трение льда можно не учитывать).

Движение мальчика и груза можно уподобить реактивному движению.

5. Брусок массой $M = 300$ г соединен с грузом массой $m = 200$ г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок. Брусок скользит без трения по горизонтальной поверхности. Чему равны ускорение бруска, сила натяжения нити?



Движущиеся тела — брусок и груз, связанные нитью.

Начальное состояние — начальное положение и начальная скорость не описаны, сказано, что тела движутся с ускорением.

Конечное состояние тоже не описано.

Воздействия — сказано, что действует сила натяжения нити, а на брусок не действует сила трения.

Движение бруска и груза можно уподобить прямолинейному равноускоренному движению материальных точек без трения.

Далее учащиеся работают самостоятельно, выполняя следующее задание.

Прочтите тексты задач и установите, какому явлению они соответствуют. Запишите название явления рядом с номером задачи.

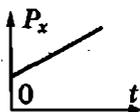
6. С высоты 5 м бросают вертикально вверх тело массой 200 г с начальной скоростью 2 м/с. Какую скорость будет иметь тело при падении на землю? (Сопротивлением воздуха пренебречь). Ответ запишите с точностью до 0,1.

7. Шар массой 0,1 кг движется со скоростью 5 м/с. После удара о стенку он стал двигаться в противоположном направлении со скоростью 4 м/с. Чему равно изменение импульса шара в результате удара о стенку?

8. На шероховатом столе лежит доска длиной 400 см. На ней у ее левого конца находится небольшой брусок массой 100 г. Коэффициент трения скольжения бруска о доску 0,50. Какую минимальную скорость нужно сообщить бруску, чтобы он соскользнул с правого конца доски?

9. Груз массой 200 кг привязан к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 60° . Чему равна кинетическая энергия груза при прохождении им положения равновесия?

10. На графике показана зависимость импульса p_x тележки от времени. Постройте график изменения проекции силы P_x , действующей на тележку, от времени.



11. При произвольном делении покоившегося ядра химического элемента образовалось три осколка массами 3, 4,5 и 5 т. Скорости первых двух взаимно перпендикулярны, а их модули равны соответственно $4v$ и $2v$. Определите модуль скорости третьего осколка.

12. Вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 2 м/с по горизонтальному участку дороги, сталкивается и сцепляется с помощью автосцепки с неподвижной платформой массой 20 т. Чему равна скорость совместного движения вагона и платформы.

Результаты выполнения задания проверяются и по необходимости обсуждаются:

6 — прямолинейное равноускоренное движение материальной точки без трения (два участка);

7 — абсолютно упругий удар;

8 — прямолинейное равноускоренное движение материальной точки;

9 — произвольное движение материальной точки с произвольным ускорением без трения;

10 — прямолинейное равноускоренное движение материальной точки;

11 — реактивное движение;

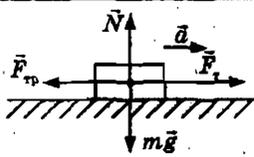
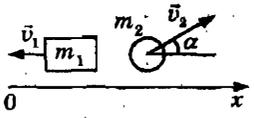
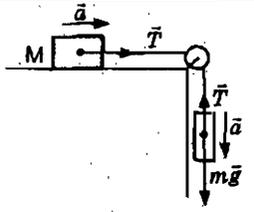
12 — абсолютно неупругий удар.



Тренировка в решении задач «в свернутом виде»

Учащиеся самостоятельно решают задачи 3–5, на базе которых было организовано обучение распознаванию явлений. Учитель консультирует учащихся, побуждая максимально сокращать записи. Решения проверяются у доски.

НА ДОСКЕ: (состояние доски № 2)

Механика, повышенный уровень части 1 (4 мин., 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
3) 	$ma = F - F_{\text{тр}}$ $F_{\text{тр}} = \mu mg$	$F_T = 3000 \cdot 3 +$ $+ 0,4 \cdot 3000 \cdot 10 =$ $= 21 \text{ (кН)}$
4) 	$mv_1 = m_2 v_2 \cos \alpha$	$v_1 = \frac{8 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2}}{50} = 0,4 \text{ (м/с)}$
5) 	$\begin{cases} mg - T = ma \\ T = Ma \\ mg = (m + M)a \\ a = \frac{mg}{M + M} \\ T = Ma \end{cases}$	$a = \frac{0,2 \cdot 10}{0,2 + 0,3} =$ $= 4 \text{ (м/с}^2\text{)}$ $T = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ (Н)}$

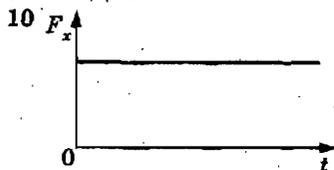


Сообщение домашнего задания

Решите оставшиеся задачи (6–12) из предложенного списка, пользуясь таблицей — системой знаний по разделу «Механика». Максимально сокращайте записи и фиксируйте время решения.

Ответы к задачам

- 6 – 10,2 м/с;
- 7 – 0,9 кг·м/с;
- 8 – 2 м/с;
- 9 – 1 кДж.



- 11 – 3v;
- 12 – 1,2 м/с.

Урок 10

ТЕМА: Механика, повышенный уровень части 2 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать методы решения типовых задач по механике;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи каждого типа;
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня по механике части 2 ЕГЭ.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу «Механика»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по механике»;
- раздаточный материал (схема «Общий метод решения задач повышенного и высокого уровня», тренировочные задания);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	4
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 2 ЕГЭ	3
3	Актуализация общего и частных методов решения задач по механике	Сообщение учителя, работа со схемой «Общий метод...» и таблицей «Методы решения задач по механике»	5
4	Пояснения к обобщающим таблицам	Фронтальная беседа, работа с таблицами «Методы решения задач по механике» и «Система знаний по разделу «Механика»	5

Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ в разделе «Механика»

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
5	Обучение подбору метода решения задачи	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания, таблица «Методы решения задач по механике»); обсуждение результатов работы	5
6	Обучение записи ответа в заданной форме	Показ учителем образца оформления ответа, тренировочная работа	10
7	Тренировка в решении задач «в свернутом виде»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), проверка решений у доски	10
8	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Механика, повышенный уровень части 2 ЕГЭ (6 мин., 1 балл)		
Ответ: $h = 3,276$ м Число в бланке: 3; 328; 300; 3300; 3,3		
Модель	Уравнения	Расчет
	$mgh = \frac{mv^2}{2} + F_{cp} \cdot l$ $F_{mp} = \left(mgh - \frac{mv^2}{2} \right) : l$	$F_{mp} = \left(100 \cdot 10 \cdot 8 - \frac{100 \cdot 100}{2} \right) : 100$ $F_{mp} = 80 - 50 = 30 \text{ (Н)}$ Число в бланке: 30.

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Задания повышенного уровня части 2 представляют собой задачи на расчет значения физической величины. Ответ к заданиям требуется представить в виде числа. Всего часть 2 экзаменационной работы входят 4 задания повышенного уровня: по одному заданию по механике и молекулярной физике и 2 задания по электродинамике. На выполнение задания отводится 6 минут, верный ответ оценивается в 1 балл.



Актуализация общего и частных методов решения задач по механике

Помощь в решении задач повышенного и высокого уровня по любому разделу может оказать общий метод их решения. Он не является для вас новым. По такой схеме мы решали задачи в течение всех лет изучения физики в школе.

Первые три шага метода имеют свою специфику для каждого раздела школьного курса физики, а последние три — математические, и потому выполняются сходным образом для задач из любого раздела.

Специфика первых трех шагов для раздела «Механика» состоит в следующем.

Распознавание явления (I шаг) фактически осуществляется путем выбора одного из четырех явлений, представленных в таблице «Система знаний по разделу «Механика» (см. предыдущий урок):

- 1) движение материальной точки;
- 2) движение тел, образующих замкнутую систему;
- 3) колебания маятников;
- 4) равновесие твердого тела.

Различать механические явления мы учились на предыдущем уроке.

После того как установлено, о каком явлении идет речь, задача может быть отнесена к одному из пяти типов и решена соответствующим частным методом (см. таблицу «Методы решения задач по механике»). Названия типовых задач связаны с тем, что при их решении чаще всего используется тот или иной физический закон. Явлению «движение материальной точки» соответствуют две типовые задачи и два метода: динамический и энергетический.

Построение графической модели (II шаг) и составление уравнения (III шаг) осуществляется частными методами, опи-

Пояснения к обобщающим таблицам

Учитель дает задание сопоставить таблицу «Система знаний по разделу «Механика» с таблицей «Методы решения задач по механике» и установить соответствие между ними. Далее организует обсуждение и подводит учащихся к следующим выводам.

Обе таблицы могут служить опорой в выполнении первых трех шагов в решении задач по механике: I — распознавание явления, II — построение графической модели, III — составление уравнений. В таблице «Методы решения...» перечислены действия по выполнению каждого шага, а в таблице «Система знаний...» — знания, которые помогают их осуществить.

В каждой из таблиц представлены знания о четырех механических явлениях. В «Системе знаний...» каждому явлению соответствует строка, а в «Методах решения» — столбец (явлению «движение материальной точки» соответствуют два столбца).

При решении задач обращаться к таблицам нужно по мере необходимости. Если возникает вопрос «Что делать?» — к «Методам решения...», если имеются трудности в выполнении конкретного действия — к «Системе знаний...».

Обучение подбору метода решения задачи

Пользуясь таблицей «Методы решения...», установите, какой метод следует применить для решения следующих задач. Напишите рядом с номером каждой задачи выбранный вами номер метода.

1. Ученик измерил квадрат периода колебаний груза массой 0,1 кг, подвешенного на пружине. Он оказался равен $0,1 \text{ с}^2$. На сколько растянется данная пружина, если к ней подвешен груз массой 0,1 кг? Ответ выразите в сантиметрах и округлите до десятых.

2. Два человека одинакового роста держат на плечах за концы в горизонтальном положении трубу длиной 2 м и массой 10 кг. На расстоянии 0,5 м от первого человека к трубе подвешен груз массой 100 кг. С какой силой труба давит на плечи второго человека?

3. Сани с сидоками общей массой 100 кг начинают съезжать с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости 10 м/с?

4. С высоты 5 м бросают вертикально вверх тело массой 200 г начальной скоростью 2 м/с. При падении на Землю тело углубляется в грунт на глубину 5 см. Найдите среднюю силу сопротивления грунта движению тела. (Сопротивлением воздуха пренебречь.)

5. Тело массой 1 кг бросили с поверхности Земли со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полета тела от броска до падения?

6. Вычислить ускорение Луны, движущейся вокруг Земли по окружности. Расстояние между центрами Земли и Луны принять равным 400 000 км, радиус Земли — 6400 км. (Ответ выразите в $\text{мм}/\text{с}^2$ и округлите до десятых долей.)

7. Тело массой 0,1 кг колеблется так, что проекция ускорения его движения зависит от времени в соответствии с уравнением $a = \sin\left(\frac{2\pi}{10}\right)t$. Чему равна проекция силы на ось OX, дей-

ствующей на тело в момент времени $t = \frac{5}{6}$ с?

8. Хоккейная шайба массой 300 г после удара клюшкой, который длится 0,02 с, скользит по льду со скоростью 20 м/с. Определите среднюю силу удара.

9. К двум пружинам одинаковой жесткости 50 Н/м, соединенным последовательно, подвешен груз массой 1 кг. Определите период собственных колебаний этой системы. Ответ округлите до десятых.

Результаты выполнения задания обсуждаются в классе.

Ответы

Задача	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ метода	равновесие МТ, 4	5	2	2 и 1	1	1	4 и 1	1	4 и 1

Обучение записи ответа в заданной форме

Задания части 2 ЕГЭ требуют записи ответа в виде числа. Поскольку бланки ответов считываются на сканере, то даже правильно решенная задача с неверно оформленным ответом не будет зачтена.

Если указаний к задаче нет, то значение физической величины следует записать в Международной системе единиц «СИ» (наименования единиц приводить не следует). Если указания имеются, то, следуя им, надо выразить значение физической величины в определенных единицах и, если требуется, округлить.

Далее учитель на примере задания 1 актуализирует знания учащихся о правилах округления и переводе единиц.

Задание 1. Получен ответ: $h = 3,276$ м.

Какое число надо записать в бланк ответов, если имеются следующие указания:

Указания в тексте задания	Число, которое надо записать в бланк ответов
Ответ округлите до целых	3
Ответ выразите в сантиметрах и округлите до целых	328
Ответ округлите до целых и выразите в сантиметрах	300
Ответ округлите до десятых и выразите в миллиметрах	3300
Ответ округлите до двух значащих цифр	3,3

Следующее задание учащиеся выполняют самостоятельно: учитель диктует указания, учащиеся записывают числа. Затем ответы сверяются.

Задание 2. Получен ответ: $V = 0,5314$ м³.

Какое число надо записать в бланк ответов, если имеются следующие указания:

Указания в тексте задания	Число, которое надо записать в бланк ответов
Ответ округлите до сотых	0,53
Ответ выразите в сантиметрах кубических и округлите до целых	531400
Ответ округлите до двух значащих цифр	0,5
Ответ выразите в литрах и округлите до десятых	531,4
Ответ округлите до десятых и выразите в литрах	500

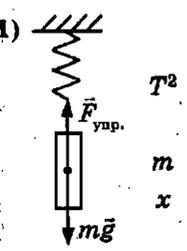
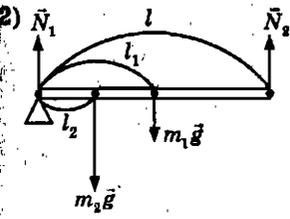


Тренировка в решении задач «в свернутом виде»

Учащиеся самостоятельно решают первые две задачи из предложенного списка, максимально сокращая записи. В случае затруднений учитель побуждает их воспользоваться таблицами «Система знаний...» и «Методы решения...». Решения проверяются у доски (см. на доске)

НА ДОСКЕ:

Механика, повышенный уровень части 2 ЕГЭ
(6 мин., 1 балл)

Модель	Уравнения	Расчет
1) 	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $kx = mg$	$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ $x = \frac{mg}{k} = \frac{gT^2}{4\pi^2}$ $x = \frac{10 \cdot 0,1}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,0253(\text{м})$ Число в бланке: 2,5.
2) 	$m_2 g l_2 + m_1 g l_1 = N_2 l$ $F_2 = N_2$	$F_2 = \frac{(m_2 l_2 + m_1 l_1) g}{l}$ $F_2 = \frac{(100 \cdot 0,5 + 10 \cdot 1) \cdot 10}{2}$ $F_2 = 300 (\text{Н})$ Число в бланке: 300.



Сообщение домашнего задания

1. Решите оставшиеся задачи из предложенного списка, пользуясь таблицами «Система знаний...» и «Методы решения...». Максимально сокращайте записи и фиксируйте время решения.

Ответы к задачам

Задача	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число в бланке ответов	2,5	300	30	208	1	0	2,6	0,05	300	0,6

2. Придумайте и выполните три задания на запись краткого ответа в виде числа. По форме задания должны быть аналогичны тем, которые выполнялись на уроке: получен ответ ..., даны указания а)... б)... в)... г)... д)..., требуется записать в бланк ответов число, следуя этим указаниям.

Урок 11

ТЕМА: Механика, высокий уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения задач высокого уровня по механике;
- научиться оформлять развернутое решение задач высокого уровня;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за задания высокого уровня по механике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу «Механика»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по механике»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения задач высокого уровня по механике);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	6
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий высокого уровня	3
3	Применение общего и частных методов решения задач по механике к задачам высокого уровня	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10
4	Показ образца оформления решений задач высокого уровня	Сообщение учителя	5

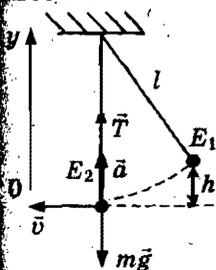
№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
5	Тренировка в решении задач высокого уровня	Самостоятельная работа, консультации учителя, работа с таблицами «Методы решения задач по механике» и «Система знаний по разделу «Механика»	18
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Механика, высокий уровень (19 мин., 0–3 балла)

Развернутый ответ

Модель



Система уравнений (1 балл)

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \quad (1) \quad \text{— по закону сохранения механической энергии;}$$

$$h = l - l \cos \alpha \quad (2) \quad \text{— из геометрических соотношений;}$$

$$T - mg = ma \quad (3) \quad \text{— по второму закону Ньютона;}$$

$$a = \frac{v^2}{l} \quad (4) \quad \text{— центростремительное ускорение.}$$

Расчетная формула (+1 балл)

$$\text{Из (2)} \quad \cos \alpha = 1 - \frac{h}{l}.$$

$$\text{Из (1), (3), (4)} \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{al}{2g} = \frac{T - mg}{m} \cdot \frac{l}{2g}$$

Дано:

$$l = 1 \text{ м;}$$

$$T = 2 \text{ Н;}$$

$$m = 0,1 \text{ кг.}$$

$\alpha = ?$

$$\cos \alpha = 1,5 - \frac{T}{2mg}$$

Расчет (+1 балл)

$$\cos \alpha = 1,5 - \frac{2}{2 \cdot 0,1 \cdot 10} = 0,5; \quad \alpha = 60^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 60^\circ$.

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Задания высокого уровня входят в часть 3 ЕГЭ и являются заданиями с развернутым ответом. Они также представляют собой задачи на расчет значения физической величины. В отличие от задач повышенного уровня в них может быть описана необычная ситуация, требуется применить знания о двух-трех физических явлениях или при решении получается «хитрая» система уравнений. Важно помнить, что описанные ситуации соответствуют тем явлениям, которые вам известны.

Ответ на экзамене записывают в специальный бланк. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3. Его выставляют как сумму баллов за отдельные части решения. В большинстве задач оценивают: запись основных уравнений (системы уравнений) — 1 балл, вывод расчетной формулы — 1 балл, расчет значения физической величины — 1 балл. Если решение системы уравнений в общем виде слишком громоздко, то можно провести решение уравнений с числовыми коэффициентами, что не приведет к снижению общего балла за задание.

Всего в часть 3 экзаменационной работы входят 6 задач высокого уровня, в том числе одна по механике и одна — комплексная (требующая применения знаний из разных разделов физики). Время выполнения заданий — примерно 19 мин, комплексной задачи — 21 мин.

Применение общего и частных методов решения задач по механике к задачам высокого уровня

В качестве опоры для решения задач высокого уровня можно использовать те же материалы, что и для решения задач повышенного уровня: таблицы «Методы решения задач по механике» и «Система знаний по разделу «Механика».

Примените их к решению следующей задачи. В ходе решения выделяйте этапы общего метода решения задач.

1. Нить маятника длиной 1 м, к которой подвешен груз массой 0,1 кг, отклонена на угол α от вертикального положения и отпущена. Сила натяжения нити в момент прохождения маятником положения равновесия равна 2 Н. Чему равен угол α ?

На самостоятельную попытку решения отводится 5 минут. За это время большинство учащихся успевают осознать условие задачи и наметить ход решения. Далее объяснение решения проводится под руководством учителя.

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

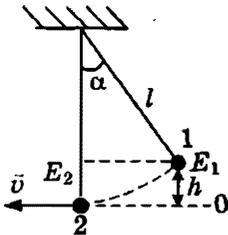
Движущееся тело — маятник (груз на нити). Начальное состояние — маятник отклонили на угол α , последующее состояние — прохождение, положения равновесия. Поскольку характеристики колебательного движения не указаны, явление можно рассматривать как движение материальной точки.

Движение происходит под действием только сил тяжести и упругости. Следовательно, задачу можно отнести ко второму типу («на закон сохранения энергии»). В условии задано значение силы натяжения нити. Это подталкивает к использованию динамического подхода: применению второго закона Ньютона.

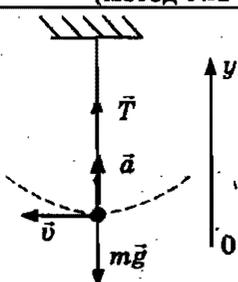
II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Для решения задачи требуется применить методы № 2 и № 1 (см. таблицу «Методы решения задач по механике»). Соответственно необходимо построить две модели.

Модель движения материальной точки без трения (метод №2 — на закон сохранения энергии)



Силой трения пренебрегаем. Значит, полная механическая энергия маятника в состояниях 1 и 2 одинакова. За нулевой уровень потенциальной энергии примем потенциальную энергию в положении равновесия

Модель равномерного движения по окружности (метод №1 — на второй закон Ньютона)	
	В положении равновесия ускорение груза направлено к центру окружности, поэтому движение в этой точке можно уподобить равномерному движению по окружности

Дано: $l = 1$ м
 $m = 0,1$ кг
 $T = 2$ Н
 $\alpha = ?$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

В положении 1 полная механическая энергия маятника равна потенциальной, а в положении 1 — кинетической:	По второму закону Ньютона:
$mgh = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$	$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$
Из геометрических соображений:	В проекциях на ось Oy:
$h = l - l\cos\alpha \quad (2)$	$T - mg = ma \quad (3)$
	Центробежное ускорение можно рассчитать по формуле:
	$a = \frac{v^2}{l} \quad (4)$

IV. Вывод расчетной формулы.

Из (2): $\cos\alpha = 1 - \frac{h}{l}$.

Из (1), (3), (4): $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{al}{2g} = \frac{T - mg}{m} \cdot \frac{l}{2g}$.

Подставляя, получим $\cos\alpha = 1 - \frac{T - mg}{m} \cdot \frac{l}{2g \cdot l}$.

Расчетная формула: $\cos\alpha = 1,5 - \frac{T}{2mg}$.

V. Расчет значения физической величины.

$$\cos \alpha = 1,5 - \frac{2}{2 \cdot 0,1 \cdot 10} = 0,5$$

$$0^\circ < \alpha < 90^\circ \Rightarrow \alpha = 60^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 60^\circ$.

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

Особенность заданий высокого уровня — развернутый ответ. Задачу недостаточно правильно решить, ее решение надо еще и верно оформить.

Разберем, как это сделать, на примере только что решенной задачи.

Учитель показывает образец оформления (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.

**Тренировка в решении задач высокого уровня**

Решите задачи высокого уровня сложности. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по механике» и «Система знаний по разделу «Механика». Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

2. Тело массой 2 кг заключено между двумя недеформированными пружинами с жесткостями 40 и 32 Н/м. Чему равен период свободных колебаний тела?



3. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 10 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 1:2. Осколок меньшей массы полетел горизонтально со скоростью 20 м/с. На каком расстоянии от места выстрела упадет второй осколок? (Поверхность Земли можно считать плоской и горизонтальной)

Учащиеся самостоятельно решают задачи, учитель отвечает на возникающие вопросы. Результаты работы проверяются с помощью раздаточного материала — примеров решения задач высокого уровня по механике.

Пример решения задачи 2

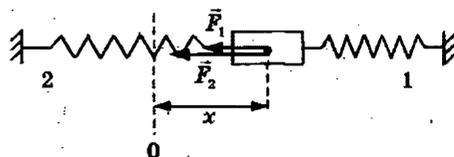
Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

В задаче описаны свободные колебания пружинного маятника. Значит, можно применить метод № 4 (в таблице «Методы решения задач по механике»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

По условию в начальном состоянии пружины не деформированы, и соответственно тело находится в равновесии. Мысленно отклоним тело от положения равновесия вправо. Тогда пружина 1 сожмется на некоторую величину x , а пружина 2 растянется на ту же величину.



Изобразим силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , возникающие при деформации. Под действием этих сил маятник будет совершать свободные колебания.

Кратко запишем условия задачи.

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$k_1 = 40 \text{ Н/м}$$

$$k_2 = 32 \text{ Н/м}$$

T - ?

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Выведем уравнение колебаний маятника.

По второму закону Ньютона: $F_1 - F_2 = ma$.

По закону Гука: $F_1 = -k_1x$ и $F_2 = -k_2x$.

Следовательно: $ma = -k_1x - k_2x$

$$a = -\frac{(k_1 + k_2)}{m}x.$$

IV. Вывод расчетной формулы.

Сравнивая уравнение колебаний данного маятника с уравнением гармонических колебаний ($a = -\omega_0^2x$), получим:

$$\omega_0^2 = \frac{k_1 + k_2}{m}.$$

Период свободных колебаний связан с циклической частотой соотношением: $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.

Следовательно: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$.

V. Расчет значения физической величины.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2}{40 + 32}} \approx 1 \text{ (с)}.$$

Ответ: $T = 1 \text{ с}$.

Развернутый ответ



$$F_1 + F_2 = ma \quad (1) \text{ — по второму закону Ньютона}$$

Дано: $k_1 = 40 \text{ Н/м}$

$k_2 = 32 \text{ Н/м}$

$m = 2 \text{ кг}$

$T = ?$

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= -k_1 x \quad (2) \\ F_2 &= -k_2 x \quad (3) \end{aligned} \right\} \text{ — по закону Гука}$$

Из (1), (2), (3) $\Rightarrow a = -\frac{k_1 + k_2}{m} x$ — уравнение свободных колебаний

$$\omega_0^2 = \frac{k_1 + k_2}{m}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$$

$T = 1 \text{ с}$.

Ответ: $T = 1 \text{ с}$.

Пример решения задачи 3.

Объяснение решения

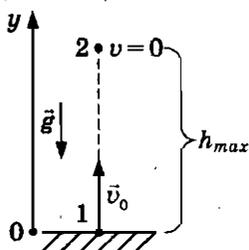
I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

В задаче представлено три явления: 1) движение снаряда, выпущенного вертикально вверх (под действием только силы тяжести); 2) реактивное движение осколков снаряда; 3) движение осколка (под действием только силы тяжести). Для описания первого и третьего явлений применим метод № 1 (для слу-

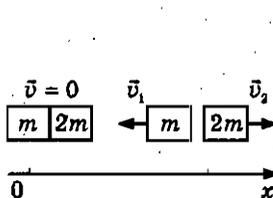
чая свободного падения). Для описания второго — метод № 3 (типичная задача «на закон сохранения импульса»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

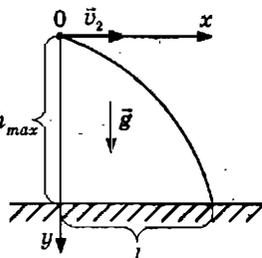
Изобразим модели каждого из трех явлений.



Движение снаряда вертикально вверх (а)



Разрыв снаряда (б)



Движение осколка (в)

Точка максимального подъема снаряда (рис. а) является начальной точкой для движения осколка (рис. в). Анализ второй модели (рис. б) показывает, что начальная скорость второго осколка \vec{v}_2 направлена горизонтально (иначе был бы нарушен закон сохранения импульса).

Кратко запишем условия задачи.

Дано: $v_0 = 10$ м/с

$m_1 : m_2 = 1 : 2$

$v_1 = 20$ м/с

$l - ?$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Выберем направления осей координат так, как указано на рисунках, и запишем уравнения, описывающие каждую из моделей, в проекциях на выбранные оси.

Движение снаряда вертикально вверх:

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \quad (1)$$

Разрыв снаряда: $0 = -mv_1 + 2mv_2$ (по закону сохранения импульса)

$$v_2 = \frac{v_1}{2} \quad (2)$$

Движение осколка:

$$\begin{cases} l = v_2 t \\ h_{\max} = \frac{gt^2}{2} \end{cases} \Rightarrow l = v_2 \sqrt{\frac{2h_{\max}}{g}} \quad (3)$$

IV. Вывод расчетной формулы.

Подставляя (1), (2) в (3), получим:

$$l = \frac{v_1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot v_0^2}{2g \cdot q}} = \frac{v_1 v_0}{2g}$$

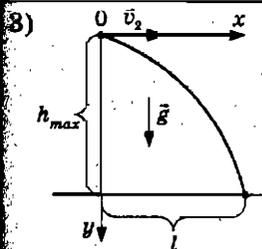
$$l = \frac{v_1 v_0}{2g}$$

V. Расчет значения физической величины.

$$l = \frac{20 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 10 \text{ (м)}.$$

Ответ: $l = 10$ м.

Развернутый ответ



Движение снаряда:

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \quad (1)$$

Разрыв снаряда:

$0 = -mv_1 + 2mv_2$ (по закону сохранения импульса)

$$v_2 = \frac{v_1}{2} \quad (2)$$

Движение осколка:

$$\begin{cases} l = v_2 t \\ h_{\max} = \frac{gt^2}{2} \end{cases} \Rightarrow l = v_2 \sqrt{\frac{2h_{\max}}{g}} \quad (3)$$

Из (1), (2), (3) $\Rightarrow l = \frac{v_1 v_0}{2g}$

$$l = 10 \text{ м}$$

Ответ: $l = 10$ м.

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$l = ?$



Сообщение домашнего задания

Решите задачи высокого уровня сложности и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по механике» и «Система знаний по разделу «Механика» и примерам, разобранным в классе. Фиксируйте время решения.

4. К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $0,2$ кг и нижний массой $0,1$ кг. Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?

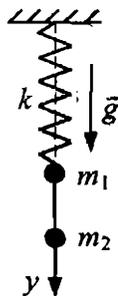
5. Шарик массой $0,1$ кг на нити длиной $0,4$ м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение промежутка времени $0,01$ с действует сила $0,1$ Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол 60° ?

6. К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый неподвижный блок, подвешены грузы массами 1 и 2 кг. Чему равно ускорение, с которым движется второй груз? (Трением в оси можно пренебречь.)

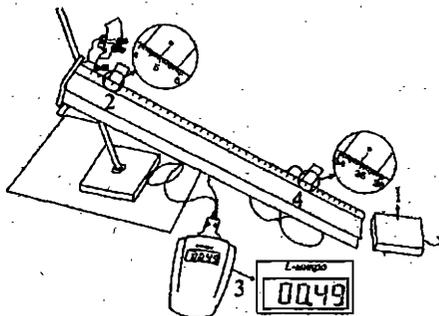
7. Небольшое тело съезжает по наклонной плоскости, угол наклона которой равен 30° , с высоты 1 м и продолжает движение по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между телом и плоскостями $0,2$. Какой путь пройдет тело после перехода на горизонтальную плоскость?

8. С высоты 30 м свободно падает стальной шарик. Через 2 с после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту. На какую высоту над поверхностью Земли поднимется шарик после удара? (Удар шарика о плиту можно считать абсолютно упругим.)

9. Грузовой автомобиль массой 4 т с двумя ведущими осями, который тянет за собой легковой автомобиль массой 1 т, движется равноускоренно вверх по склону под углом $\alpha = \arcsin 0,1$ к горизонту. Коэффициент трения между шинами и дорогой равен $0,2$. Чему равна максимально возможная сила натяжения троса, связывающего грузовик с легковым автомобилем? (Силой трения качения, действующей на легковой автомобиль, и массой колес можно пренебречь.)



10. На рисунке представлена фотография установки для исследования скольжения бруска 1 по наклонной плоскости. В центр бруска вставлен магнит. Числа на линейке обозначают сантиметры. В момент начала движения магнит, находящийся в бруске, через верхний датчик 2 включает секундомер. Секундомер 3 выключается при прохождении магнита мимо нижнего датчика 4. Масса бруска равна 50 г, угол наклона плоскости 30° . Определите работу силы трения на участке между датчиками.



Ответы

Задача	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	-5 м/с^2	100	$3,3 \text{ м/с}^2$	3,3 м	15 м	1,6 кН	0,035 Дж

Дополнительный материал для учителя

(выдержка из методического письма «О преподавании физики в средней школе с учетом результатов единого государственного экзамена 2005 года»)

Задачи третьей части решаются в развернутом виде в привычном для школьников формате: запись условия задачи — «Дано» (хотя при проверке этой записи не требуется); выполнение рисунка, если это помогает при решении задачи; запись всех необходимых уравнений; решение полученной системы уравнений в общем виде (если только для задачи решение «по действиям» не является оптимальным); подстановка численных значений; получение ответа и запись его в виде числа с наименованиями. Выполнения «проверки размерностей» и записи каких-либо поясняющих комментариев не требуется. Таким образом, при решении задач в формате ЕГЭ в настоящее время не требуется каких-либо поясняющих записей, а следовательно, и анализа условий задачи, объяснения описанных физических явлений или процессов и выбранной физической модели. Такой подход вполне объясним в рамках ЕГЭ, однако в процессе преподавания физики при решении расчетных задач следует обращать особое внимание на анализ условий задачи и условия выбора той или иной физической модели.

Урок 12

ТЕМА: Контрольная работа по механике

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- установить собственные возможности выполнения заданий ЕГЭ по механике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- раздаточный материал (варианты контрольной работы, справочные материалы);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Инструкция по выполнению контрольной работы	Сообщение учителя о проведении контрольной работы	2
2	Выполнение контрольной работы	Индивидуальная работа	40
3	Сообщение домашнего задания	—	2

Ниже приведены три варианта контрольной работы по механике. Два из них можно использовать собственно для проведения контрольной работы, а третий — для подготовки к ней и повторного выполнения работы в случае неудачи.

Максимальный первичный балл за работу составляет 12. При оценивании контрольной работы необходимо перевести набранные баллы в отметку по пятибалльной шкале.

С учетом процедуры перевода баллов в отметку можно рекомендовать следующие нормы выставления оценок. Отметку «5» выставляют, если число набранных баллов составляет 11–12, отметку «4» — если набрано 9–10 баллов, отметку «3» — если набрано 7–8 баллов.

КОД УРОКА:

Инструкция по выполнению контрольной работы

Контрольная работа рассчитана на один урок. Она включает 10 заданий разного уровня сложности: базового (А1–А6), повышенного (А7–А8, В1) и высокого (С1).

К каждому заданию с кодом «А» даны четыре ответа, из которых правильный только один. На задания с кодом «В» следует дать краткий ответ в численном виде. На задания с кодом «С» требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий с кратким и развернутым ответом значение искомой величины следует выразить в тех единицах, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. При расчетах следует использовать значения констант с той точностью, которая задана в справочных материалах (см: Приложение 3).

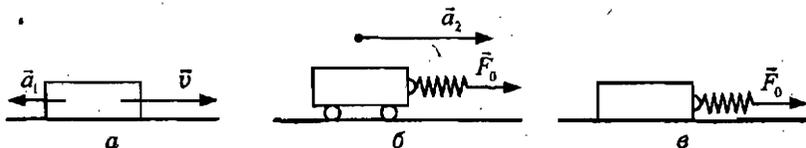
Максимальный балл за задания базового и повышенного уровней — 1, высокого уровня — 3.

Выполнение контрольной работы

Вариант 1

А1. Исследуя движение бруска по столу, ученик выяснил, что, скользя по поверхности стола после толчка, брусок движется с ускорением $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ (рис. а). Если брусок поставлен на катки, то под действием силы F_0 он движется с ускорением $a_2 = 3 \text{ м/с}^2$ (рис. б). В опыте, представленном на рис. в, ускорение бруска равно:

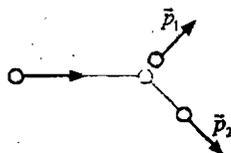
- 1) 1 м/с^2 2) 2 м/с^2 3) м/с^2 ; 4 м/с^2



А2. Расстояние между центрами двух шаров равно 1 м, масса каждого шара 1 кг. Сила всемирного тяготения между ними примерно равна:

- 1) 1 Н 2) 0,001 Н 3) $7 \cdot 10^5 \text{ Н}$ 4) $7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}$

А3. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $p_1 = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, а другого — $p_2 = 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ (рис.). Налетающий шар имел импульс:

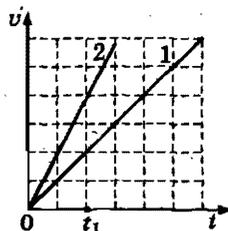


- 1) $0,1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ 3) $0,7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
 2) $0,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ 4) $0,25 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

А4. К валу приложен вращающий момент $150 \text{ Н} \cdot \text{м}$. На вал насажен маховик радиусом 50 см . Какую минимальную тормозящую силу надо приложить к ободу маховика, чтобы он не вращался:

- 1) 150 Н 2) 300 Н 3) 600 Н 4) 650 Н

А5. Первый автомобиль имеет массу 1000 кг , второй — 500 кг . Скорости их движения изменяются в соответствии с графиками, представленными на рис. Отношение кинетических энергий $E_{к2}/E_{к1}$ автомобилей в момент времени t_1 равно:



- 1) $1/4$ 3) $1/2$
 2) 2 4) 4

А6. Груз массой $0,1 \text{ кг}$, привязанный к нити длиной 1 м , совершает колебания. Чему равен момент силы тяжести относительно точки подвеса при максимальном отклонении нити от вертикали? (Максимальное значение угла между нитью и вертикалью равно 30° .)

- 1) $0,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ 2) $0,50 \text{ Н} \cdot \text{м}$ 3) $0,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$ 4) $1,00 \text{ Н} \cdot \text{м}$

А7. Ученик объяснил закономерности свободного падения тел следующим образом: в соответствии с законом всемирного тяготения на тело большей массы действует большая сила, следовательно, в соответствии со вторым законом Ньютона, тело большей массы движется с большим ускорением. Какое высказывание позволяет разрешить противоречие между экспериментальным фактом независимости ускорения g от массы тела и данным объяснением?

1) В соответствии со вторым законом Ньютона ускорение обратно пропорционально массе, следовательно, ускорение свободного падения не зависит от массы: $a = G \frac{mM}{R^2 m} = G \frac{M}{R^2}$.

2) Второй закон Ньютона нельзя применять к свободному падению.

3) Земля — это неинерциальная система отсчета, поэтому ускорение не зависит от массы.

4) Земля не имеет точно шаровой формы, поэтому нельзя применить закон всемирного тяготения.

А8. На рисунке представлена установка по измерению скорости пули. При попадании пули массой m в брусок массой M он поднимается на высоту h . Как определить начальную скорость v_0 пули:

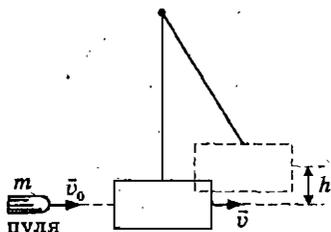
1) из закона сохранения механической энергии $\frac{mv_0^2}{2} = (m + M)gh$;

2) с помощью закона сохранения импульса $mv_0 = (m + M)v$ и закона сохранения механической энергии

$$\frac{(m + M)v^2}{2} = (m + M)gh;$$

3) данная установка не позволяет найти v_0 , так как не выполняется закон сохранения импульса при взаимодействии пули и бруска;

4) данная установка не позволяет найти скорость пули v_0 , так как при взаимодействии пули и бруска не выполняется закон сохранения механической энергии.



В1. Тело массой $0,1$ кг колеблется так, что проекция a_x ускорения его движения зависит от времени в соответствии с уравнением $a_x = 10 \sin \frac{2\pi}{10} t$. Чему равна проекция силы на ось

Ox , действующей на тело в момент времени $t = \frac{5}{6}$ с? Умножьте ответ на 10 и полученное число запишите в бланк.

С1. Вычислите период обращения конического маятника, длина нити которого равна $3,46$ м, а угол, образованный нитью с вертикалью, составляет 30° . Результат округлите до сотых долей секунды.

Вариант 2

А1. Два тела, брошенные с поверхности Земли вертикально вверх, достигли высот 10 и 20 м и упали на землю. Пути, пройденные этими телами, отличаются на:

1) 5 м

2) 20 м

3) 10 м

4) 30 м

A2. Два автомобиля движутся по прямому шоссе: один — со скоростью \vec{v} , а другой — со скоростью $3\vec{v}$. Скорость второго автомобиля относительно первого равна:

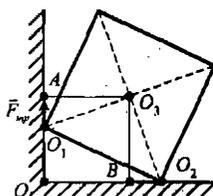
- 1) 0 2) \vec{v} 3) $2\vec{v}$ 4) $3\vec{v}$

A3. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который с помощью реактивных двигателей удерживается неподвижно относительно Земли на расстоянии двух ее радиусов от земной поверхности:

- 1) 360 Н 2) 240 Н 3) 180 Н 4) 80 Н

A4. Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим — на вертикальную стену (рис.). Плечо силы трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ относительно точки O равно:

- 1) 0 3) OA
2) O_1O 4) O_1A



A5. Груз массой 1 кг под действием силы 30 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м. Работа этой силы равна:

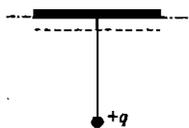
- 1) 0 2) 20 Дж 3) 40 Дж 4) 60 Дж

A6. Массу математического маятника увеличили, оставив неизменной его длину. Как изменился при этом период его колебания:

- 1) не изменился 3) уменьшился
2) увеличился 4) ответ зависит от длины нити маятника

A7. К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд. Каким будет условие равновесия шарика, если mg — модуль силы тяжести; F_s — модуль силы кулоновского взаимодействия шарика с пластиной; T — модуль силы натяжения нити:

- 1) $-mg - T + F_s = 0$ 3) $mg - T + F_s = 0$
2) $mg + T + F_s = 0$ 4) $mg - T - F_s = 0$



A8. Двигутся два автомобиля, у которых массы m одинаковые. Один идет со скоростью \vec{v}_1 , другой — со скоростью \vec{v}_2 относительно поверхности Земли. Импульс второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем, равен:

- 1) $m\vec{v}_2$ 2) $m(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)$ 3) $m(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)$ 4) $m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$

B1. За время 2 с тело, двигаясь прямолинейно и равномерно, прошло путь 20 м. Его скорость при этом увеличилась в 3 раза. Определите ускорение тела.

C1. Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше диаметра Земли. Каким будет отношение периодов обращения $\frac{T_M}{T_3}$ искусственных спутников Марса и Земли, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте? Результат округлите до целых.

Ответы к заданиям контрольной работы

Задание	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Вариант 1	2	4	2	2	2	2	1	1
Вариант 2	2	3	4	1	4	1	4	4

Задание	B1	C1
Вариант 1	5	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} \quad T \approx 3,44 \text{ с}$
Вариант 2	5	$\frac{T_M}{T_3} = \frac{M_M}{M_3} \left(\frac{D_3}{D_M} \right)^3 \frac{T_M}{T_3} \approx 2$



Сообщение домашнего задания

Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме

«Молекулярное строение вещества. МКТ идеального газа»

Элементы содержания по «Кодификатору»	Теоретический материал, который нужно повторить
2.1.1 Кристаллические и аморфные тела. Газы, жидкости	<p>Определение понятий «атом», «молекула»; формулировки основных положений молекулярно-кинетической теории; уравнения связи массы тела и массы молекулы, объема тела и расстояния между молекулами.</p> <p>Определение понятий «агрегатное состояние вещества», «фазовый переход»; графические модели строения газов, жидкостей и твердых тел;</p>

Элементы содержания по «Кодификатору»	Теоретический материал, который нужно повторить
	<p>Определение понятий «количество вещества», «моль», «относительная молекулярная масса», «молярная масса», «концентрация молекул», «плотность вещества», «постоянная Авогадро»; уравнение связи массы тела и количества вещества, объема газа и количества вещества при нормальных условиях.</p>
2.1.2 Тепловое движение атомов и молекул вещества	<p>Описание опыта Штерна; график распределения молекул по скоростям; определение понятий «тепловое движение», «наиболее вероятная скорость».</p>
2.1.3 Броуновское движение	<p>Определение понятия «броуновское движение»; графическая модель, броуновского движения описание опыта Перрена.</p>
2.1.4 Диффузия	<p>Определение понятия «диффузия»; графическая модель движения молекул при диффузии».</p>
2.1.5 Взаимодействие частиц вещества	<p>График зависимости силы взаимодействия молекул от расстояния между ними.</p>
2.1.6 Идеальный газ	<p>Определение понятий «идеальный газ», «микро- и макропараметры идеального газа»; графическая модель идеального газа.</p>
2.1.7 Связь между давлением и средней кинетической энергией молекул идеального газа	<p>Определение понятий «средняя квадратичная скорость молекул», «давление газа», «средняя кинетическая энергия молекул»; графическая модель давления газа, уравнение связи давления идеального газа и средней кинетической энергии составляющих его молекул.</p>
2.1.8 Абсолютная температура	<p>Определение понятий «тепловое равновесие», «температура», «абсолютная температура», «температурная шкала», «абсолютный нуль температуры»; уравнение связи абсолютной температуры и температуры по шкале Цельсия.</p>
2.1.9 Связь температуры газа со средней кинетической энергией его молекул	<p>Уравнение связи абсолютной температуры тела со средней кинетической энергией поступательного движения его молекул.</p>

Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»

Урок 13

ТЕМА: Молекулярное строение вещества, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

актуализировать знания о молекулярном строении вещества; систематизировать их в форме, удобной для решения задач; научиться применять систему знаний о молекулярном строении вещества для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Молекулярное строение вещества»;

раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Молекулярное строение вещества»);

представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о молекулярном строении вещества	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о молекулярном строении вещества	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Молекулярное строение вещества, базовый уровень		
Основные положения МКТ 1. _____ 2. _____ 3. _____	⇒	твердые тела (кристаллические и аморфные) жидкости газы
Идеальный газ		
Макропараметры (т/д параметры)	Микропараметры (параметры молекул)	Уравнения связи
m p V T ...	m_0 N \bar{v}^2 \bar{E}_k ...	$m = m_0 \cdot N$ $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$ $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$...

ХОД УРОКА:



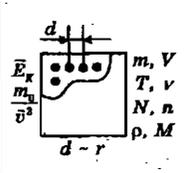
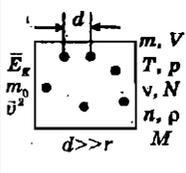
Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме «Молекулярное строение вещества»

Агрегатное состояние вещества	Графическая модель	Уравнения	
		связи макро- и микропараметров	определяющие формулы
Твердое тело, жидкость		$V = Nd^3$ $\left. \begin{aligned} m &= m_0 N \\ M &= m_0 N_A \end{aligned} \right\} m = \frac{MN}{N_A}$ $p = \left(\frac{2}{3} \right) n \bar{E}_k \left. \vphantom{p} \right\} p = nkT,$	$\rho = \frac{m}{V}; n = \frac{N}{V}$ $v = \frac{N}{N_A}$ $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Газ		$\bar{E}_k = \left(\frac{3}{2} \right) kT$ <p>где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$</p> $U = N \bar{E}_k$ $V = 22,4 \text{ л/моль при нормальных условиях}$	$M = \frac{m}{v}$ $\bar{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$ $\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$

В таблице приведены модели молекулярного строения твердых тел, жидкостей и газов. Слева от моделей обозначены характеристики молекул и указано соотношение между межмолекулярными расстояниями и размерами молекул. Справа от моделей выписаны обозначения макропараметров (для газов дополнительным является параметр p — давление газа).

Столбец «Уравнения» разделен на две части: уравнения «связи макро- и микропараметров» и «определяющие формулы». Первые три уравнения связи и следующая из них формула для расчета массы тела по известной молярной массе вещества применимы для веществ в любом агрегатном состоянии, остальные — описывают идеальный газ, формула для средней кинетической энергии справедлива для одноатомного идеального газа.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Сколько атомов водорода содержится в 0,1 кг метана CH_4 ? Молярная масса метана $M = 0,016 \text{ кг/моль}$

- 1) $\approx 3,76 \cdot 10^{24}$ 2) $\approx 2,4 \cdot 10^{23}$ 3) $\approx 4,7 \cdot 10^{24}$ 4) $\approx 1,9 \cdot 10^{25}$

A2. Кислород находится при температуре $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Молярная масса кислорода $0,032\text{ кг/моль}$. Средняя квадратичная скорость его молекул равна:

- 1) 483 м/с 2) 242 м/с 3) 610 м/с 4) 820 м/с

A3. Как изменится давление газа, если концентрация его молекул увеличится в 3 раза, а среднеквадратичная скорость молекул уменьшится в 3 раза:

- 1) увеличится в 3 раза 3) уменьшится в 9 раз
2) увеличится в 9 раз 4) уменьшится в 3 раза

A4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекулы идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 3 раза:

- 1) увеличится в 3 раза 3) не изменится;
2) увеличится в 9 раз 4) уменьшится в 3 раза

A5. Чему равна концентрация молекул идеального газа при давлении 100 кПа и температуре 725 К :

- 1) 10^{24} м^{-3} 2) $5 \cdot 10^{24}\text{ м}^{-3}$ 3) 10^{25} м^{-3} 4) 10^{26} м^{-3}

В а р и а н т 2

A1. В сосуде находится углекислый газ CO_2 массой $m = 88\text{ г}$. Определите, сколько атомов кислорода содержится в сосуде. Молярная масса CO_2 равна $0,044\text{ кг/моль}$

- 1) $12 \cdot 10^{23}$ 2) $2,4 \cdot 10^{24}$ 3) $3 \cdot 10^{24}$ 4) $1,2 \cdot 10^{25}$

A2. Определите кинетическую энергию молекулы кислорода, которая движется со среднеквадратичной скоростью при температуре $27\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- 1) $6 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$ 3) $6 \cdot 10^{-23}\text{ Дж}$
2) $3 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$ 4) $3 \cdot 10^{-24}\text{ Дж}$

A3. Как изменится давление идеального газа, если концентрация его молекул уменьшится в 3 раза, а среднеквадратичная скорость молекул возрастет в 3 раза:

- 1) увеличится в 3 раза 3) уменьшится в 3 раза
2) увеличится в 9 раз 4) не изменится

A4. Считая воздух идеальным газом, состоящим из одинаковых молекул, рассчитайте среднеквадратичную скорость молекул воздуха при нормальных условиях, если плотность воздуха $\rho = 1,3\text{ кг/м}^3$:

- 1) 100 м/с 2) 280 м/с 3) 350 м/с 4) 500 м/с

A5. Чему равна абсолютная температура идеального газа при давлении 200 кПа и концентрации молекул $2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$?

- 1) 410 К 2) 550 К 3) 725 К 4) 875 К

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 4; A2 — 1; A3 — 4; A4 — 1; A5 — 3.

Вариант 2: A1 — 2; A2 — 1; A3 — 1; A4 — 2; A5 — 3.



Тренировка к решению задач базового уровня

1. Решите задачи первого варианта.
2. Свѣрьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно.

3. Выполните работу над ошибками.

4. Выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Алюминиевая отливка имеет массу 5,4 кг.

1) Найдите макропараметры, описывающие отливку и ее вещество: объем, молярную массу, количество вещества, число молекул, концентрацию молекул.

2) Найдите микропараметры, описывающие частицы, из которых состоит отливка: среднее расстояние между атомами, размер атома.

II. В баллоне вместимостью 5 м³ находится гелий при нормальных условиях.

1) Найдите параметры, описывающие атомы гелия: относительную молекулярную массу, среднюю кинетическую энергию, среднеквадратичную скорость.

2) Найдите макропараметры газа: массу, молярную массу, количество вещества, число молекул, концентрацию молекул, давление.

3) Во сколько раз изменится давление гелия при понижении температуры в 2 раза?

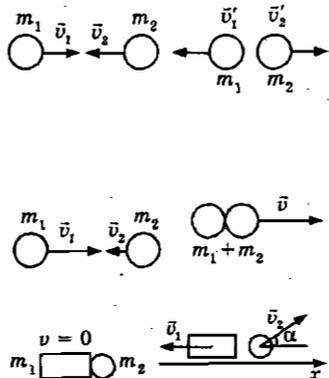
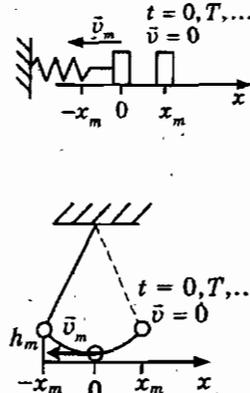
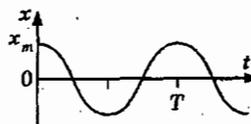
4) Во сколько раз изменится среднеквадратичная скорость атомов при увеличении давления в 4 раза?

Вариант 2

I. Железная деталь имеет объем $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.

1) Найдите макропараметры детали и ее вещество: массу, молярную массу, количество вещества, число молекул, концентрацию молекул.

2) Найдите микропараметры молекул железа: среднее расстояние между молекулами, размер молекул.

Явление	Графическая модель	Законы
<p>2. Движение тел, образующих замкнутую систему</p> <ul style="list-style-type: none"> • при абсолютно упругом ударе • при абсолютно неупругом ударе • в случае реактивного движения 		$m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = m_1 \bar{v}'_1 + m_2 \bar{v}'_2$ $E_{к1} + E_{к2} = E'_{к1} + E'_{к2}$ $m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = (m_1 + m_2) \bar{v}$ $E_{к1} + E_{к2} = E'_{к1} + E'_{к2} + \Delta U$ $0 = m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}$ $v_{2x} = v_2 \cos \alpha$
<p>3. Колебания пружинного и математического маятников:</p> <ul style="list-style-type: none"> • свободные 		<p style="text-align: center;">Гармонические колебания</p> $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}$ $\frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2};$ $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad \frac{mv_m^2}{2} = mgh_m$ $mgh + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2}$ $x = x_m \cos \omega t$  $\omega = \frac{2\pi}{T},$ $v = -v_m \sin \omega t$ $v_m = \omega x_m$ $a = a_m \sin \omega t, \quad a_m = -\omega^2 x_m$

Явление	Графическая модель	Законы	
<ul style="list-style-type: none"> • вынужденные 		$F = F_m \cos \omega t; \quad v = v_p$	
<p>4. Равновесие тела</p> <ul style="list-style-type: none"> • без вращения • с закрепленной осью вращения 		$\vec{R} = 0, \quad \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_{\text{упр}} + \dots$ $F_{\text{упр}} = kx, \quad F_{\text{тр}} = \mu N$ $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}}$ $M_{\text{по}} = M_{\text{против}}$ $M = Fd$	

II. В баллоне находятся 2 моль аргона при нормальных условиях.

1) Найдите параметры, описывающие атомы аргона: относительную молекулярную массу, среднюю кинетическую энергию, среднеквадратичную скорость.

2) Найдите макропараметры газа: объем, молярную массу, массу, число молекул, концентрацию молекул, давление.

3) Как и во сколько раз изменится давление аргона при повышении температуры в 2 раза?

4) Как и во сколько раз изменится средняя кинетическая энергия атомов при увеличении давления в 2 раза?

Ответы к тренировочной работе

Задание	I		II			
	1	2	1	2	3	4
Вариант 1	$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 0,027 кг/моль; 200 моль; $12 \cdot 10^{25}$; $6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$ мм	4 а.е.м; $5,65 \cdot 10^{-21}$ Дж; $1,3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$	0,9 кг; 0,004 кг/моль; 225 моль; $1,35 \cdot 10^{26}$; $2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; $1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Уменьшится в 2 раза	Увеличится в 2 раза
Вариант 2	3,9 кг; 0,056 кг/моль; 70 моль; $2,1 \cdot 10^{25}$; $8,4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-1}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$ мм	2 а.е.м ($3,3 \cdot 10^{-27}$ кг); $5,65 \cdot 10^{-21}$ Дж; $1,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$	44,8 л; 0,040 кг/моль; 80 г; $12 \cdot 10^{23}$; $2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; 10^5 Па	Увеличится в 2 раза	Увеличится в 2 раза



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.

2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Газовые законы»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
2.1.10 Уравнение Клапейрона—Менделеева	Определение понятий: «идеальный газ», «изотермический процесс», «изобарный процесс», «изохорный
2.1.11 Изопроцессы	

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
	<p>процесс»; графическая модель изменения состояния идеального газа; (уравнение Клапейрона—Менделеева): уравнение состояния идеального газа, уравнение связи внутренней энергии и температуры одноатомного газа, формулировки законов Бойля-Люссака, Шарля, графики изопроцессов в (pV), (pT), (VT) — координатах</p>

Урок 14

ТЕМА: Газовые законы, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о газовых законах;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о газовых законах для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Газовые законы»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Газовые законы»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по теме «Газовые законы»	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по теме «Газовые законы»	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Газовые законы, базовый уровень

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{— уравнение Клапейрона-Менделеева}$$

Состояние 1		Состояние 2	
p_1, V_1, T_1, m_1		p_2, V_2, T_2, m_2	
$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ если } m_1 = m_2$			
$pV = const,$ если $T = const$	$\frac{p}{T} = const,$ если $V = const$	$\frac{V}{T} = const,$ если $p = const$	

ХОД УРОКА:



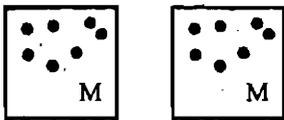
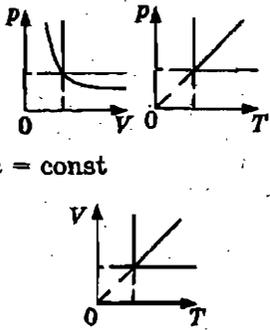
Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Газовые законы»

Явление	Графическая модель	Законы
Расширение (сжатие), нагревание (охлаждение) идеального газа	 m_1, V_1, T_1, p_1 m_2, V_2, T_2, p_2	$pV = \frac{m}{M} RT$ $U = \frac{3}{2} \nu RT$ (одноатомный), где $R = 8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$  $m = \text{const}$

В таблице описано явление расширения-сжатия, нагревания-охлаждения идеального газа. Приведена графическая модель двух состояний газа, обозначены характеристики газа в первом (начальном) и втором (конечном) состояниях.

В столбце «Законы» выписаны уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева) и уравнение связи внутренней энергии и температуры идеального одноатомного газа. Изображены p - V , p - T , V - T диаграммы, иллюстрирующие законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Чему равно давление 2 молей гелия при температуре 300 К, если его объем равен $16,62 \text{ м}^3$?

- 1) 120 Па 2) 800 Па 3) 1,2 кПа 4) 2,4 кПа

A2. Чему равен наименьший объем баллона, в который нужно поместить 6,4 кг кислорода, если стенки баллона выдерживают давление $1,57 \cdot 10^6 \text{ Па}$ при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$?

- 1) $0,02 \text{ м}^3$ 2) $0,03 \text{ м}^3$ 3) $0,18 \text{ м}^3$ 4) $0,31 \text{ м}^3$

A3. На графике (рис.) представлена зависимость давления некоторой массы идеального газа от температуры. Какая точка графика соответствует максимальному значению объема газа?

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

A4. Чему равна плотность кислорода при нормальных условиях? Молярная масса кислорода $0,032 \text{ кг/моль}$.

- 1) $0,92 \text{ кг/м}^3$ 2) $1,41 \text{ кг/м}^3$ 3) $2,8 \text{ кг/м}^3$ 4) $5,4 \text{ кг/м}^3$

A5. Как изменится объем 1 моля идеального газа при его изобарном охлаждении от 600 К до 300 К?

- 1) уменьшится в 4 раза 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 2 раза 4) не изменится

Вариант 2

A1. Какой объем занимает идеальный газ в количестве 3 моль, если его давление равно 1,8 кПа при температуре 300 К?

- 1) $8,31 \text{ м}^3$ 2) $4,15 \text{ м}^3$ 3) $2,11 \text{ м}^3$ 4) $0,8 \text{ м}^3$

A2. До какой максимальной температуры можно нагреть баллон с газом, рассчитанный на предельное давление 15 МПа, если при температуре 300 К давление газа в баллоне равно 12,5 МПа?

- 1) 360 К 2) 400 К 3) 450 К 4) 600 К

A3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся азот N_2 и углекислый газ CO_2 . Какой из газов оказывает большее давление на стенки баллона и во сколько раз? Молярная масса азота 28 г/моль, углекислого газа 44 г/моль.

- 1) углекислый газ больше в 1,57 раза
- 2) азот больше в 1,57 раза
- 3) углекислый газ больше в 3,2 раза
- 4) азот больше в 3,1 раза

A4. Чему равна плотность гелия при нормальных условиях? Молярная масса гелия 0,004 кг/моль.

- 1) 0,176 кг/моль
- 2) 0,352 кг/моль
- 3) 1 кг/моль
- 4) 1,5 кг/моль

A5. Как изменится давление 2 молей идеального газа при изохорном увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 4 раза

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 4; A3 — 4; A4 — 2; A5 — 3.

Вариант 2: A1 — 2; A2 — 1; A3 — 2; A4 — 1; A5 — 2.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

В сосуде вместимостью 1 л под невесомым поршнем находится гелий при температуре 300 К. Атмосферное давление 10^5 Па.

- 1) Найдите массу гелия.
- 2) Постройте точку, соответствующую состоянию гелия на координатной плоскости p-V.
- 3) Проведите через построенную точку изотерму, изохору и изобару.
- 4) Найдите внутреннюю энергию гелия.
- 5) Как и во сколько раз изменится давление гелия при уменьшении объема в 2 раза?

Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»

6) Сколько гелия выйдет через клапан в поршне при уменьшении объема в 2 раза?

Вариант 2

В сосуде вместимостью 1 м^3 находится 100 моль аргона при температуре 300 К.

- 1) Найдите массу аргона и его давление.
- 2) Постройте точку, соответствующую состоянию аргона на координатной плоскости p - V .
- 3) Проведите через построенную точку изотерму, изохору и изобару.
- 4) Найдите внутреннюю энергию аргона.
- 5) Как и во сколько раз изменится давление аргона при увеличении температуры в 2 раза?
- 6) Сколько аргона выйдет через клапан в стенке сосуда при увеличении температуры в 2 раза?

Ответы к тренировочной работе

Вариант 1					
1	2	3	4	5	6
0,16 г			0,15 Дж	Увеличится в 2 раза	$\frac{m}{2}$

Вариант 2					
1	2	3	4	5	6
40 кг; $2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$			$3,75 \cdot 10^5 \text{ Дж}$	Увеличится в 2 раза	$\frac{m}{2}$



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Насыщенные и ненасыщенные пары»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
2.1.12 Насыщенные и ненасыщенные пары	Определение понятий «испарение жидкости», «конденсация пара», «динамическое равновесие жидкости и пара»; «насыщенный пар», «ненасыщенный пар», «кипение жидкости», «температура кипения»; графические модели динамического равновесия жидкости и пара, кипения; формулировки зависимостей скорости испарения от температуры, площади и обдува поверхности; давления насыщенного пара от температуры и объема; температуры кипения от внешнего давления
2.1.13 Влажность воздуха	Определение понятий «влажность воздуха (абсолютная и относительная)», «парциальное давление», «точка росы»; определительная формула относительной влажности воздуха; способы измерения влажности воздуха

Урок 15

ТЕМА: Насыщенные и ненасыщенные пары, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о насыщенных и ненасыщенных парах;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о насыщенных и ненасыщенных парах для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме Насыщенные и ненасыщенные пары»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме Насыщенные и ненасыщенные пары»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по видам сил в механике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по видам сил в механике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Насыщенные и ненасыщенные пары, базовый уровень	
<p>Испарение — конденсация</p> <p>пар насыщенный пар ненасыщенный</p> <p>охлаждение до t_p</p>	<p>Влажность воздуха</p> <p>— абсолютная ρ или p (парциальное давление)</p> <p>— относительная</p> $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\%$ <p>или $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$</p>

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Насыщенные и ненасыщенные пары»

Объект или явление	Графическая модель	Законы
Ненасыщенный пар		$pV = \nu RT$ $(p = nkT)$
Насыщенный пар	$p_{\text{нп}} = p_{\text{мах}}$ $\rho_{\text{нп}} = \rho_{\text{мах}}$ $m_{\text{нп}} \neq \text{const}$	$p_{\text{нп}}(t), \rho_{\text{нп}}(t)$ — справочная таблица
Кипение жидкости		$p_{\text{нп}} = p_a$ $p_a \uparrow \rightarrow t_{\text{к}} \uparrow$

Объект или явление	Графическая модель	Законы
Испарение воды и конденсация водяных паров в атмосфере		$\varphi = \frac{p}{p_{нп}} \cdot 100\%$ $\varphi = \frac{p}{p_{нп}} \cdot 100\%$ $p_{нп}, \rho_{нп}(t) \text{ — справочная таблица}$

В теме «Насыщенные и ненасыщенные пары» изучались явления парообразования и конденсации пара, свойства паров.

Первая строка таблицы иллюстрирует тот факт, что ненасыщенный пар можно описывать теми же законами, что и идеальный газ.

Во второй строке приведена модель насыщенного пара над жидкостью в закрытом сосуде. Модель дополнена пояснениями о том, что, во-первых, давление (плотность) насыщенного пара есть максимальное давление (плотность) при данной температуре, во-вторых, масса насыщенного пара при нагревании — охлаждении, расширении — сжатии изменяется. Свойства насыщенных паров описаны в виде графиков зависимости давления от температуры и от объема.

В третьей строке описано кипение жидкости, приведено условие кипения и поясняющая его графическая модель.

В четвертой строке описаны явления испарения воды и конденсации водяного пара в атмосфере, выписаны определяющие формулы относительной влажности воздуха и изображены модели ненасыщенных и насыщенных водяных паров, поясняющие смысл обозначений в этих формулах.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...» и справочные таблицы (см. таблицы в конце проверочной работы).

Вариант 1

A1. Относительную влажность воздуха рассчитывают по формуле:

$$1) \rho = m/V \quad 2) \rho = pm \quad 3) p = nkT \quad 4) \varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

A2. Найти относительную влажность воздуха при температуре 20 °С, если при температуре 10 °С выпадает роса (точка росы 10 °С).

- 1) 35% 2) 53% 3) 60 % 4) 100%

A3. Плотность водяного пара в воздухе равна 10 г/м³. При какой температуре этот пар станет насыщенным?

- 1) 30 °С 2) 22 °С 3) 11 °С 4) 6 °С

A4. В цилиндре под поршнем находится водяной пар массой 0,4 г при температуре 25 °С. Пар изотермически сжимают. При каком объеме сосуда начнется конденсация пара?

- 1) 17,4 л 2) 17,4 м³ 3) 35 л 4) 35 м³

A5. Сухой термометр психрометра показывает температуру 16 °С, а влажный термометр показывает температуру 8 °С. Чему равны относительная влажность воздуха ϕ , парциальное давление p и плотность водяного пара ρ ?

1) $\phi = 30 \%$; $p = 5,43 \text{ Па}$, $\rho = 4,08 \text{ г/м}^3$

2) $\phi = 30 \%$; $p = 362 \text{ Па}$; $\rho = 2,72 \text{ г/м}^3$

3) $\phi = 30 \%$; $p = 318 \text{ Па}$, $\rho = 2,5 \text{ г/м}^3$

4) $\phi = 10 \%$; $p = 180 \text{ Па}$, $\rho = 1,36 \text{ г/м}^3$

Вариант 2

A1. Парциальное давление водяного пара в воздухе 1,23 кПа. При какой температуре этот пар станет насыщенным?

- 1) 5 °С 2) 10 °С 3) 15 °С 4) 20 °С

A2. По какой из приведенных ниже формул рассчитывается относительная влажность воздуха?

1) $pV = \nu RT$ 2) $p = nkT$ 3) $\phi = \frac{p}{p_{\text{на}}} \cdot 100\%$ 4) $\rho = m/V$

A3. В цилиндре под поршнем находится водяной пар массой 0,3 г при температуре 27 °С. Пар изотермически сжимают. При каком объеме сосуда начнет выпадать роса?

- 1) 17,4 л 2) 17,4 м³ 3) 8,7 л 4) 8,7 м³

A4. Влажный термометр психрометра показывает температуру 11 °С, а сухой — температуру 20 °С. Найти относительную влажность воздуха ϕ , парциальное давление p и плотность ρ водяного пара.

1) $\phi = 30 \%$; $p = 399 \text{ Па}$; $\rho = 3 \text{ г/м}^3$

2) $\phi = 30 \%$; $p = 699 \text{ Па}$; $\rho = 5,19 \text{ г/м}^3$

Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»

3) $\varphi = 50\%$; $p = 1,165$ кПа; $\rho = 8,65$ г/м³

4) $\varphi = 60\%$; $p = 798$ Па; $\rho = 6$ г/м³

А5. Чему равна относительная влажность воздуха при температуре 18 °С, если точка росы равна 9 °С?

1) 100 % 2) 91 % 3) 75 % 4) 56 %

Справочные таблицы к проверочной работе.

1. Зависимость давления p и плотности ρ насыщенного водяного пара от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$
-5	0,40	3,2	11	1,33	10,0
0	0,61	4,3	12	1,40	10,7
1	0,65	5,2	13	1,49	11,4
2	0,71	5,6	14	1,60	12,1
3	0,76	6,0	15	1,71	12,8
4	0,81	6,4	16	1,81	13,6
5	0,88	6,8	17	1,93	14,5
6	0,93	7,3	18	2,07	15,4
7	1,0	7,8	19	2,20	16,3
8	1,06	8,3	20	2,33	17,3
9	1,14	8,8	25	3,17	23,0
10	1,23	9,4	50	12,3	83,0

2. Психрометрическая таблица

Показания сухого тер- мометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: А1 — 4; А2 — 2; А3 — 3; А4 — 1; А5 — 1.

Вариант 2: А1 — 2; А2 — 3; А3 — 1; А4 — 2; А5 — 4.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по Кодификатору: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. В закрытом сосуде вместимостью 2 л находятся пары воды массой 50 мг при температуре 10 °С.

- 1) Определите плотность пара.
- 2) Установите, является ли пар насыщенным.
- 3) Установите, будет ли пар насыщенным при 30 °С.
- 4) Рассчитайте массу воды, которая конденсируется в сосуде при понижении температуры до 4 °С.
- 5) Как изменится давление пара, если объем уменьшить вдвое при температуре 10 °С?

II. Влажность воздуха 60 % при температуре 16 °С.

- 1) Какова плотность насыщенного пара при этой температуре?
- 2) Какова плотность паров воды в атмосфере?
- 3) При какой температуре выпадет роса?

Вариант 2

I. В сосуд вместимостью 3 л наливают 30 мг воды и герметично закрывают поршнем.

- 1) Испарится ли вся вода при температуре 10 °С?
- 2) При какой температуре вода испарится полностью?
- 3) Как изменится давление пара при температуре 10 °С, если вместимость сосуда уменьшить вдвое?

II. Влажность воздуха 40 % при температуре 25 °С.

- 1) Какова плотность насыщенного пара при этой температуре?
- 2) Какова плотность паров воды в атмосфере?
- 3) При какой температуре выпадет роса?

Ответы к тренировочной работе

Задание	I				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	$25 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	Да	Нет	$\approx 31 \text{ мГ}$	Не изменится
Вариант 2	Нет	$11 \text{ }^\circ\text{C}$	Не изменится	-	-

Задание	II		
	1	2	3
Вариант 1	$13,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	$8,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	Около $8 \text{ }^\circ\text{C}$
Вариант 2	23 г/м^3	$9,2 \text{ г/м}^3$	Около $10 \text{ }^\circ\text{C}$



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме
«Агрегатные превращения вещества»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
2.2.1 Внутренняя энергия 2.2.2 Тепловое равновесие 2.2.3 Теплопередача	Определение понятий «тепловое равновесие», «внутренняя энергия тела», «теплопередача»; способы изменения внутренней энергии тела
2.2.4 Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества	Определение понятий «количество теплоты», «удельная теплоемкость вещества»; формула для расчета количества теплоты, полученного телом при нагревании или отданного при охлаждении; уравнение теплового баланса
2.1.14 Испарение и конденсация 2.1.15 Кипение жидкости	Определение понятий «испарение», «конденсация», «удельная теплота парообразования», «кипение жидкости», «температура кипения»; формула для расчета изменения внутренней энергии при испарении и конденсации; графическая модель испарения — конденсации

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
2.1.16 Плавление и кристаллизация	Определение понятий «плавление», «кристаллизация», «удельная теплота плавления», температура плавления»; формула изменения внутренней энергии при плавлении и кристаллизации; графическая модель плавления — кристаллизации; график изменения температуры тела при агрегатных превращениях

Урок 16

ТЕМА: Агрегатные превращения вещества, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания об агрегатных превращениях вещества;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний об агрегатных превращениях вещества для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Агрегатные состояния вещества»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Агрегатные превращения вещества»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний об агрегатных превращениях вещества	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний об агрегатных превращениях вещества	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:



ХОД УРОКА:**Актуализация знаний**

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

В теме изучались тепловые явления: нагревание (охлаждение), плавление (кристаллизация), парообразование (конденсация). В задачах по этой теме, как правило, описаны ситуации двух типов: 1) тепловые явления при теплопередаче и совершении механической работы (без описания изменений воздействующих тел); 2) тепловые явления при теплопередаче между телами теплоизолированной системы.

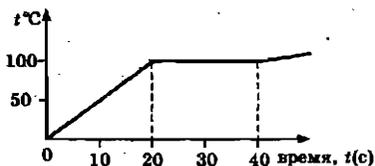
В первой строке представлены опорные знания для нагревания или охлаждения, изменения агрегатного состояния тел при теплопередаче и совершении механической работы. Модель и уравнения описывают ту же последовательность процессов, что и график $t^\circ(\tau)$ на доске: нагревание твердого тела, плавление, нагревание жидкости, кипение и обратный процесс: конденсация пара, охлаждение жидкости, кристаллизация, охлаждение твердого тела. Для каждого процесса изображены начальное и конечное состояния, обозначены характеристики вещества и характеристики процесса (Q , A).

Уравнения, описывающие названные процессы записаны для изменения внутренней энергии (ΔU), а не для количества теплоты (Q), как это принято в учебниках. Этим подчеркнута, что изменение внутренней энергии может происходить как при теплопередаче, так и при совершении механической работы: $\Delta U = \eta \cdot (Q + A)$.

Во второй строке представлены опорные знания для решения задач на теплообмен. Условно показан процесс теплообмена в теплоизолированной системе: температуры взаимодействующих тел выравниваются, а их внутренние энергии изменяются на ΔU_1 и ΔU_2 соответственно. Записано уравнение теплового баланса $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ и дополнительные к нему уравнения для тепловых явлений.

Вариант 2

A1. На рис. представлена зависимость температуры образца вещества от времени. К нагреваемому образцу массой 2 кг за 1 секунду подводится количество теплоты 6 кДж. Удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии равна



- 1) $300 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ 2) $600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ 3) $1,2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ 4) $3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

A2. Как изменяется температура жидкости от начала кипения до ее полного выкипания?

- 1) повышается
2) понижается
3) остается неизменной
4) у одних жидкостей повышается, у других — понижается

A3. Как отличается внутренняя энергия 2,5 кг льда при температуре 0 °C от внутренней энергии 2,5 кг воды при этой же температуре? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334$ кДж/кг.

- 1) энергия льда больше на 334 кДж
2) энергия льда меньше на 668 кДж
3) энергия льда больше на 835 кДж
4) энергия льда меньше на 835 кДж

A4. Какая температура установится в сосуде, если смешать 1 л воды, взятой при 10 °C, и 0,5 л воды, взятой при температуре 100 °C? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·К. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

- 1) 40 °C 2) 50 °C 3) 60 °C 4) 70 °C

A5. В куске льда массой 0,3 кг при температуре 0 °C сделали углубление, в которое налили расплавленный свинец, имеющий температуру 337 °C. Какова была масса свинца, если он остыл до температуры 0 °C и при этом расплавил весь лед? Температура плавления свинца 337 °C, удельная теплота плавления свинца равна 25 кДж/кг, удельная теплоемкость свинца $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$,

удельная теплота плавления льда равна $3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг.

- 1) 1,1 кг 2) 1,4 кг 3) 1,9 кг 4) 2,3 кг

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: А1 — 3; А2 — 2; А3 — 4; А4 — 1; А5 — 2.

Вариант 2: А1 — 2; А2 — 3; А3 — 4; А4 — 3; А5 — 2.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Два тела из разных веществ получают энергию от нагревателей одинаковой мощности с одинаковым КПД. Графики изменения температуры от времени представлены на рисунке.

1) Какому процессу соответствует участок BC? С каким веществом происходит процесс?

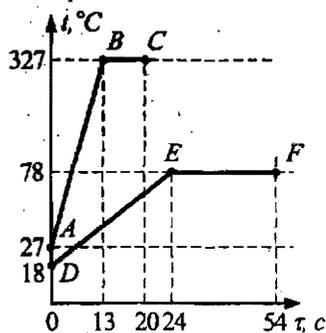
2) Какому процессу соответствует участок EF? С каким веществом происходит процесс?

3) Каково изменение внутренней энергии первого тела массой 100 г на участке AB?

4) Найдите мощность нагревателя, если КПД равен 25%.

5) Найдите массу второго тела.

6) Найдите массу вещества в новом агрегатном состоянии для точек С и F.



II. В воду массой 2 кг при температуре 17 °С опустили медное тело массой 0,3 кг и температурой 200 °С.

1) Найдите установившуюся температуру.

2) Каково изменение внутренней энергии воды?

3) Каково изменение внутренней энергии медного тела?

Вариант 2

I. Два тела из разных веществ получают энергию от нагревателей одинаковой мощности с одинаковым КПД. Графики изменения температуры от времени представлены на рисунке.

1) Какому процессу соответствует участок BC? С каким веществом происходит процесс?

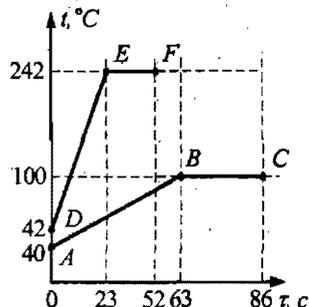
2) Какому процессу соответствует участок EF? С каким веществом происходит процесс?

3) Каково изменение внутренней энергии тела 1 массой 50 г на участке AB?

4) Найдите КПД нагревателя, если его мощность 1 000 Вт.

5) Найдите массу второго тела.

6) Найдите массу вещества в новом агрегатном состоянии для точек C и F.



II. В воду массой 3 кг при температуре 100 °С опустили железное тело массой 0,5 кг и температурой -10 °С.

1) Найдите установившуюся температуру.

2) Каково изменение внутренней энергии воды?

3) Каково изменение внутренней энергии железного тела?

Ответы к тренировочной работе

Задание	Вариант 1	Вариант 2	
I	1	Плавление свинца	Кипение воды
	2	Кипение спирта	Плавление олова
	3	3900 Дж	12,6 кДж
	4	1200 Вт	20%
	5	50 г	100 г
	6	84 г; 10 г	2 г; 100 г
II	1	19,5 °С	94,3 °С
	2	21 кДж	-24 кДж
	3	-21 кДж	24 кДж



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Термодинамика идеального газа»**

Проверяемые элементы содержания по «Кодификатору»	Теоретический материал, который нужно повторить
2.2.1 Внутренняя энергия	Определение понятий «внутренняя энергия тела», «изменение внутренней энергии»
2.2.5 Работа в термодинамике	Определение понятий «работа газа в термодинамике», «изопрцессы (изотермический, изохорный, изобарный)», «теплоизолированная система», формула для расчета работы в изобарном процессе, геометрическая интерпретация работы в термодинамике для произвольного процесса (на диаграмме процесса в осях «давление — объем»)
2.2.6 Первый закон термодинамики	Определение понятий «адиабатный процесс»; формулировка и уравнение первого закона термодинамики в общем виде и для изопрцессов
2.2.7 Второй закон термодинамики	Определение понятий «обратимый процесс», «необратимый процесс», «циклический процесс»; формулировка второго закона термодинамики и его статистическое истолкование
2.2.8 КПД тепловой машины	Определение понятий «тепловой двигатель», «нагреватель», «рабочее тело», «холодильник», «КПД теплового двигателя», «идеальный тепловой двигатель», «цикл Карно»; графическая модель и принцип действия теплового двигателя; определительная формула КПД теплового двигателя; формула для расчета КПД идеального теплового двигателя

Урок 17

ТЕМА: Термодинамика идеального газа, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по термодинамике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по термодинамике для выполнения заданий базового уровня.

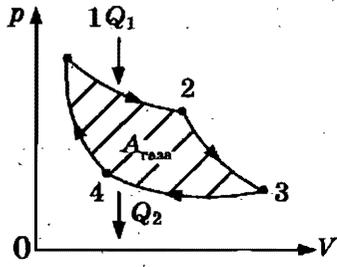
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Термодинамика идеального газа»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме Термодинамика идеального газа»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по термодинамике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по термодинамике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Термодинамика идеального газа, базовый уровень	
Первый закон термодинамики	Тепловые двигатели
$\Delta U = Q + A_{\text{внеш}}$ или $\Delta U = Q - A_{\text{газа}}$ Дополнительные к нему уравнения: $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ (одноатомный газ) $Q = c m \Delta T \left(c \begin{cases} < c_p \\ < c_v \end{cases} \right)$ $A_{\text{газа}} = p \Delta V$ (изобарный процесс) $pV = \nu RT$ (уравнение состояния)	 $\eta = \frac{A_{\text{газа}}}{ Q_1 }$ $A_{\text{газа}} = Q_1 - Q_2 $ $\eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

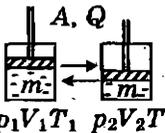
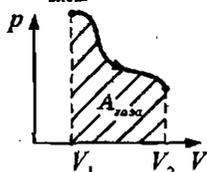
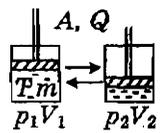
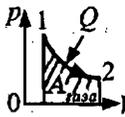
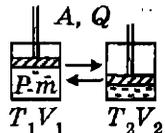
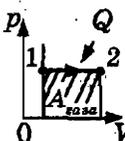
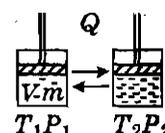
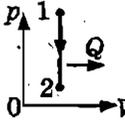
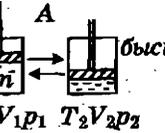
Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний представлена в двух таблицах: «Применение первого начала термодинамики» и «Тепловые двигатели».

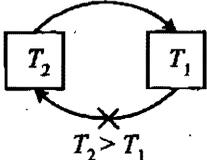
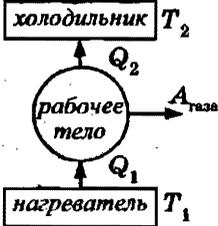
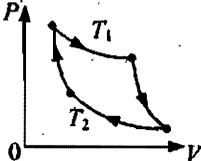
В первой таблице описано явление, которому соответствуют ситуации задач на первый закон термодинамики: нагревание (охлаждение) и/или расширение (сжатие) идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы.

Система знаний по теме «Термодинамика идеального газа»

Применение первого закона термодинамики

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Нагревание (охлаждение) и/или расширение (сжатие) идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы в изопроцессах:</p>	 <p>$p_1 V_1 T_1 \quad p_2 V_2 T_2$</p>	<p>$\Delta U = Q - A_{\text{газа}}$</p> <p>$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ (одноатомный)</p> <p>$A_{\text{газа}} = -A_{\text{внеш}}$</p>  <p>$pV = \nu RT$</p>
<p>• изотермическом</p>	 <p>$p_1 V_1 \quad p_2 V_2$</p>	<p>$Q = A_{\text{газа}}$ ($\Delta U = 0$)</p> 
<p>• изобарном</p>	 <p>$T_1 V_1 \quad T_2 V_2$</p>	<p>$\Delta U = Q - p(V_2 - V_1)$</p> <p>$p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1)$</p> 
<p>• изохорном</p>	 <p>$T_1 p_1 \quad T_2 p_2$</p>	<p>$\Delta U = Q$ ($A_{\text{газа}} = 0$)</p> 
<p>• адиабатном</p>	 <p>$T_1 V_1 p_1 \quad T_2 V_2 p_2$ быстро</p>	<p>$\Delta U = -A_{\text{газа}}$ ($Q = 0$)</p>

Тепловые двигатели

Явление	Графическая модель	Законы
Теплопередача		—
Изменение состояния идеального газа по замкнутому циклу		$\eta = \frac{A_{\text{газа}}}{ Q_1 },$ $A_{\text{газа}} = Q_1 - Q_2 $ $\eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 

В столбце «Графическая модель» приведена модель названного явления для общего случая и ее разновидности в изопроцессах. На каждой модели изображены начальное и конечное состояния газа в сосуде с плотно подогнанным поршнем. На рисунках внутри сосуда обозначены характеристики газа, которые не меняются в ходе того или иного процесса, а под сосудом — переменные величины.

В столбце «Законы» выписаны первый закон термодинамики, дополнительные к нему уравнения связи основных характеристик состояния газа (p , V , T , U) и уравнения — следствия первого закона термодинамики для изопроцессов. Приведены также pV -диаграммы различных процессов, иллюстрирующие причины изменения состояния идеального газа в этих процессах.

Во второй таблице систематизированы знания, необходимые для решения задач на расчет тепловых двигателей. Представлены соответствующие модели, уравнения и график (цикл Карно).

Модель теплопередачи показывает, что согласно второму закону термодинамики невозможен самопроизвольный переход энергии от холодильника к нагревателю.

Модель двигателя включает три основных элемента: нагреватель, рабочее тело, холодильник.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Чему равна внутренняя энергия 5 молей одноатомного идеального газа при 27°C ?

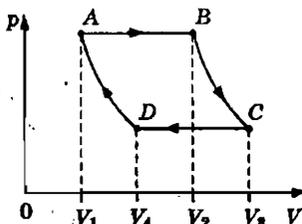
- 1) 935 Дж 2) 1,87 кДж 3) 1,25 кДж 4) 623 Дж

A2. Гелий, взятый при температуре $T_1 = 300\text{ K}$, изобарически сжали до объема в 3 раза меньше первоначального. При этом внешние силы совершили работу $A = 1\text{ кДж}$. Определите массу гелия в сосуде. Молярная масса гелия $0,004\text{ кг/моль}$.

- 1) 10 г 2) 16 г 3) 1,2 г 4) 2,4 г

A3. Представлен график циклического процесса, совершаемого над идеальным газом. Площадь какой из перечисленных ниже фигур равна работе газа при изотермическом сжатии?

- 1) $A - B - C - D$
 2) $A - B - C - V_3 - V_1$
 3) $B - C - V_3 - V_2$
 4) $A - D - V_4 - V_1$

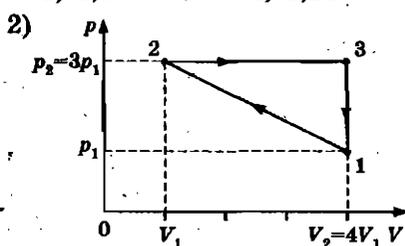
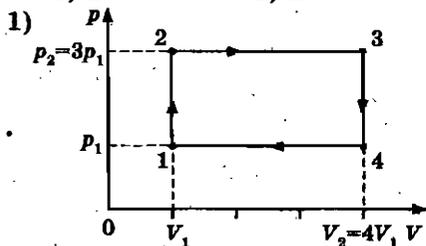


A4. Тепловой двигатель получает за цикл количество теплоты 200 Дж, а отдает холодильнику 80 Дж. Какую полезную работу совершает двигатель за один цикл? Чему равен его КПД?

- 1) 80 Дж, 50% 3) 80 Дж, 40%
 2) 120 Дж, 60% 4) 120 Дж, 30%

A5. Два двигателя работают по циклам, изображенным на рисунке. Чему равно отношение КПД второго двигателя к КПД первого двигателя η_2/η_1 , если двигатели за цикл получают от нагревателя одинаковое количество теплоты?

- 1) 2 2) 1 3) 0,5 4) 0,25



Вариант 2

А1. Чему равна внутренняя энергия 2 молей идеального одноатомного газа при температуре 17°C ?

- 1) 150 Дж 2) 200 Дж 3) 350 Дж 4) 75 Дж

А2. Одноатомному идеальному газу сообщили 500 Дж теплоты, и при этом он совершил работу 130 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) уменьшилась на 130 Дж 2) увеличилась на 630 Дж
3) увеличилась на 370 Дж 4) уменьшилась на 370 Дж

А3. 1 моль одноатомного идеального газа, расширяясь адиабатически, совершил работу 20 Дж. Изменение температуры газа в этом процессе равно:

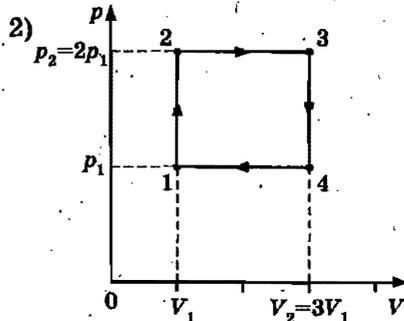
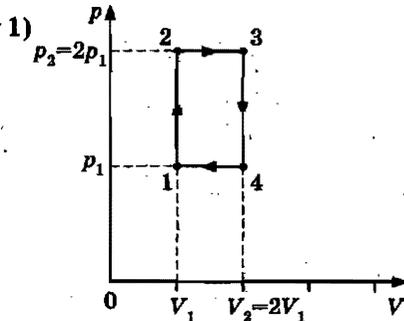
- 1) -16 К 2) 16 К 3) 0 К 4) -32 К

А4. При каком отношении температур нагревателя и холодильника T_1/T_2 КПД идеального теплового двигателя равен 20%?

- 1) 1,25 2) 1,45 3) 1,8 4) 2,0

А5. Два двигателя работают по циклам, изображенным на рис. Чему равно отношение КПД первого двигателя к КПД второго двигателя η_1/η_2 , если двигатели получают от нагревателя одинаковое количество теплоты за цикл?

- 1) 0,25 2) 0,5 3) 1 4) 2



Ответы к проверочной работе

Вариант 1: А1 — 2; А2 — 4; А3 — 4; А4 — 2; А5 — 3.

Вариант 2: А1 — 2; А2 — 3; А3 — 1; А4 — 1; А5 — 2.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) Выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

В а р и а н т 1

I. В сосуде вместимостью 1 л под поршнем находится 0,2 г гелия при температуре 20 °С.

- 1) Какую работу совершит гелий при его изобарном нагревании до 60 °С?
- 2) Какова работа внешних сил?
- 3) Каково изменение внутренней энергии гелия?
- 4) Составьте выражение и рассчитайте значение количества теплоты этого процесса.
- 5) Каким будет изменение внутренней энергии гелия при таком нагревании, если поршень жестко закреплен?
- 6) Составьте выражение и найдите значение количества теплоты при изохорном нагревании гелия.
- 7) Найдите работу гелия в тепловом процессе, график которого приведен на рисунке, если $Q = 5$ Дж.



II. Температура нагревателя тепловой машины 120 °С, а холодильника 30 °С.

- 1) Рассчитайте КПД идеальной машины.
- 2) Найдите полезную работу, совершаемую машиной при получении количества теплоты 60 кДж.
- 3) Каково количество теплоты, отданное при этом холодильнику?
- 4) Рассчитайте мощность тепловой машины, если работа совершается за 30 с.

Вариант 2.

I. В сосуде под поршнем находится 3 моль аргона при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1) Какую работу совершит аргон при его изобарном охлаждении до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$?

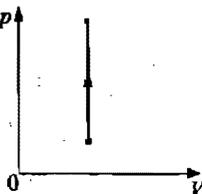
2) Какова работа внешних сил?

3) Каково изменение внутренней энергии аргона?

4) Составьте выражение и рассчитайте значение количества теплоты этого процесса.

5) Какую работу совершит аргон при сообщении ему такого же количества теплоты в изотермическом процессе?

6) Найдите изменение внутренней энергии аргона в тепловом процессе, изображенном на рисунке, если ему сообщено количество теплоты 2 кДж .



II. Температура нагревателя идеальной тепловой машины $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, а ее КПД 30%.

1) Найдите температуру холодильника.

2) Определите полезную работу, совершаемую машиной при получении количества теплоты 200 кДж .

3) Каково количество теплоты, отданное холодильнику?

4) Рассчитайте мощность тепловой машины, если работа совершается за 1 минуту.

Ответы к тренировочной работе

Задание	I						
	1	2	3	4	5	6	7
Вариант 1	1,7 Дж	-1,7 Дж	2,55 Дж	$(5/2)\nu R\Delta T$ 4,25 Дж	2,55 Дж	1,7 Дж	5 Дж
Вариант 2	-2,5 кДж	2,5 кДж	-3,75 кДж	$Q = \Delta U + A_r$ -6,25 кДж	6,25 кДж	2 кДж	-

Задание	II			
	1	2	3	4
Вариант 1	23%	13,8 кДж	46,2 кДж	460 Вт
Вариант 2	$2\text{ }^{\circ}\text{C}$	60 кДж	140 кДж	1 кВт



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений.

Урок 18

ТЕМА: Молекулярная физика и термодинамика, повышенный уровень части 1 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- систематизировать знания по разделу «Молекулярная физика и термодинамика»;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи на расчет величин, описывающих (а) изопроцессы; б) тепловые двигатели; в) агрегатные превращения вещества; г) теплообмен в теплоизолированной системе);
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня части 1 ЕГЭ по молекулярной физике и термодинамике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу Молекулярная физика и термодинамика»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, таблица «Методы решения графических задач по молекулярной физике и термодинамике»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

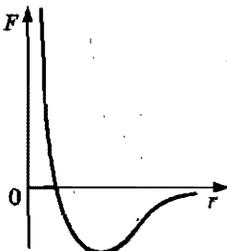
№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ по молекулярной физике и термодинамике	1
2	Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ	Фронтальная беседа, решение задач у доски	6
3	Систематизация знаний о тепловых явлениях	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний по разделу...»	10

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
4	Тренировка в решении задач на воспроизведение теоретического материала	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания тренировочной работы №1)	5
5	Тренировка в решении графических задач	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания тренировочной работы №2, таблица «Методы решения графических задач по молекулярной физике и термодинамике»)	10
6	Тренировка в решении расчетных задач	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания тренировочной работы №3), проверка решений у доски	10
7	Сообщение домашнего задания	—	2

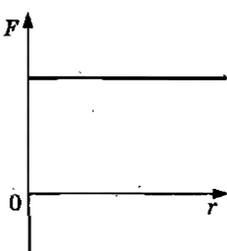
НА ДОСКЕ:

**Молекулярная физика и термодинамика,
повышенный уровень части 1 (4 мин., 1 балл)**

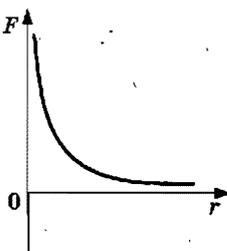
1) Задачи на воспроизведение теоретического материала



I



II

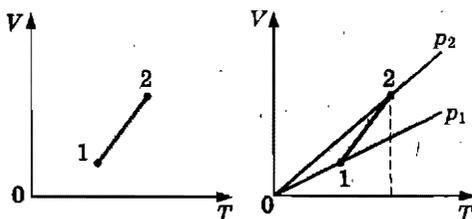


III

Верный ответ: I

Молекулярная физика и термодинамика,
повышенный уровень части 1 (4 мин., 1 балл)

2) Графические задачи



$T_1 = T_2, V_2 > V_1 \Rightarrow p_2 < p_1$
давление уменьшится

3) Расчетные задачи

Модель	Уравнения	Расчет
	$V = Nd^3$ $p = nkT \Rightarrow d^3 = \frac{kT}{p}$ $n = \frac{N}{V}$	$d = \sqrt[3]{\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,5 \cdot 10^{-10}}} \approx$ $\approx 0,3 \text{ (мм)}$

ХОД УРОКА:



Введение

Экзаменационная работа включает два задания повышенного уровня по молекулярной физике и термодинамике. Одно из них входит в часть 1 ЕГЭ и представляет собой задание с выбором ответа. На выполнение этого задания отводится в среднем 4 минуты, а верный ответ к нему оценивается в 1 балл.



Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ

В вариантах экзаменационных работ прошлых лет встречаются задания повышенного уровня по молекулярной физике и термодинамике трех видов:

1) вопросы на воспроизведение теоретического материала («тонких мест теории») и применение отдельных элементов знания;

Явление	Графическая модель	Закон
<p>3. Изменение агрегатного состояния, нагревания (охлаждение) тел</p>		<p> $\Delta U = \eta(Q + A)$ $Q = qm$ $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots$ $\Delta U_{\text{нагр}} = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_{\text{пла}} = \lambda m$ $\Delta U_{\text{ж}} = Lm$ $\Delta U = Q, \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots$ $\Delta U_{\text{охла}} = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_{\text{омб}} = -\lambda m, \Delta U_{\text{конд}} = -Lm$ </p>
<p>4. Теплообмен в теплоизолированной системе</p>		<p> $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,$ $\Delta U_{\text{нагр}} = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_{\text{охла}} = \pm Lm, \Delta U_{\text{пла}} = \pm \lambda m$ </p> <p> $U_1 + U_2 = U'_1 + U'_2$ $U = N\bar{E}_\kappa, p = \frac{2}{3}n\bar{E}_\kappa, \bar{E}_\kappa = \frac{m_0\bar{v}^2}{2}$ </p>

Эта таблица не содержит нового теоретического материала. В ней избранный материал предыдущих таблиц - систем знаний по темам представлен в виде более компактном и удобном для использования при выполнении заданий повышенного уровня.

Как правило, это задания на изменение состояния идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы (строка 1), тепловые двигатели (строка 2), агрегатные превращения вещества (строка 3) и теплообмен в теплоизолированной системе (строка 4).

Последняя строка дополнена моделью нагревания и охлаждения газов при теплопередаче между ними. Соответствующие задачи встречаются в заданиях высокого уровня. В столбце «Уравнения» записан закон сохранения внутренней энергии (уравнение теплового баланса) и уравнения связи макро- и микропараметров из таблицы-системы знаний по теме «Молекулярное строение вещества».



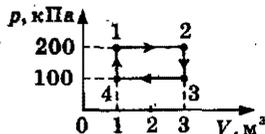
Тренировка в решении задач на воспроизведение теоретического материала и применение отдельных элементов знаний

Задачи этого вида по методу решения, как правило, не отличаются от заданий базового уровня. Для их выполнения важно иметь достаточный объем теоретических знаний о тепловых явлениях.

Ответьте на вопросы и решите задачи, используя общий метод решения задач базового уровня. Если возникают трудности, обращайтесь к тексту учебника или справочника.

В этом тренировочном задании 3-4 задачи учащиеся выполняют на уроке, остальные — дома.

1. Найдите работу газа за термодинамический цикл представленный на графике.



- 1) 200 Дж 3) 200 кДж
2) 300 кДж 4) 600 кДж

2. С точки зрения физики имеет смысл измерять температуру:

- 1) электрона 3) молекулы
2) атома 4) жидких, твердых и газообразных тел

3. Воздух в комнате состоит из смеси газов: кислорода, азота, углекислого газа, паров воды и др. Какие из физических параметров газов обязательно одинаковы при тепловом равновесии?

- 1) Температура;
2) парциальное давление;
3) концентрация;
4) средняя квадратичная скорость теплового движения.

Ответы к тренировочной работе №1

1-3; 2-4; 3-1; 4-2; 5-2; 6-1; 7-4; 8-1.



Тренировка в решении графических задач

В графических задачах, как правило, требуется либо сравнить параметры газа в разных состояниях по графику, либо построить график по заданному описанию процессов, происходящих с газом. Они решаются методами, которые вы применяли на уроках по молекулярной физике в 10 классе (см. табл.).

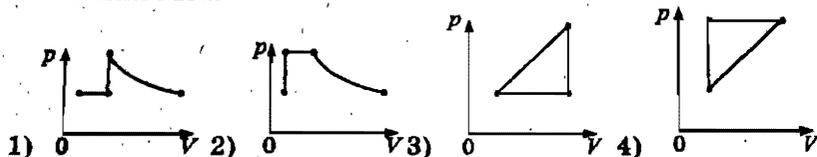
Методы решения графических задач по молекулярной физике и термодинамике

Метод сравнения газовых параметров по графику процесса	Метод построения графиков изопроцессов
<ol style="list-style-type: none"> Выделите две точки на графике процесса перехода идеального газа из одного состояния в другое. Установите газовый параметр, отложенный по оси абсцисс, и сравните значения абсцисс точек графика. Установите газовый параметр, отложенный по оси ординат, и сравните значения ординат точек графика. Проведите через точки графика кривые изопроцесса для газового параметра, не отложенного по осям. Вспомните, какому графику соответствует большее значение этого параметра. Сформулируйте ответ. 	<ol style="list-style-type: none"> Выделите идеальный газ и его характеристики. Выделите начальное состояние (1) идеального газа и его характеристики. Постройте координатную плоскость в заданных координатах. Изобразите точку, соответствующую состоянию 1. Для каждого следующего состояния постройте график процесса перехода из предыдущего состояния в новое: <ol style="list-style-type: none"> выделите второе состояние идеального газа и изопроцесс перехода из первого состояния во второе; постройте через первую точку кривую этого изопроцесса в заданных координатных осях; выделите характеристики второго состояния и соответствующую ему точку на кривой изопроцесса.

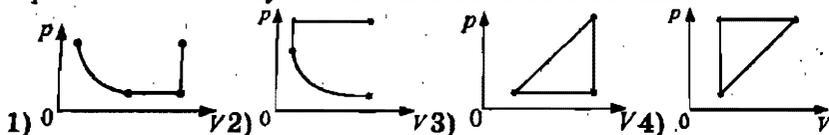
Решите следующие задачи. В случае затруднений обращайтесь к методам решения графических задач.

В этом тренировочном задании 3-4 задачи учащиеся выполняют на уроке, остальные — дома.

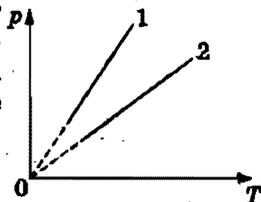
1. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $p - V$ (рис.) соответствует этим изменениям состояния газа?



2. Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа увеличился до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $p - V$ соответствует этим изменениям состояния газа?

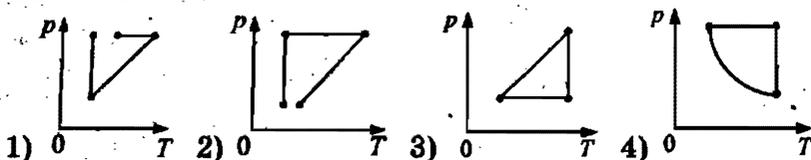


3. В двух одинаковых сосудах нагревают один и тот же газ разной массы. Зависимость давления газа от температуры в этих сосудах представлена на рисунке. Сравните массы газа в сосудах.

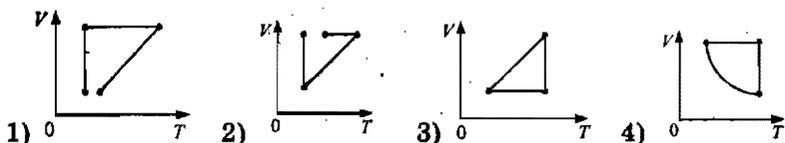


- 1) $m_1 > m_2$ 2) $m_1 < m_2$ 3) $m_1 = m_2$
4) необходимо знать объем сосудов

4. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа увеличилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $p - T$ соответствует этим изменениям состояния газа?



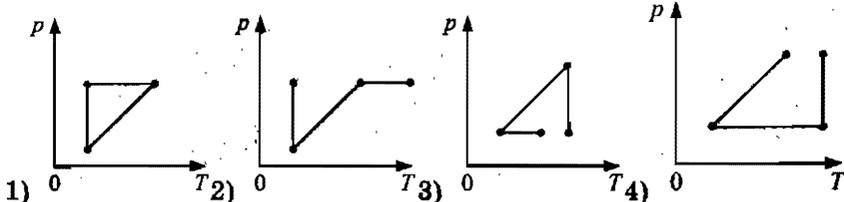
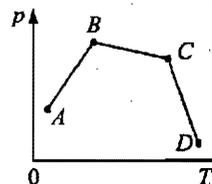
5. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа уменьшился до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $V - T$ соответствует этим изменениям состояния газа?



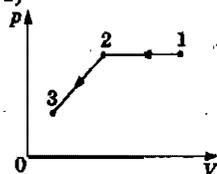
6. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке. Какому состоянию газа соответствует наибольшее значение объема?

- 1) А, 2) В, 3) С, 4) Д

7. Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $p - T$ соответствует этим изменениям состояния газа?



8. Состояние идеального газа массой 100 г меняется в соответствии с графиком, представленным на рисунке. Как изменяется температура газа?



1) на участке 1-2 уменьшается, 2-3 увеличивается

2) на участке 1-2 увеличивается, 2-3 уменьшается

3) непрерывно увеличивается

4) непрерывно уменьшается

Ответы к тренировочной работе №2

1-1, 2-2, 3-1, 4-1, 5-1, 6-4, 7-3, 8-4.



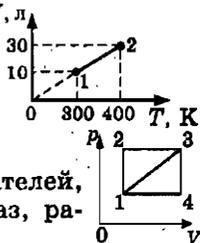
Тренировка в решении расчетных задач

Решите задачи, максимально сокращая записи. Соответствующие модели и уравнения подбирайте, пользуясь таблицей — системой знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика».

Варианты ответов в тренировочной работе не приводятся, поскольку в заданиях такого вида требуется сначала провести расчет, а затем сравнить полученное значение с предложенными. Последнее действие, как правило, сложностей не вызывает.

В ходе проведения тренировочной работы учитель консультирует учащихся. Решения задач проверяются на доске. две задачи учащиеся решают в классе, остальные — дома.

1. Какое количество теплоты надо сообщить 2 моль идеального одноатомного газа, чтобы осуществить $V, \text{л}$ тепловой процесс, изображенный на рисунке?



2. Свинцовая пуля массой 10 г застревает в стене и нагревается на 100 К. Найдите работу силы трения. Удельная теплоемкость свинца 180 Дж/кг·К.

3. Как различаются КПД тепловых двигателей, рабочим телом которых является идеальный газ, работающий по циклам 1-2-3-4-1 и 1-2-3-1?

4. Когда из баллона выпустили некоторую массу газа, давление в нем уменьшилось на 40%, а температура — на 20%. Какая часть первоначальной массы газа осталась в баллоне?

Ответы к тренировочной работе №3

1 — 4150 Дж; 2 — 130 Дж; 3 — $\eta_1 = 2\eta_2$; 4 — 75%.

НА ДОСКЕ (состояние доски 2):

Молекулярная физика и термодинамика, повышенный уровень части 1 (4 мин., 1 балл) Тренировочная работа № 3		
Модель	Уравнения	Расчет
1)	$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $A_{\text{газа}} = p \Delta V$ $p \Delta V = \nu R \Delta T$	$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ $Q = \frac{5}{2} \cdot 2 \cdot 8,3 \cdot 100 =$ $= 4150 \text{ (Дж)}$
2)	$\Delta U = A_{\text{тр}}$ $\Delta U = c m \Delta T$	$A_{\text{тр}} = c m \Delta T$ $A_{\text{тр}} = 130 \cdot 10^{-2} \cdot 100 =$ $= 130 \text{ (Дж)}$



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных работ №1, №2 и №3 по подготовке к решению задач повышенного уровня части 1 ЕГЭ. При возникновении затруднений обращайтесь к таблице «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика», общему методу решения задач базового уровня и методам решения графических задач по молекулярной физике и термодинамике.

Урок 19

ТЕМА: Молекулярная физика и термодинамика, повышенный уровень части 2 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать методы решения типовых задач по молекулярной физике и термодинамике;
- научиться распознавать тепловые явления, описанные в тексте задачи и в соответствии с ними подбирать метод решения;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи каждого типа;
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня части 2 ЕГЭ по молекулярной физике и термодинамике.

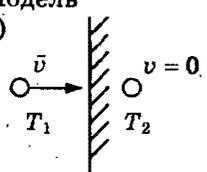
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике»;
- раздаточный материал (план распознавания тепловых явлений, тренировочные задания);
- представленные наглядно ответы к заданиям «Непрограммируемые калькуляторы».

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	4
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 2 ЕГЭ	1
3	Актуализация методов решения задач по молекулярной физике и термодинамике	Сообщение учителя, работа с таблицей «Методы решения задач по механике»	7
4	Обучение подбору метода решения задачи	Фронтальная беседа, самостоятельная работа с раздаточным материалом (план распознавания тепловых явлений)	10
5	Тренировка в решении задач «в свернутом виде»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), проверка решений у доски	20
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Молекулярная физика и термодинамика, повышенный уровень части 2 (6 мин., 1 балл)		
<p>Модель</p> <p>1)</p>  <p>Нагревание, плавление.</p>	<p>Уравнения</p> $\left. \begin{aligned} \Delta U &= \eta \cdot \frac{mv^2}{2} \\ \Delta U &= cm\Delta T + \lambda m \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $v = \sqrt{\frac{2(cm\Delta T + \lambda)}{\eta}}$	<p>Расчет</p> $v = \sqrt{\frac{2 \cdot (25 \cdot 10^3 + 130 \cdot 300)}{0,8}} =$ $= \sqrt{16 \cdot 10^4} = 400 \text{ (м/с)}$ <p>Число в бланке: 400.</p>

**Молекулярная физика и термодинамика,
повышенный уровень части 2 (6 мин., 1 балл)**

<p>2)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Дробь</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Лед</div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <div style="text-align: center;">↓ охлажд.</div> <div style="text-align: center;">↓ плав. (нагрев.?)</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Смесь</div> </div> </div>	<p>Охлаждение дроби до 0 °С $\Delta U_1 = cm_1 \Delta t$</p> <p>Плавление льда $\Delta U_2 = \lambda m_2$</p>	<p>$\Delta U_1 = 130 \cdot 0,1 \cdot 100 =$ $= 1300 \text{ (Дж)}$</p> <p>$\Delta U_2 = 330000 \cdot 0,05 = \dots$</p> <p>$\Delta U_2 > \Delta U_1 \Rightarrow$ Расплавится не весь лед $\Rightarrow 0^\circ\text{C}$</p> <p>Число в бланке: 0.</p>
--	---	--

ХОД УРОКА:



Введение

Экзаменационная работа включает два задания повышенного уровня по молекулярной физике и термодинамике. Одно из них входит в часть 2 ЕГЭ и представляет собой задачу на расчет значения физической величины. Ответ к заданиям требуется представить в виде числа. На выполнение этого задания отводится в среднем 6 минут, а верный ответ к нему оценивается в 1 балл.



Актуализация методов решения задач по молекулярной физике и термодинамике

Задания повышенного уровня части 2 — это, как правило, типовые задачи по молекулярной физике и термодинамике. Большинство из них может быть решено частными методами, описанными в таблице «Методы решения задач...» (см. табл.).

Пользоваться этими методами вы учились при изучении раздела «Молекулярная физика и термодинамика» в 10 классе. Просмотрите содержание таблицы и, если требуется, задайте вопросы.

Учитель отвечает на вопросы учащихся.

Сопоставьте содержание двух обобщающих таблиц по данному разделу. В таблице «Методы решения...» перечислены действия по выполнению каждого шага решения задач определенного типа, а в таблице «Система знаний ...» — знания, которые помогают их осуществить.

3. Выделите последующие состояния тел.

4. Установите, какие воздействия привели к изменению состояния каждого тела

5. Сделайте вывод о тепловом явлении.

Далее идет обучение распознаванию тепловых явлений на примере трех приведенных ниже задач. Учитель организует беседу по применению плана, корректируя ответы учащихся.

1. При какой скорости пуля из свинца полностью расплавится при ударе о стенку, если 80% ее энергии будет затрачено на нагревание пули? Начальная температура пули 27 °С, температура плавления 327 °С, удельная теплота плавления свинца 25 кДж/кг, удельная теплоемкость свинца 130 Дж/кг.

Макрообъект — свинцовая пуля;

Начальное состояние — перед ударом о стену, температура пули 27 °С (ниже температуры плавления);

Конечное состояние — пуля полностью расплавилась, ее скорость равна нулю;

Воздействие — сила трения со стороны стенки;

Нагревание и плавление при совершении механической работы (метод № 4).

2. Свинцовую дробь, нагретую до 100 °С (теплоемкость 130 Дж/(кг °С), в количестве 100 г смешивают с 50 г льда при 0 °С (удельная теплота плавления 330 000 Дж/кг). Какова температура смеси в градусах Цельсия после установления теплового равновесия?

Макрообъекты — свинцовая дробь и лед;

Начальное состояние — до смешивания, заданы массы и температуры тел;

Конечное состояние — смесь в тепловом равновесии;

Воздействия — теплообмен между льдом и дробью;

Теплообмен в теплоизолированной системе (метод № 5).

3. В вертикальном цилиндре находится газ под поршнем при температуре 400 К. Масса поршня 4 кг, его площадь 0,004 м². Какой массы груз надо положить на поршень, чтобы он остался на месте при медленном нагревании газа на 100 К? Атмосферное давление 10⁵ Па:

Макрообъект — газ под поршнем;

Начальное состояние — до нагревания, задана температура газа;

Конечное состояние — после нагрева, объем газа остался прежним;

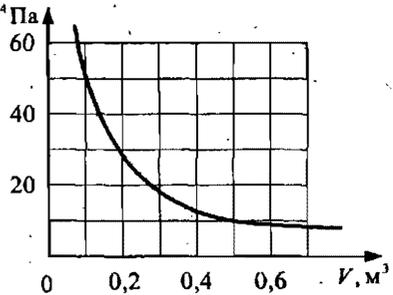
Воздействия — в начале: поршень и атмосфера, в конце: поршень с грузом и атмосфера;

Равновесие поршня под действием разных сил, включая силу давления газа (см. механику).

Прочтите тексты задач и установите, какому явлению они соответствуют. Запишите название явления и номер метода решения рядом с номером задачи.

4. По гвоздю массой 50 г ударяют 6 раз молотком массой 0,5 кг. Скорость молотка перед ударом 12 м/с. На сколько нагреется гвоздь, если все выделившееся тепло при ударах пошло на его нагревание? Удельная теплоемкость материала, из которого изготовлен гвоздь, 460 Дж/(кг·К). Ответ округлите до целых.

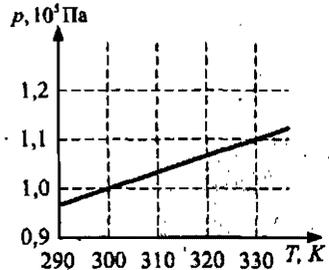
5. На рисунке показан график изотермического расширения водорода. Масса водорода $4 \cdot 10^{-2}$ кг. Определите его температуру. Ответ округлите до целого числа.



6. Две свинцовые пули одинаковой массы летят по взаимно перпендикулярным направлениям со скоростью 260 м/с каждая. На сколько изменится температура пуль после абсолютно неупругого соударения? До удара температура пуль была одинакова, удельная теплоемкость свинца 130 Дж/(кг·К).

7. Один моль инертного газа сжали, совершив над ним работу 0,6 кДж. В результате этого процесса температура газа увеличилась на 40 °С. Какое количество теплоты отдал газ в ходе этого процесса?

8. На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Вместимость сосуда равна $0,4 \text{ м}^3$. Сколько моль газа содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа.



9. В калориметре теплоемкостью $1,18 \cdot 10^3$ Дж/К находится 2 кг мокрого снега. После того как в калориметр пустили 0,1 кг пара, в нем установилась температура 283 К. Сколько воды было в снеге? Ответ приведите в граммах.

10. Кислород (молярная масса $0,032 \text{ кг/моль}$) массой 20 г , находящийся при температуре 640 К , сначала изохорно охлаждают так, что его давление падает в 2 раза, а затем изобарно расширяют до первоначальной температуры. Какую работу совершит газ в результате этого процесса?

11. В узкой стеклянной трубке, запаянной с одного конца и расположенной вертикально отверстием вниз, заперт воздух столбиком ртути высотой 4 см . При переворачивании трубки на 180° длина воздушного пространства в трубке изменяется на $0,3 \text{ см}$. Определите первоначальную длину воздуха в трубке, если атмосферное давление 10^5 Па , температура воздуха постоянна, плотность ртути 13600 кг/м^3 . Ответ дайте в сантиметрах и округлите до целого значения.

Результаты выполнения задания проверяются и по необходимости обсуждаются.

4 — нагревание тел при совершении механической работы (метод №4);

5 — расширение идеального газа, воздействие не указано (метод №1);

6 — нагревание тел при неупругом ударе (см. механику);

7 — сжатие идеального газа при совершении механической работы (метод №2);

8 — нагревание (охлаждение) идеального газа, воздействие не указано (метод №1);

9 — теплообмен в теплоизолированной системе (метод №5);

10 — охлаждение и расширение газа при совершении работы (метод №2);

11 — расширение идеального газа, воздействие не указано (метод №1).

Примечание. В приведенном выше задании нет задач на метод №3 (на расчет КПД тепловых двигателей). Это связано с тем, что задачи такого типа не встречались в заданиях повышенного уровня прошлых лет. Примеры применения метода №3 представлены в задачах высокого уровня сложности.



Тренировка в решении задач «в свернутом виде»

Учащиеся самостоятельно решают задачи 1–3, на базе которых было организовано обучение распознаванию явлений. Учитель консультирует учащихся, побуждая максимально сокращать записи. Решения проверяются у доски (см. на доске)

НА ДОСКЕ (состояние доски 2):

Молекулярная физика и термодинамика, повышенный уровень части 2 (6 мин, 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
3) $F_1 = F_a + Mg$ $F_2 = F_a + (M+m)g$	$p_1 \cdot S = p_a \cdot S + Mg$ $p_2 \cdot S = p_a \cdot S + (M+m)g$ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{5}$ $\frac{4}{5} = \frac{p_a \cdot S + Mg}{p_a \cdot S + (M+m)g}$ $4p_a \cdot S + 4Mg + 4mg =$ $= 5p_a \cdot S + 5Mg$ $4mg = p_a \cdot S + Mg$	$m = \frac{p_a \cdot S + Mg}{4g}$ $m = \frac{10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} + 40}{40} =$ $= 11 \text{ (кг)}$ Число в бланке: 11.

**Сообщение домашнего задания**

Решите оставшиеся задачи из предложенного списка. В случае затруднений «обращайтесь к таблицам «Система знаний по разделу Молекулярная физика и термодинамика» и «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике». Максимально сокращайте записи и фиксируйте время решения.

Ответы к задачам (число в бланке):

4 — 1; 5 — 300; 6 — 130; 7 — 102; 8 — 16; 9 — 1500; 10 — 1660;
11 — 3.

Урок 20

ТЕМА: Молекулярная физика и термодинамика, высокий уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения задач высокого уровня по молекулярной физике и термодинамике;

Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»

- научиться оформлять развернутое решение задач высокого уровня;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за задания высокого уровня по молекулярной физике и термодинамике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по разделу Молекулярная физика и термодинамика»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения задач высокого уровня по молекулярной физике и термодинамике);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

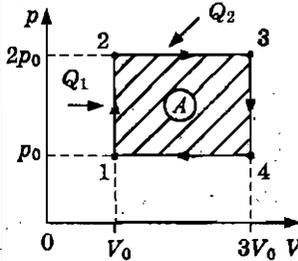
№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	6
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий высокого уровня	3
3	Применение методов решения задач по молекулярной физике и термодинамике к задачам высокого уровня	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10
4	Показ образца оформления решений задач высокого уровня	Сообщение учителя	5
5	Тренировка в решении задач высокого уровня	Самостоятельная работа, консультации учителя, работа с таблицами «Методы решения задач...» и «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика»	18
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Молекулярная физика и термодинамика; высокий уровень
(19 мин., 0–3 балла)

Развернутый ответ

1) Модель



Система уравнений (1 балл)

$$\eta = \frac{A}{Q_1 + Q_2} \quad (1) \text{ — по определению КПД}$$

$$A = 2p_0V_0 \quad (2) \text{ — геометрический смысл работы}$$

$$Q = \Delta U + A_2 \quad (3) \text{ — первый закон термодинамики}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (4) \text{ — из формулы для внутренней энергии одноатомного газа}$$

$$p \Delta V = \nu R \Delta T \quad (5) \text{ — из уравнения состояния}$$

Расчетная формула (+1 балл)

Из (3), (4), (5) для процесса 1–2: $Q_1 = \frac{3}{2} p_0 V_0$

для процесса 2–3: $Q_2 = 10 p_0 V_0$

Расчет (+1 балл)

С учетом (1), (2): $\eta = \frac{2p_0V_0}{\frac{3}{2}p_0V_0 + 10p_0V_0} = \frac{4}{23} = 0,17.$

Ответ: $\eta = 17\%$.

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Задания высокого уровня входят в часть 3 ЕГЭ и являются заданиями с развернутым ответом. Ответ

на экзамене записывают в специальный бланк. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3. Его выставляют как сумму баллов за отдельные части решения.

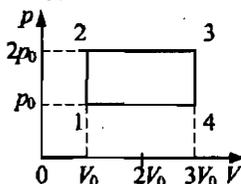
Всего в часть 3 экзаменационной работы входят 6 задач высокого уровня, в том числе одна по молекулярной физике и термодинамике. Нередко эта задача требует привлечения знаний по механике. Время выполнения заданий — примерно 19 мин.

Применение методов решения задач по молекулярной физике и термодинамике к задачам высокого уровня

В качестве опоры для решения задач высокого уровня можно использовать те же материалы, что и для решения задач повышенного уровня: таблицы «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике» и «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика».

Примените их к решению следующей задачи. В ходе решения выделяйте этапы общего метода решения задач.

1. Рассчитайте КПД тепловой машины, использующей в качестве рабочего тела идеальный одноатомный газ и работающей по циклу, изображенному на рисунке.



На самостоятельную попытку решения отводится 5 минут. За это время большинство учащихся успевают осознать условия задачи и наметить ход решения. Далее объяснение решения проводится под руководством учителя.

Пример решения задачи I

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описано изменение состояние идеального газа по замкнутому циклу (метод № 3 в таблице «Методы решения задач...»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Выделим изопроцессы, составляющие цикл (первая строка в приведенной ниже таблице), и определим по графику характеристики начального и конечного состояний для каждого изопроцесса (вторая строка). Согласно методу №3 определим знак (или

установим равенство 0) изменения внутренней энергии (пункт а), работы газа (пункт б) и количества теплоты (пункт в).

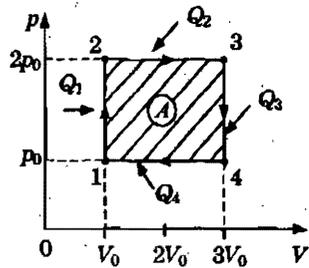
	1→2	2→3	3→4	4→1
1	изохорный	изобарный	изохорный	изобарный
1	p_0, V_0, T_1	$2p_0, V_0, T_2$	$3:2p_0, 3V_0, T_3$	$4: p_0, 3V_0, T_4$
2	$2: 2p_0, V_0, T_2$	$3: 2p_0, 3V_0, T_3$	T_3	$1: p_0, V_0, T_1$
а	$T \uparrow \Rightarrow \Delta U_1 > 0$	$T \uparrow \Rightarrow \Delta U_2 > 0$	$T \downarrow \Rightarrow \Delta U_3 < 0$	$T \downarrow \Rightarrow \Delta U_4 < 0$
б	$V = const \Rightarrow A_{1,1} = 0$	$V \uparrow \Rightarrow A_{2,2} > 0$	$V = const \Rightarrow A_{3,3} = 0$	$V \downarrow \Rightarrow A_{4,4} < 0$
в	$Q_1 = \Delta U_1 \Rightarrow Q_1 > 0$	$Q_2 = \Delta U_2 + A_{2,2} \Rightarrow Q_2 > 0$	$Q_3 = \Delta U_3 \Rightarrow Q_3 < 0$	$Q_4 = \Delta U_4 + A_{4,4} \Rightarrow Q_4 < 0$

Отразим выводы, полученные в ходе рассуждений на рисунке: в изо-процессах 1-2 и 2-3 тепловая машина получает тепло, а в двух других — отдает; работа газа за цикл равна площади заштрихованной фигуры.

Кратко запишем условия задачи.

Дано:

$$\frac{p_0, V_0}{\eta = ?}$$



III. Составление уравнений, описывающих модель.

По определению КПД теплового двигателя:

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{получ.}}}$$

Работа газа за цикл может быть найдена как площадь заштрихованной на рисунке фигуры:

$$A = (2p_0 - p_0)(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$$

Газ получает энергию в результате теплообмена в первых двух процессах, поэтому можно записать:

$$Q_{\text{получ.}} = Q_1 + Q_2.$$

Следовательно, формула для расчета КПД имеет вид:

$$\eta = \frac{2p_0V_0}{Q_1 + Q_2}.$$

Запишем дополнительные к ней уравнения:

$Q = \Delta U + A_2$ — первый закон термодинамики;

$U = \frac{3}{2} \nu RT$ — формула для расчета внутренней энергии иде-

ального одноатомного газа;

$pV = \nu RT$ — уравнение состояния идеального газа.

IV. Вывод расчетной формулы.

По первому закону термодинамики:

$$Q_1 = \Delta U_1, \quad Q_2 = \Delta U_2 + 2p_0 \cdot 2V_0.$$

По формуле внутренней энергии одноатомного газа:

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1);$$

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_2).$$

Из уравнения состояния идеального газа:

$$1-2: \left. \begin{array}{l} p_0 V_0 = \nu R T_1 \\ 2p_0 V_0 = \nu R T_2 \end{array} \right\} \nu R(T_2 - T_1) = p_0 V_0 \Rightarrow Q_1 = \frac{3}{2} p_0 V_0;$$

$$2-3: \left. \begin{array}{l} 2p_0 V_0 = \nu R T_2 \\ 2p \cdot 3V_0 = \nu R T_3 \end{array} \right\} \nu R(T_3 - T_2) = 4p_0 V_0 \Rightarrow Q_2 = 10p_0 V_0.$$

Подставляя в формулу для расчета КПД, получим:

$$\eta = \frac{2p_0 V_0}{Q_1 + Q_2} = \frac{2p_0 V_0}{\frac{3}{2} p_0 V_0 + 10p_0 V_0} = \frac{2 \cdot 2}{23} = \frac{4}{23}.$$

V. Расчет значения физической величины.

$$\eta = \frac{4}{23} \approx 0,17$$

Ответ: $\eta = 17\%$.

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

Особенность заданий высокого уровня — развернутый ответ. Задачу недостаточно правильно решить, ее решение надо еще и верно оформить.

Рассмотрим, как это сделать, на примере только что разобранной задачи.

Учитель показывает образец оформления (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.

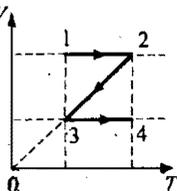


Тренировка в решении задач высокого уровня

Решите задачи высокого уровня сложности. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике» и «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика». Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

2. Теплоизолированный сосуд вместимостью 1 м^3 разделен перегородкой на две равные части. В одной из частей находится гелий массой $0,3 \text{ кг}$ (молярная масса $0,004 \text{ кг/моль}$), а в другой $0,6 \text{ кг}$ аргона (молярная масса $0,040 \text{ кг/моль}$). Средняя квадратичная скорость молекул обоих газов составляет 300 и 400 м/с . Рассчитайте парциальное давление аргона в сосуде после удаления перегородки.

3. В тепловом процессе, изображенном на рисунке, 1 моль идеального одноатомного газа переходит из начального состояния 1 в конечное состояние 4 (через состояния 2 и 3). Рассчитайте общее количество теплоты в этом тепловом процессе. Разность конечной и начальной температур 100 К .



Учащиеся самостоятельно решают задачи, учитель отвечает на возникающие вопросы. Результаты работы проверяются с помощью раздаточного материала — примеров решения задач высокого уровня по механике.

Пример решения задачи 2

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описан теплообмен между газами в теплоизолированной системе (метод № 5 в таблице «Методы решения...»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

В теплообмене участвуют два газа: гелий и аргон. Изобразим модель теплообмена. Для этого в качестве опоры воспользуемся рисунком в последней строке таблицы «Система знаний по разделу...». Обозначим на модели: а) характеристики начального и конечного состояний (объем газов, скорость движения молекул, парциальное давление аргона), указанные в задаче; внутреннюю энергию газов в начальном и конечном состояниях согласно модели теплообмена.

$m_1, M_1, \frac{V}{2}$	Гелий	Аргон	$m_2, M_2, \frac{V}{2}$
U_1, N_1			U_2, N_2
v_1, \bar{E}_k			v_2, \bar{E}_k
	Смесь гелия и аргона		$U, p'_2, N_1 + N_2$
			\bar{E}_k

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Составим систему уравнений с опорой на последнюю строку таблицы «Система знаний по разделу...».

Описан процесс теплообмена в теплоизолированной системе, следовательно, внутренняя энергия системы должна сохраняться неизменной:

$$U = U_1 + U_2 \quad (1)$$

В составленное уравнение не входит искомая величина p'_2 . Уравнения, связывающего внутреннюю энергию и давление, нет в таблице «Система знаний...». Однако есть уравнения связи внутренней энергии и давления со среднекинетической энергией молекул. Обозначим на модели число частиц (N_1, N_2), энергию молекул в начальном (E_{k1}, E_{k2}) и конечном (E_k) состояниях.

Запишем уравнение для искомой величины с учетом определения концентрации молекул:

$$p'_2 = \frac{2}{3} \frac{N_2}{V} \bar{E}_k \quad (2)$$

Для того чтобы найти искомое давление нужно составить уравнения, связывающие неизвестные величины в (1) и (2) с известными по условию:

<p>гелий</p> $U_1 = N_1 \bar{E}_k; \quad (3)$		<p>аргон</p> $U_2 = N \bar{E}_k; \quad (3)$
---	--	---

$\bar{E}_k = \frac{m_{01} \bar{v}_1^2}{2}; \quad (4)$		$\bar{E}_k = \frac{m_{02} \bar{v}_2^2}{2}; \quad (4)$
---	--	---

$N_1 = \frac{m_1}{M_1} N_A; \quad (5)$		$N_2 = \frac{m_2}{M_2} N_A; \quad (5)$
--	--	--

$m_{01} = \frac{m_1}{N_A}; \quad (6)$		$m_{02} = \frac{M_2}{N_A}; \quad (6)$
---------------------------------------	--	---------------------------------------

$n_1 = \frac{N_1}{V}. \quad (7)$		$n_2 = \frac{N_2}{V}. \quad (7)$
----------------------------------	--	----------------------------------

IV. Вывод расчетной формулы.

Найдем связь внутренней энергии идеального газа со средней квадратичной скоростью его молекул:

$$U = N \bar{E}_k = \frac{m}{M} N_A \cdot \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{m}{M} N_A \cdot \frac{M}{N_A} \frac{\bar{v}^2}{2} = \frac{m \bar{v}^2}{2}$$

Тогда: $U_1 = m_1 v_1^2 / 2,$

$$U_2 = m_2 v_2^2 / 2 \quad (8)$$

$$U = (N_1 + N_2) E_k = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) N_A \bar{E}_k \quad (9)$$

Подставляя полученные выражения (8), (9) в закон сохранения энергии (1), получим:

$$\frac{m_1 \bar{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \bar{v}_2^2}{2} = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) N_A \bar{E}_k$$

Выразим из этого уравнения среднюю кинетическую энергию молекул в состоянии теплового равновесия:

$$\bar{E}_k = \frac{(m_1 \bar{v}_1^2 + m_2 \bar{v}_2^2) M_1 M_2}{2 N_A (m_1 M_2 + m_2 M_1)}$$

Подставляя полученное выражение в основное уравнение МКТ (2), найдем формулу для расчета искомого давления аргона:

$$p'_2 = \frac{2}{3} n_2 \bar{E}_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{m_2}{M_2} \cdot \frac{N_A}{V} \cdot \frac{(m_1 \bar{v}_1^2 + m_2 \bar{v}_2^2) M_1 M_2}{2 N_A (m_1 M_2 + m_2 M_1)}$$

$$p'_2 = \frac{1}{3} \frac{m_2 M_1 (m_1 \bar{v}_1^2 + m_2 \bar{v}_2^2)}{(m_1 M_2 + m_2 M_1) V}$$

Проверим соответствие наименований физических величин в левой и правой частях расчетной формулы:

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}}{\text{моль} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{м}}{\text{М}^2} = \text{Па}.$$

V. Расчет значения физической величины.

$$p'_2 = \frac{1}{3} \frac{0,6 \cdot 4 \cdot 10^{-3} (0,3 \cdot 9 \cdot 10^4 + 0,6 \cdot 16 \cdot 10^4)}{0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} + 0,6 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 6,8 \cdot 10^3 \text{ (Па)}.$$

Ответ: $p'_2 = 6,8 \text{ кПа}.$

Развернутый ответ

Дано: $V = 1 \text{ м}^3$; $m_1 = 0,3 \text{ кг}$; $M_1 = 0,004 \text{ кг/моль}$; $m_2 = 0,6 \text{ кг}$; $M_2 = 0,04 \text{ кг/моль}$; $v_1 = 300 \text{ м/с}$; $v_2 = 400 \text{ м/с}$.	$U = U_1 + U_2$ (1) — из закона сохранения энергии; $p'_2 = \frac{2}{3} n_2 \bar{E}_k$ (2) — из основного уравнения МКТ; $(N_1 + N_2) = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) N_A \bar{E}_k$
$p'_2 = ?$	и аналогичные уравнения для аргона
Из (3), (4), (5), (6) $U_1 = \frac{m_1 \bar{v}_1^2}{2}$ и $U_2 = \frac{m_2 \bar{v}_2^2}{2}$.	
Подставляя в (2), получим:	
$\bar{E}_k = \frac{(m_1 \bar{v}_1^2 + m_2 \bar{v}_2^2) M_1 M_2}{2 N_A (m_1 M_2 + m_2 M_1)}$	
Подставляя это выражение в (1) и учитывая (7), (5), найдем:	
$p'_2 = \frac{1}{3} \frac{m_2 M_1 (m_1 \bar{v}_1^2 + m_2 \bar{v}_2^2)}{(m_1 M_2 + m_2 M_1) V}$	
$p'_2 = 6,8 \text{ кПа}$.	
Ответ: $p'_2 = 6,8 \text{ кПа}$.	

Пример решения задачи 3

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описано изменение состояния идеального газа в результате нескольких изопрцессов (строка 1 в таблице «Система знаний по разделу...»). Требуется рассчитать количество теплоты, поэтому применим метод №2 (типовая задача «на первый закон термодинамики»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Выясним, какие изопрцессы происходили с газом, и введем обозначения параметров начального и конечного состояния для каждого изопрцесса.

Название изопроцесса	1 → 2 изохорный	2 → 3 изобарный	3 → 4 изохорный
Характеристики начального состояния	1: T_1, V_1, p_1	2: T_2, V_1, p_2	3: T_1, V_3, p_2
Характеристики конечного состояния	2: T_2, V_1, p_2	3: T_1, V_3, p_2	4: T_2, p_4, V_3

Кратко запишем условия задачи.

Дано: $\nu = 1$ моль

$$T_2 - T_1 = 100 \text{ К}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = ?$$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Применим первый закон термодинамики ($Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$) к каждому изопроцессу:

$$Q_1 = \Delta U_1; \quad Q_2 = \Delta U_2 + p_2(V_3 - V_1); \quad Q_3 = \Delta U_3.$$

Найдем изменение внутренней энергии, воспользовавшись формулой для расчета внутренней энергии идеального одноатомного газа: $U = \frac{3}{2} \nu RT$.

Следовательно,

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1);$$

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R(T_1 - T_2);$$

$$\Delta U_3 = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1).$$

Найдем работу газа в изобарном процессе, применяя уравнение состояния идеального газа:

$$\left. \begin{aligned} p_2 V_1 &= \nu RT_2 \\ p_2 V_3 &= \nu RT_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow p_2(V_3 - V_1) = \nu R(T_1 - T_2).$$

IV. Вывод расчетной формулы

$$\begin{aligned} Q_2 &= \Delta U_2 + p_2(V_3 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R(T_1 - T_2) + \nu R(T_1 - T_2) = \\ &= \frac{5}{2} \nu R(T_1 - T_2) = -\frac{5}{2} \nu R(T_2 - T_1); \end{aligned}$$

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1);$$

$$Q_3 = \Delta U_3 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \left(\frac{3}{2} - \frac{5}{2} + \frac{3}{2} \right) \nu R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$Q = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1).$$

V. Расчет значения физической величины.

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 100 = 415,5 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $Q = 415,5 \text{ Дж}$.

Развернутый ответ

Дано:	По первому закону термодинамики:
$\nu = 1 \text{ моль}$	$1 \rightarrow 2 \quad Q_1 = \Delta U_1;$
$T_2 - T_1 = 100 \text{ К}$	$2 \rightarrow 3 \quad Q_2 = \Delta U_2 + p_2(V_3 - V_1);$
$Q = ?$	$3 \rightarrow 4 \quad Q_3 = \Delta U_3.$

Из формулы для расчета внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2);$$

$$\Delta U_3 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1).$$

Из уравнения состояния идеального газа:

$$p_2 (V_3 - V_1) = \nu R (T_1 - T_2).$$

Общее количество теплоты:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) - \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) +$$

$$+ \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$Q = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$Q = 415,5 \text{ Дж}$.

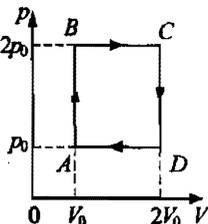
Ответ: $Q = 415,5 \text{ Дж}$.



Сообщение домашнего задания

Решите задачи высокого уровня сложности и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике» и «Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика», а также к примерам, разобранным в классе. Фиксируйте время решения.

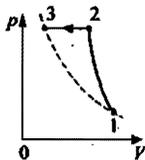
4. В цилиндре тепловой машины находится 1 моль идеального газа. Определите КПД тепловой машины, если изменение состояния газа в цилиндре определяется по циклу, показанному на рисунке.



5. Теплоизолированный сосуд вместимостью 1 л разделен пористой перегородкой на 2 равные части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона нет. В начальный момент в одной части сосуда находятся 2 моль гелия (молярная масса 0,004 кг/моль), а в другой — 1 моль аргона (молярная масса 0,040 кг/моль). Температура гелия 300 К, температура аргона 600 К. Определите среднеквадратичную скорость атомов аргона после установления равновесия в системе.

6. Под тяжелый тонкий поршень, скользящий без трения внутри откачанного цилиндра, вводится смесь водорода (молярная масса 0,002 кг/моль) и гелия (молярная масса 0,004 кг/моль), при этом поршень располагается посередине цилиндра. Через некоторое время поршень смещается вниз, так как его материал оказывается проницаемым только для гелия. Положение равновесия поршня оказалось на $1/3$ высоты цилиндра. Определите массу гелия, если водорода в смеси 2 г.

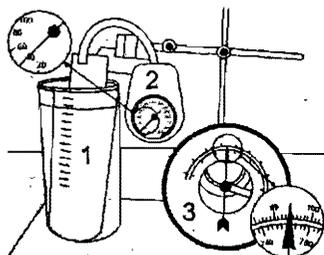
7. Идеальный одноатомный газ сжимается сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (рис.). При адиабатном сжатии газа внешние силы совершили работу, равную 3 кДж. Какова работа внешних сил за весь процесс 1-2-3?



8. Сколько ходов должен сделать компрессор, чтобы увеличить давление в сосуде от атмосферного 10^5 Па до $3 \cdot 10^5$ Па, если вместимость рабочего резервуара компрессора в 10 раз меньше вместимости сосуда? Забор воздуха производится из атмосферы. Изменением температуры пренебречь.

9. При исследовании газа ученик соединил сосуд (1) вместимостью 150 мл с манометром (2) тонкой трубкой и опустил

сосуд в горячую воду. Определите температуру горячей воды. Начальная температура газа $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, начальное показание манометра равно 0 мм рт.ст. Шкала манометра и нижняя шкала барометра проградуированы в мм рт.ст. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа . Вместимость измерительного механизма манометра и соединительной трубки значительно меньше 150 мл .



10. Некоторое количество воздуха нагревается при постоянном давлении от температуры $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, поглощая при этом 5 Дж . Нагревание воздуха при постоянном объеме при тех же начальной и конечной температурах требует затрат $3,5\text{ кДж}$. Каков объем воздуха при температуре $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $2 \cdot 10^5\text{ Па}$? Ответ выразите в см^3 .

Задача	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	67%	500 м/с	2 г	5 кДж	20	309 К	4320 см^3

Урок 21

ТЕМА: Контрольная работа по молекулярной физике и термодинамике

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- установить собственные возможности выполнения заданий ЕГЭ по молекулярной физике и термодинамике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- раздаточный материал (варианты контрольной работы, справочные материалы);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Инструкция по выполнению контрольной работы	Сообщение учителя о проведении контрольной работы	2
2	Выполнение контрольной работы	Индивидуальная работа	40
3	Сообщение домашнего задания	—	2

Ниже приведены четыре варианта контрольной работы по молекулярной физике и термодинамике. Два из них можно использовать собственно для проведения контрольной работы, а другие два — для подготовки к ней и повторного выполнения работы в случае неудачи.

Максимальный первичный балл за работу составляет 12. При оценивании контрольной работы необходимо перевести набранные баллы в отметку по пятибалльной шкале.

С учетом процедуры перевода баллов в отметку можно рекомендовать следующие нормы выставления оценок. Отметку «5» выставляют, если число набранных баллов составляет 11–12, отметку «4» — если набрано 9–10 баллов, отметку «3» — если набрано 7–8 баллов.

ХОД УРОКА:**Инструкция по выполнению контрольной работы**

Контрольная работа рассчитана на один урок. Она включает 10 заданий разного уровня сложности: базового (A9–A14)¹, повышенного (A15–A16, B2) и высокого (C2).

К каждому заданию с кодом «А» даны четыре ответа, из которых правильный только один. На задания с кодом «В» следует дать краткий ответ в численном виде. На задания с кодом «С» требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий с кратким и развернутым ответом значение искомой величины следует выразить в тех единицах, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет,

¹ Коды заданий указаны по демонстрационному варианту ЕГЭ 2008 г.

то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. При расчетах следует использовать значения констант с той точностью, которая задана в справочных материалах (см. Приложение 3).

Максимальный балл за задания базового и повышенного уровней — 1, высокого уровня — 3.

Выполнение контрольной работы

Вариант 1

A9. В жидкостях частицы совершают колебания возле положения равновесия, сталкиваясь с соседними частицами. Время от времени частица совершает прыжок к другому положению равновесия. Какое свойство жидкостей можно объяснить таким характером движения частиц?

- 1) Малую сжимаемость
- 2) Текучесть
- 3) Давление на дно сосуда
- 4) Изменение объема при нагревании

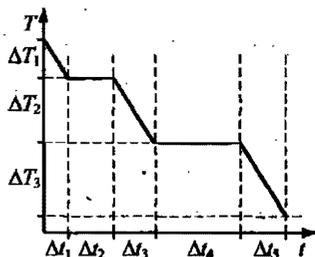
A10. В баллоне находится газ, количество вещества которого — 0,01 моль. Сколько молекул газа (примерно) находится в баллоне?

- 1) 10^{21}
- 2) $6 \cdot 10^{21}$
- 3) 10^{24}
- 4) $6 \cdot 10^{24}$

A11. Внутренняя энергия идеального газа при повышении его температуры:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объема;
- 4) не изменяется.

A12. На рисунке представлен график зависимости абсолютной температуры T вещества массой m от времени t при осуществлении теплопередачи с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вещество находилось в газообразном состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоемкость жидкости по результатам этого опыта?



- 1) $\frac{P\Delta t_1}{m\Delta T_1}$ 2) $\frac{P\Delta t_2}{m}$ 3) $\frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}$ 4) $\frac{P\Delta t_4}{m}$

A13. Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за один цикл?

- 1) 40 Дж 2) 60 Дж 3) 100 Дж 4) 160 Дж

A14. Давление идеального газа увеличилось в 2 раза, а температура газа не изменилась. Объем газа при этом:

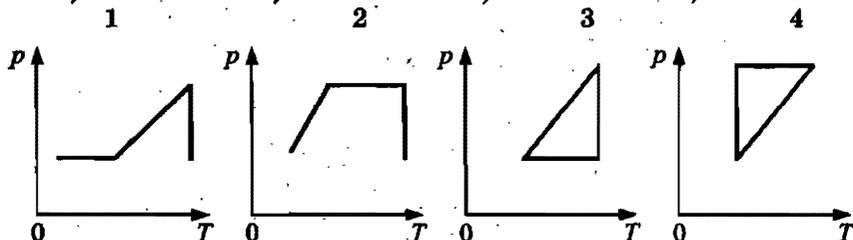
- 1) увеличился в 2 раза 3) увеличился в 4 раза
2) уменьшился в 2 раза 4) не изменился

A15. При неизменной концентрации молекул идеального газа в результате охлаждения давление газа уменьшилось в 4 раза. Средняя квадратичная скорость теплового движения молекул газа при этом:

- 1) уменьшилась в 16 раз 3) уменьшилась в 4 раза
2) уменьшилась в 2 раза 4) не изменилась

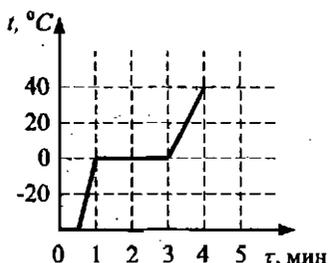
A16. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков на рисунке в координатных осях $p - T$ соответствует этим изменениям состояния газа?

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



B2. Для определения удельной теплоемкости вещества тело массой 500 г, нагретое до температуры 100 °С, опустили в железный стакан калориметра, содержащий 200 г воды. Начальная температура калориметра с водой равна 30 °С. После установления теплового равновесия температура тела, воды и калориметра стала равна 37 °С. Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела. Масса калориметра равна 100 г, удельная теплоемкость железа равна 640 Дж/(кг · К), удельная теплоемкость воды равна 4180 Дж/(кг · К).

C2. В калориметре нагревается 200 г льда. На рисунке представлен график зависимости температуры льда от времени. Пренебрегая теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями, определите подводимую к нему мощность при рассмотрении процессов нагревания льда или воды.



Вариант 2

A9. Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что:

1) плотность газа одинакова во всех точках сосуда, занимаемого им; 2) плотность вещества в газообразном состоянии меньше плотности этого вещества в жидком состоянии; 3) газ легко сжимается; 4) при охлаждении и сжатии газ превращается в жидкость.

A10. На Земле в огромных масштабах осуществляется круговорот воздушных масс. Движение воздушных масс связано преимущественно с

- 1) теплопроводностью и излучением 3) излучением
2) теплопроводностью 4) конвекцией

A11. Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом

- 1) хаотичным движением молекул газа
2) движением всего сосуда с газом
3) взаимодействием сосуда с газом и Земли
4) действием на сосуд с газом внешних сил

A12. Укажите правильное утверждение.

При переходе вещества из жидкого состояния в газообразное:

A) увеличивается среднее расстояние между его молекулами;
B) молекулы почти перестают притягиваться друг к другу;
B) полностью теряется упорядоченность в расположении его молекул.

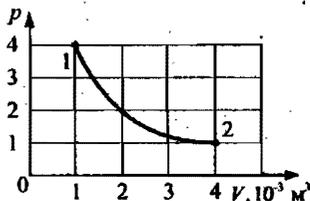
- 1) только A 2) только B 3) только B 4) A, B и B

A13. Давление водорода, взятого в количестве вещества 3 моль, равно p_1 в сосуде при температуре 300 К. Давление кислорода, взятого в количестве вещества 3 моль, в сосуде той же вместимости и при той же температуре равно

- 1) p_1 2) $8p_1$ 3) $24p_1$ 4) $\frac{1}{8}p_1$

A14. На диаграмме p — V показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно:

- 1) 1 кДж 3) 4 кДж
2) 3 кДж 4) 7 кДж.



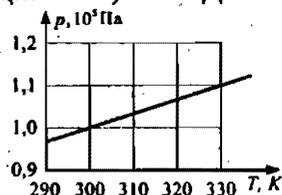
A15. Найти количество молекул идеального газа массой 3 кг, если при температуре 27 °С среднеквадратичная скорость его молекул равна 400 м/с.

- 1) $1,95 \cdot 10^{25}$ 2) $3,9 \cdot 10^{25}$ 3) $1,19 \cdot 10^{26}$ 4) $5,2 \cdot 10^{26}$

A16. 10 молей идеального одноатомного газа изобарически нагрели на 50 °С. При этом газ совершил работу:

- 1) 9100 Дж 2) 7215 Дж 3) 5652 Дж 4) 4155 Дж

B2. На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде вместимостью 0,4 м³ от его температуры. Какое количество вещества газа содержится в этом сосуде? (Ответ округлите до целого числа.)



C2. При изобарном нагревании на $\Delta T = 10$ К некоторого газа массой $m = 0,5$ кг затрачивается тепла на $\Delta Q = 1,5$ кДж больше, чем при изохорном нагревании. Чему равна молярная масса этого газа?

Вариант 3

A9. Непрерывное тепловое движение молекул газа проявляется в том, что:

- 1) суммарная кинетическая энергия движения молекул никогда не становится равной нулю
2) ни одна молекула никогда не может остановиться
3) средние скорости движения молекул непрерывно изменяются
4) средние скорости движения молекул не изменяются с течением времени

A10. При измерении температуры жидкости рекомендуется подождать некоторое время, прежде чем записывать показания термометра. Это объясняется тем, что:

- 1) жидкость испаряется
2) жидкость плохо сжимается

- 3) жидкость обладает текучестью
 4) должно установиться тепловое равновесие между термометром и жидкостью

A11. Внутренняя энергия тела определяется:

- 1) хаотичным движением молекул в нем и их взаимодействием
 2) его движением
 3) действием на него внешних сил
 4) его притяжением к Земле

A12. На столе под лучами Солнца стоят три одинаковых кувшина, наполненные водой. Кувшин 1 закрыт пробкой, кувшин 2 открыт, а стенки кувшина 3 пронизаны множеством пор, по которым вода медленно просачивается наружу. Сравните установившуюся температуру воды в этих кувшинах

- 1) в кувшине 1 будет самая низкая температура
 2) в кувшине 2 будет самая низкая температура
 3) в кувшине 3 будет самая низкая температура
 4) во всех трех кувшинах будет одинаковая температура

A13. При осуществлении какого процесса увеличение абсолютной температуры идеального газа в два раза приводит к увеличению его давления в два раза?

- 1) адиабатного
 2) изобарного
 3) изохорного
 4) изотермического

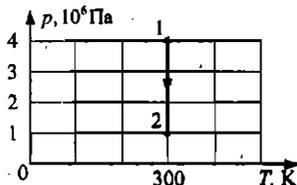
A14. Идеальный одноатомный газ при совершении изобарного процесса получил от нагревателя 2 кДж теплоты. При этом его внутренняя энергия увеличилась на:

- 1) 600 Дж 2) 840 Дж 3) 1080 Дж 4) 1200 Дж

A15. Температура водорода, взятого в количестве вещества 3 моль, в сосуде равна T_1 . Чему равна температура кислорода, взятого в количестве вещества 3 моль, в сосуде той же вместимости и при том же давлении?

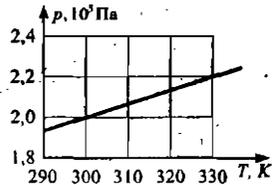
- 1) T_1 2) $8T_1$ 3) $24T_1$ 4) $\frac{1}{8}T_1$

A16. На диаграмме $p - T$ показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Начальный объем газа равен 10^{-3} м^3 . Количество теплоты, полученное газом, равно:



- 1) 1 кДж 2) 3 кДж 3) 4 кДж 4) 7 кДж

В2. На рисунке показан график изохорного нагревания газа в сосуде вместимостью 10^{-2} м^3 . Какое количество газообразного вещества, выраженное в молях, содержится в этом сосуде? (Ответ округлите до десятых долей.)



С2. В цилиндре под невесомым поршнем находится $\nu = 50$ моль газа, объем которого $V = 1 \text{ м}^3$, а температура $T = 500 \text{ К}$. Какую силу надо приложить перпендикулярно к поверхности поршня, чтобы он оставался неподвижным? Атмосферное давление $p_{\text{ат}} = 10^5 \text{ Па}$, площадь поршня $S = 0,002 \text{ м}^2$.

Вариант 4

A9. Наименьшая упорядоченность в расположении частиц характерна для:

- | | |
|--------------|------------------------|
| 1) газов | 3) кристаллических тел |
| 2) жидкостей | 4) аморфных тел |

A10. Рабочее тело тепловой машины получило 70 кДж теплоты, при этом холодильнику передано $52,5 \text{ кДж}$. КПД такой машины:

- | | | | |
|---------|----------|--------|-----------|
| 1) 1,7% | 2) 17,5% | 3) 25% | 4) > 100% |
|---------|----------|--------|-----------|

A11. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного идеального газа при повышении его температуры в 2 раза?

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1) Увеличивается в 4 раза | 3) уменьшается в 2 раза |
| 2) увеличивается в 2 раза | 4) уменьшается в 4 раза |

A12. Парциальное давление водяного пара в комнате равно $2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ при относительной влажности воздуха 60%.

Следовательно, давление насыщенного водяного пара при данной температуре приблизительно равно:

- | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1) $2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ | 2) $3,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$ | 3) $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ | 4) $6 \cdot 10^3 \text{ Па}$ |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|

A13. Идеальный газ массой 16 г при температуре $112 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ занимает объем $3,2 \text{ л}$. Молярная масса газа равна:

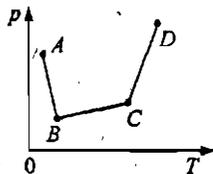
- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) $0,016 \text{ кг/моль}$ | 3) $0,044 \text{ кг/моль}$ |
| 2) $0,032 \text{ кг/моль}$ | 4) $0,028 \text{ кг/моль}$ |

A14. В некотором процессе идеальному одноатомному газу сообщили 900 Дж теплоты, и газ при этом совершил работу 500 Дж . Как при этом изменилась внутренняя энергия газа?

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1) увеличилась на 1400 Дж | 3) увеличилась на 400 Дж |
| 2) уменьшилась на 400 Дж | 4) осталась неизменной |

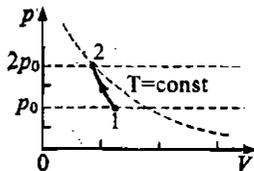
Повторение раздела «Молекулярная физика и термодинамика»

A15. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рис. Какому состоянию газа соответствует наибольшее значение объема?



- 1) A 2) B 3) C 4) D

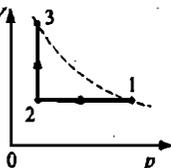
A16. На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от объема при его адиабатном сжатии. Внешние силы совершили работу, равную 30 кДж. Внутренняя энергия газа при этом



- 1) не изменилась 3) уменьшилась на 30 кДж
2) увеличилась на 30 кДж 4) увеличилась на 60 кДж

B2. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде вместимостью 0,6 м³. Его внутренняя энергия равна 1,8 кДж. Определите давление газа в килопаскалях (кПа).

C2. Идеальный одноатомный газ, количество вещества которого — 10 моль, сначала охладил, уменьшив давление в 3 раза. Затем газ нагрели до первоначальной температуры 300 К. Какое количество теплоты сообщено газу на участке 2-3?



Ответы к заданиям контрольной работы №2

Задание	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	B2
Вариант 1	2	2	1	3	2	2	2	1	200
Вариант 2	1	4	1	4	1	2	3	4	16
Вариант 3	1	4	1	3	3	4	1	2	0,8
Вариант 4	1	3	2	2	2	3	3	2	2

C2	Вариант	Расчетная формула и ответ	
	1.	$P = \frac{cm\Delta T}{t}$	$P = 560 \text{ Вт}$
	2.	$M = \frac{mR\Delta T}{\Delta Q}$	$M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
	3.	$F = \left(\frac{\nu RT}{V} - p_{\text{ат}} \right) \cdot S$	$F = 215,5 \text{ Н}$
	4.	$Q_{2-3} = \nu R(T_1 - T_2)$	$Q_{2-3} = 41,55 \text{ кДж}$



Сообщение домашнего задания

Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Электростатика»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.1.1 Электризация тел	Определение понятий «электризация тел», «электрический заряд»; «элементарный электрический заряд»; графическая модель взаимодействия зарядов
3.1.2 Взаимодействие зарядов. Два вида электрического заряда	Формулировки фактов существования положительного и отрицательного электрического зарядов, дискретности электрического заряда
3.1.3 Закон сохранения электрического заряда	Формулировка закона сохранения электрического заряда
3.1.4 Закон Кулона	Определение понятия «точный электрический заряд»; формулировку закона Кулона
3.1.5 Действие электрического поля на электрические заряды 3.1.6 Напряженность электрического поля	Определение понятий «электрическое поле», «электростатическое поле», «напряженность электрического поля», «линии напряженности электрического поля»; графическая модель электростатического поля зарядов простейших форм
3.1.7 Принцип суперпозиции электрических полей	Формулировка принципа суперпозиции электрических полей; уравнение для напряженности электростатического поля точечного заряда
3.1.8 Потенциальность электростатического поля	Формулировка факта потенциальности электростатического поля; уравнение для потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов

<p>Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)</p>	<p>Теоретический материал, который нужно повторить</p>
<p>3.1.9 Потенциал 3.1.10 Разность потенциалов</p>	<p>Определение понятий потенциал, разность потенциалов, эквипотенциальные поверхности; уравнение связи напряженности однородного электрического поля и разности потенциалов</p>
<p>3.1.11 Проводники в электрическом поле</p>	<p>Определение понятий «проводник», «электростатическая индукция проводника»; графическая модель электрического поля в проводнике; формулировка фактов о распределении электрических зарядов по поверхности проводника и об отсутствии электростатического поля внутри проводника</p>
<p>3.1.12 Диэлектрики в электрическом поле</p>	<p>Определение понятий «диэлектрик», «полярный диэлектрик», «неполярный диэлектрик», «поляризация диэлектрика»; диэлектрическая проницаемость среды»; графическая модель электростатического поля в диэлектрике; формулировка факта ослабления поля в диэлектрике</p>
<p>3.1.13 Электрическая емкость конденсатора</p>	<p>Определение понятий «электрическая емкость уединенного проводника», «конденсатор», «электрическая емкость конденсатора»; графическая модель электрического поля плоского конденсатора; формула для расчета электроемкости плоского конденсатора</p>
<p>3.1.14 Энергия поля конденсатора</p>	<p>Определение понятий «энергия электрического поля конденсатора», «плотность энергии электростатического поля»; формулы для расчета энергии электрического поля конденсатора и плотности энергии электростатического поля</p>

Повторение раздела «Электродинамика»

Урок 22

ТЕМА: Электростатика, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по электростатике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по электростатике для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме Электростатика»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме Электростатика»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по электростатике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по электростатике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15

Повторение раздела «Электродинамика»

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электростатика, базовый уровень		
<p style="text-align: center;"> Q - источник поля q - индикатор поля </p>		
Напряженность э/с поля	Потенциал э/с поля	Разность потенциалов
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ $E_{т.з.} = k \frac{Q}{r^2}$ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ $\varphi_{т.з.} = k \frac{Q}{r}$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$	$\varphi_1 - \varphi_2 = U$ (в электростатике) $U = \frac{A}{q}$ $U = Ed$ (однородное поле)

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

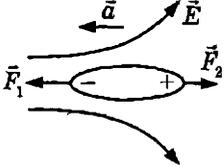
Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Электростатика»

Явление или объект	Графическая модель	Законы
<p>Взаимодействие точечных зарядов</p>		$F = k \frac{ q_1 q_2 }{\epsilon r^2},$ <p>где $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$</p>
<p>Электризация тел:</p> <ul style="list-style-type: none"> • трением • при соединении с заряженным телом • проводника в электрическом поле (электростатическая индукция) • поверхностей диэлектрика в электрическом поле (поляризация диэлектрика) <p>Электростатическое поле в вакууме:</p>		$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad \varphi = \frac{W_p}{q}$ <p>($\varphi_1 - \varphi_2 = U$)</p> <p>направление \vec{E} — уменьшение φ</p> $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ $\varphi_M = \varphi_1 + \varphi_2$ $U = Ed$
<ul style="list-style-type: none"> • однородное 		

Явление или объект	Графическая модель	Законы
<ul style="list-style-type: none"> создаваемое точечным зарядом 		$E = k \frac{ Q }{r^2}$ $\varphi = k \frac{Q}{r}$
<p>Электростатическое поле в веществе:</p> <ul style="list-style-type: none"> в проводнике поле конденсатора в диэлектрике 		$E = 0$ $E = \frac{E_0}{\epsilon}$ $C = \frac{ q }{U}, U = Ed$ $W = \frac{CU^2}{2}$ $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \text{ (плоский конденсатор)}$
<p>Равновесие тел в электростатическом поле:</p> <ul style="list-style-type: none"> точечных зарядов незаряженных тел 		$\vec{R} = 0$ $\vec{R} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{вп}} + \vec{F}$ $\vec{F} = \vec{E}q$ $F = \frac{k Q_1 q }{\epsilon r^2}$
<p>Движение в электростатическом поле</p> <ul style="list-style-type: none"> точечных зарядов 		$\vec{F} = m\vec{a}$ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ $\vec{F} = \vec{E}q \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$

Явление или объект	Графическая модель	Законы
• незаряженных тел		$\vec{R} \neq 0$

Первая строка таблицы иллюстрирует главный закон электростатики — закон Кулона.

Во второй строке описаны различные виды электризации и приведен закон сохранения заряда.

Для электростатического поля в вакууме представлены:

- наглядная модель, на которой поле изображено при помощи силовых линий и эквипотенциальных поверхностей;
- поясняющий рисунок к принципу суперпозиции полей и его уравнения;
- графические модели полей, создаваемых зарядами разной формы.

Приведены определительные формулы напряженности, потенциала и разности потенциалов; уравнения для расчета напряженности и потенциала поля точечного заряда, уравнение связи напряженности и напряжения для однородного электростатического поля.

Электростатическое поле в веществе описано для трех случаев: поле в проводнике, поле в диэлектрике, однородное поле конденсатора.

Последние две строки таблицы систематизируют знания по ситуациям, которые часто встречаются в задачах по электростатике и могут быть сведены к различным случаям равновесия или движения тел в электростатическом поле. В этих ситуациях применяются уравнения механики: второй закон Ньютона (или условие равновесия) и теорема об изменении кинетической энергии.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. С какой силой взаимодействуют два заряда $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = 9$ нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга в вакууме?

- 1) 1 мН 2) 1,5 мН 3) 0,9 мН 4) 0,6 мН

A2. С каким ускорением движется протон в однородном электростатическом поле напряженностью 10 кВ/м? Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

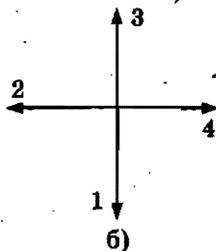
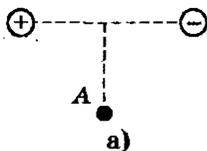
- 1) $2,58 \cdot 10^{11}$ м/с² 3) $1 \cdot 10^{10}$ м/с²
2) $9,58 \cdot 10^{11}$ м/с² 4) 9,8 м/с²

A3. Электрон влетает в однородное электростатическое поле со скоростью $1 \cdot 10^6$ м/с, направленной параллельно силовым линиям. Какую разность потенциалов он должен пройти до остановки? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- 1) 2,84 В 2) 1,2 В 3) -2,84 В 4) -3,2 В

A4. Электростатическое поле создается двумя разноименными равными по модулю зарядами $+q$ и $-q$ (рис. а). Определите направление силы, которая будет действовать на отрицательный пробный заряд, помещенный в точку А, равноотстоящую от зарядов — источников поля (рис. б).

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



A5. Расстояние d между обкладками плоского воздушного конденсатора увеличили в 2 раза, а пространство между обкладками заполнили парафином. Диэлектрическая проницаемость парафина $\epsilon = 2$. Как изменилась емкость конденсатора?

- 1) увеличилась в 4 раза 3) не изменилась
2) уменьшилась в 4 раза 4) увеличилась в 2 раза

Вариант 2

A1. Два маленьких одинаковых шарика, заряженных одинаковыми зарядами, находятся в керосине на расстоянии 6 см друг от друга и взаимодействуют с силой 1,8 мкН. Найти вели-

чину заряда каждого шарика. Диэлектрическая проницаемость керосина $\epsilon = 2$.

- 1) 1,2 нКл 2) 2,1 нКл 3) 12 нКл 4) $3,2 \cdot 10^{-9}$ Кл

A2. В некоторой точке электрического поля на заряд 2 нКл действует сила 0,8 мкН. Напряженность поля в этой точке равна:

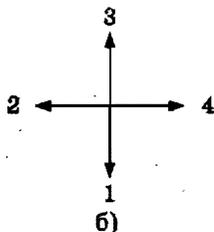
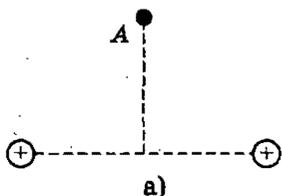
- 1) 100 В/м 2) 200 В/м 3) 400 В/м 4) 1600 В/м

A3. Электрон под действием силы электростатического поля переместился из точки поля с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 300 В. Как при этом изменилась его кинетическая энергия? Масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд равен $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- 1) уменьшилась на $1,6 \cdot 10^{-17}$ Дж
 2) увеличилась на $1,6 \cdot 10^{-17}$ Дж
 3) не изменилась
 4) увеличилась на $3,2 \cdot 10^{-17}$ Дж

A4. Электростатическое поле создается двумя одинаковыми положительными зарядами (рис. а). Каково направление силы, действующей на положительный пробный заряд, помещенный в точку А, равноудаленную от зарядов — источников поля (рис. б)?

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



A5. Емкость плоского конденсатора изменится, если, не меняя площадь обкладок и расстояние между ними, изменить:

- 1) заряд конденсатора
 2) напряжение между обкладками
 3) материал, из которого изготовлены обкладки
 4) диэлектрик между обкладками

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 1; A4 — 2; A5 — 3.

Вариант 2: A1 — 1; A2 — 3; A3 — 2; A4 — 3; A5 — 4.



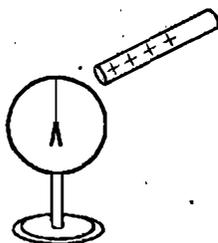
Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. К электроскопу, не касаясь его, поднесли положительно заряженную стеклянную палочку (рис.).

- 1) Покажет ли электроскоп наличие заряда?
- 2) Назовите вид электризации в данной ситуации.
- 3) Заряд какого знака приобретут лепестки электроскопа в результате электризации?



II. Два одноименных заряда по 5 нКл, находящихся в воздухе, действуют друг на друга силой 0,2 мкН.

- 1) Найдите силу взаимодействия зарядов при уменьшении расстояния между ними в 2 раза.



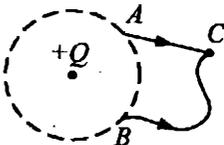
- 2) Во сколько раз надо изменить значение каждого из зарядов, чтобы при погружении их в керосин сила взаимодействия осталась той же (диэлектрическая проницаемость керосина — 2, 2)?

3) Определите значение напряженности поля, создаваемого первым зарядом, в точке А, расположенной на расстоянии 10 см от каждого из зарядов.

- 4) Укажите направление напряженности поля, создаваемого системой зарядов (+q и +q) в этой точке.

III. Точечный заряд $Q = 8$ нКл создает электрическое поле.

- 1) Определите потенциал этого поля в точке А, находящейся на расстоянии 60 см от заряда.



2) Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении заряда $q = 2$ нКл из точки А в точку с потенциалом 20 В?

3) Сравните работу сил электрического поля по перемещению заряда $q = 2$ нКл по пути АС и ВС.

IV. Напряжение между пластинами плоского конденсатора электроемкостью 20 мкФ равно 50 В.

1) Найдите энергию электрического поля конденсатора.

2) Как изменится заряд на пластинах конденсатора, если напряжение между ними увеличить в 2 раза?

3) Рассчитайте, какой станет электроемкость конденсатора, если площадь его пластин увеличить в 5 раз, а расстояние между ними — в 2 раза.

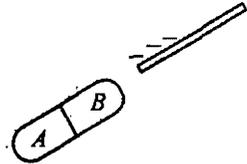
Вариант 2

I. К незаряженному телу, сделанному из диэлектрика, поднесли эбонитовую палочку.

1) Заряд какого знака распределится на поверхности тела В?

2) Назовите вид электризации в данной ситуации.

3) Чему равен суммарный заряд тел А и В?



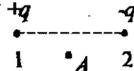
II. Два разноименных заряда по 10 нКл, находящиеся в воздухе, действуют друг на друга силой 0,1 мкН.

1) Найдите силу взаимодействия зарядов при увеличении расстояния между ними в 2 раза.

2) Во сколько раз надо изменить значение каждого из зарядов, чтобы при погружении их в масло сила взаимодействия осталась той же (диэлектрическая проницаемость масла — 2,5)?

3) Определите значение напряженности поля, создаваемого зарядом $+q$ в точке А, расположенной на расстоянии 20 см от каждого из зарядов.

4) Укажите направление напряженности поля, создаваемого системой зарядов ($+q$ и $-q$), в этой точке.

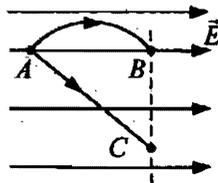


III. Напряженность однородного электрического поля равна 500 В/м.

1) Определите разность потенциалов между точками А и В, находящимися на расстоянии 20 см друг от друга.

2) Рассчитайте работу сил электрического поля по перемещению заряда $q = 1$ нКл из точки A в точку B .

3) Сравните работу сил электрического поля по перемещению заряда $q = 1$ нКл по пути AB и AC .



IV. Заряд на пластинах плоского конденсатора электроемкостью 10 мкФ равен $5 \cdot 10^{-5}$ Кл.

1) Найдите энергию электрического поля конденсатора.

2) Как изменится напряжение между пластинами конденсатора, если им сообщить заряд в 3 раза больше данного (конденсатор отключен от источника напряжения).

3) Рассчитайте электроемкость конденсатора, если площадь его пластин уменьшить вдвое, а расстояние между ними увеличить вчетверо.

Ответы к тренировочной работе

Задача	Вариант 1	Вариант 2
I	1 Да	Положительный
	2 Электростатическая индукция	Поляризация
	3 Положительный	0
II	1 0,8 Н	$2,5 \cdot 10^3$ Н
	2 Увеличить в 1,4 раза	Увеличить в 1,6 раза
	3 $4,5 \cdot 10^3$ В/м	$2,25 \cdot 10^3$ В/м
	4 $\begin{matrix} A \\ \downarrow \\ \vec{E} \end{matrix}$	$A \rightarrow \vec{E}$
III	1 120 В	100 В
	2 $2 \cdot 10^{-7}$ Дж	10^{-7} Дж
	3 Равны	Равны
IV	1 $2,5 \cdot 10^{-4}$ Дж	$1,25 \cdot 10^{-4}$ Дж
	2 Увеличится в 2 раза	Увеличится в 3 раза
	3 125 мкФ	$1,25 \cdot 10^{-4}$ Ф



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Постоянный электрический ток»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.2.1 Сила тока	Определение понятий: «проводник», «электрический ток», «источник тока», «постоянный электрический ток», «сила тока», «электрическая цепь»
3.2.2 Напряжение 3.2.3 Закон Ома для участка цепи	Определение понятия «напряжение»; графическая модель электрического тока в участке цепи; формулировка, уравнение и график закона Ома для участка цепи
3.2.4 Электрическое сопротивление	Определение понятий «сопротивление», «удельное сопротивление»; зависимость сопротивления от длины и площади поперечного сечения»
3.2.5 Электродвижущая сила 3.2.6 Закон Ома для полной электрической цепи	Определение понятий «сторонние силы», «ЭДС источника тока»; закон Ома для полной электрической цепи (формулировка и управление)
3.2.7 Параллельное соединение проводников 3.2.8 Последовательное соединение проводников	Определение понятий «последовательное и параллельное соединения проводников»; графические модели электрического тока в участке цепи при последовательном и параллельном соединениях проводников; законы последовательного и параллельного соединений проводников
3.2.9 Работа электрического тока 3.2.10 Мощность электрического тока	Определение понятия «работа электрического тока»; закон Джоуля — Ленца (формулировка и формула), формулы работы и мощности тока
3.2.11 Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах	Определение понятий «электролитическая диссоциация», «ионная проводимость», «электролиз», «электрический разряд», «ионизация», «термоэлектронная эмиссия»; графические модели электрического тока в металле, электролите, газе, вакууме; закон Фарадея (формулировка и формула)

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.2.12 Полупроводники. Собственная проводимость полупроводников	Определение понятий «полупроводник», «собственная проводимость»; графические модели строения полупроводника, тока в полупроводнике, график зависимости удельного сопротивления полупроводников от температуры
3.2.13 Примесная проводимость полупроводников	Определение понятий «примесная проводимость», «донорные примеси», «акцепторные примеси»; графические модели электронной и дырочной проводимостей

Урок 23

ТЕМА: Постоянный электрический ток, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о постоянном электрическом токе;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о постоянном электрическом токе для выполнения заданий базового уровня.

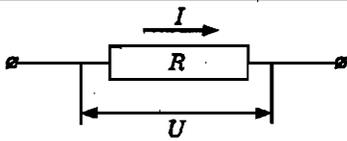
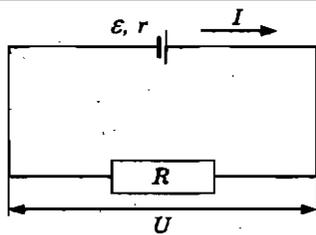
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Постоянный электрический ток»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Постоянный электрический ток»);
- представленные наглядно ответы к заданиям

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о постоянном электрическом токе	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о постоянном электрическом токе	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Постоянный электрический ток, базовый уровень	
Участок цепи	Полная цепь
 $I = \frac{U}{R}$ $R = \rho \frac{l}{S}$ $P = IU$	 $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ $U = \varepsilon - Ir$ $P_{\text{полн.}} = \varepsilon I \quad P_{\text{ползн.}} = UI$

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

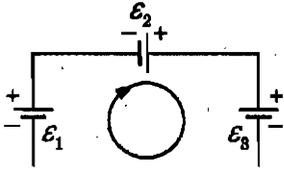
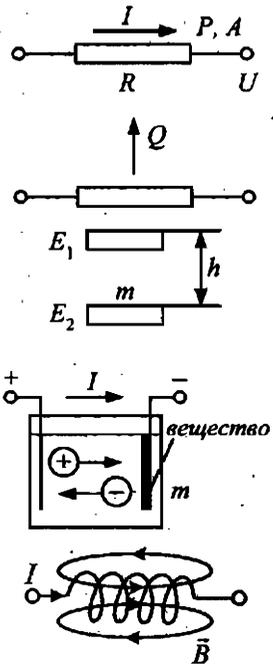
Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме «Постоянный электрический ток»

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Постоянный электрический ток:</p> <ul style="list-style-type: none"> • через металлический проводник 		$I = \frac{U}{R}; R = \rho \frac{l}{S}$ $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$
<ul style="list-style-type: none"> • в участке цепи, содержащем последовательно и параллельно соединенные потребители 	 	$I = I_1 = I_2$ $U = U_1 + U_2$ $R = R_1 + R_2$ $I = I_1 + I_2$ $U = U_1 = U_2$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
<ul style="list-style-type: none"> • в замкнутой цепи 		$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \dots$

Явление	Графическая модель	Законы
		$\varepsilon = \frac{A_{em}}{q}$ $U = IR$
<p>Действия электрического тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> • тепловое • механическое • химическое • магнитное 		$A = IUt$ $P = \frac{A}{t}$ $Q = \eta A \quad (Q = I^2 R t)$ $\eta A = E_2 - E_1 $ $m = k I \Delta t$ $k = \frac{1}{e N_A} \frac{M}{n}$ $A = W_{\text{м}}$ $W_{\text{м}} = \frac{L I^2}{2}$

В таблице систематизированы знания о постоянном электрическом токе и его действиях (явлениях, сопровождающих протекание тока в потребителе).

Представлены три модели электрического тока: в металлическом проводнике, в участке цепи, содержащем последовательно и параллельно соединенные потребители, в замкнутой электрической цепи. Для каждой модели приведены соответствующие законы. Законы, описывающие первую модель, применимы и для двух других.

Действия электрического тока описаны с помощью четырех моделей. Первая модель является общей и относящиеся к ней уравнения применимы для любого действия тока. Осталь-

ные модели и уравнения описывают тепловое, химическое и магнитное действия тока, а также превращение электрической энергии в механическую, названное механическим действием тока.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

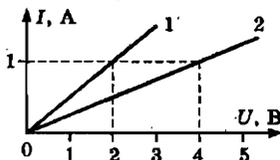
A1. Конденсатор емкостью 200 мкФ заряжается до напряжения 100 В за 0,5 с. Чему равно среднее значение силы зарядного тока?

- 1) 1 А 2) 100 мкА 3) 40 мкА 4) 4 А

A2. Три одинаковых резистора, соединенные последовательно, имеют общее сопротивление 9 Ом. Какое сопротивление будет иметь участок схемы, если эти резисторы соединить параллельно?

- 1) 3 Ом 2) 1 Ом 3) 0,5 Ом 4) 9 Ом.

A3. На рисунке представлены вольт — амперные характеристики двух резисторов разной длины, одинакового сечения, изготовленных из одного металла. Каково отношение длин l_1 и l_2 резисторов?



- 1) $l_1 / l_2 = 2$ 2) $l_2 / l_1 = 2$ 3) $l_2 / l_1 = 4$ 4) $l_2 = l_1$

A4. К источнику постоянного тока с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен резистор 19 Ом. Определить полезную мощность P и коэффициент полезного действия η схемы.

- 1) $P = 190$ мВт, $\eta = 95\%$ 3) $P = 100$ мВт, $\eta = 50\%$
 2) $P = 200$ мВт, $\eta = 80\%$ 4) $P = 100$ мВт, $\eta = 100\%$

A5. Какой ток нужно пропустить через электролитическую ванну с раствором соли никеля, чтобы за 2 часа на катоде выделилось 25 г никеля? Валентность никеля 2, молярная масса 60 г/моль, постоянная Фарадея $F = 9,6 \cdot 10^6$ кг/Кл.

- 1) 1,5 А 2) 2,1 А 3) 5,5 А 4) 11,6 А

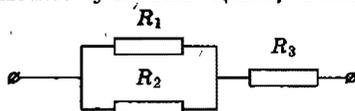
Вариант 2

A1. Проводник длиной 200 м с площадью поперечного сечения $0,5 \text{ см}^2$ обладает электрическим сопротивлением 10 Ом. Удельное электрическое сопротивление материала равно:

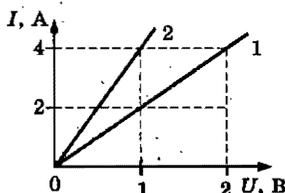
- 1) $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ 3) $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$
 2) $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ 4) $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

A2. Определите общее сопротивление участка цепи, если $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 5 \text{ Ом}$.

- 1) 25 Ом 3) 2,5 Ом
 2) 10 Ом 4) 15 Ом



A3. На рисунке представлены вольт — амперные характеристики двух резисторов, изготовленных из разных материалов. Как соотносятся удельные сопротивления этих материалов ρ_1 и ρ_2 , если резисторы имеют одинаковую длину и площадь поперечного сечения?



- 1) $\rho_1 = 2\rho_2$ 2) $\rho_2 = 2\rho_1$ 3) $\rho_1 = \rho_2$
 4) недостаточно данных для однозначного ответа

A4. Лампа сопротивлением 90 Ом подключена к генератору с ЭДС 220 В и внутренним сопротивлением 15 Ом. Сопротивление подводящих проводов 5 Ом. Найти силу тока в лампе и отношение мощности тепловых потерь к полезной мощности.

- 1) $I = 2 \text{ А}$, $P_{\text{т}}/P = 0,9$ 3) $I = 0,5 \text{ А}$, $P_{\text{т}}/P = 0,18$
 2) $I = 0,5 \text{ А}$, $P_{\text{т}}/P = 0,22$ 4) $I = 2 \text{ А}$, $P_{\text{т}}/P = 0,22$

A5. В электровакуумном диоде сила тока насыщения $I_{\text{н}} = 40 \text{ мА}$. Какое количество электронов N вылетает с катода за 1 секунду? Модуль заряда электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

- 1) $2,5 \cdot 10^{17}$ 2) $5 \cdot 10^{16}$ 3) $2,5 \cdot 10^{18}$ 4) $4 \cdot 10^{19}$

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 1; A4 — 1; A5 — 4.

Вариант 2: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 3; A4 — 4; A5 — 1.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу со-

держания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. При напряжении 10 В сила тока в никелевой спирали равна 2 А.

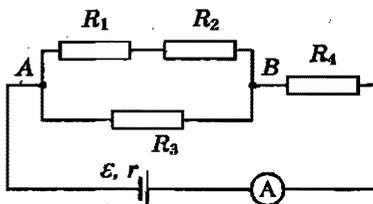
Рассчитайте:

- 1) сопротивление спирали;
- 2) площадь поперечного сечения спирали длиной 2 м (удельное сопротивление никеля — $42 \cdot 10^{-8}$ Ом·м);
- 3) скорость упорядоченного движения электронов в проводнике, если концентрация электронов равна $8,5 \cdot 10^{28}$ м⁻³;
- 4) мощность тока в спирали;
- 5) количество теплоты, выделяющееся за 10 с;
- 6) заряд, переносимый через поперечное сечение проводника в течение 5 мин.

II. На рисунке представлены соединения резисторов сопротивлениями $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $R_4 = 4$ Ом, внутреннее сопротивление источника тока $r = 0,5$ Ом.

Рассчитайте:

- 1) полное сопротивление цепи;
- 2) ЭДС источника тока, если амперметр показывает силу тока 10 А;
- 3) напряжение на участке АВ;
- 4) силу тока в проводнике сопротивлением R_3 ;
- 5) падение напряжения на источнике тока;
- 6) работу сторонних сил по перемещению элементарного заряда.



Вариант 2

I. В медном электропроводе сопротивлением 8,5 Ом сила тока равна 2 А.

Рассчитайте:

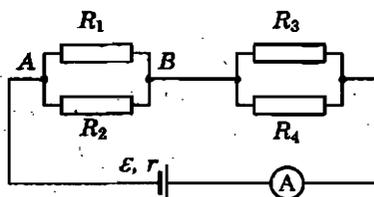
- 1) напряжение на концах провода;
- 2) длину провода площадью поперечного сечения 2 мм² (удельное сопротивление меди — $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м);

- 3) скорость упорядоченного движения электронов в проводе, если концентрация электронов равна 10^{28} м^{-3} ;
- 4) мощность тока в проводе;
- 5) количество теплоты, выделяющееся за 10 с;
- 6) заряд, переносимый через поперечное сечение проводника в течение 2 мин.

II. На рисунке представлены соединения резисторов сопротивлениями: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление источника тока $r = 0,6 \text{ Ом}$.

Рассчитайте:

- 1) полное сопротивление цепи;
- 2) ЭДС источника тока, если амперметр показывает силу тока 5 А;
- 3) напряжение на участке АВ;
- 4) силу тока в резисторе сопротивлением R_2 ;
- 5) падение напряжения на источнике тока;
- 6) работу сторонних сил по перемещению элементарного заряда.



Ответы к тренировочной работе

Задание	I					
	1	2	3	4	5	6
Вариант 1	5 Ом	$1,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$	0,9 мм/с	20 Вт	200 Дж	600 Кл
Вариант 2	17 В	1 км	0,6 мм/с	34 Вт	340 Дж	240 Кл

Задание	II					
	1	2	3	4	5	6
Вариант 1	7 Ом	70 В	25 В	5 А	5 В	$1,1 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$
Вариант 2	4 Ом	20 В	5 В	2,5 А	3 В	$3,2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме
«Магнитное поле»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.3.1 Взаимодействие магнитов	Определение понятий «магнитное взаимодействие», «магнитное поле»
3.3.2 Индукция магнитного поля	Определение понятия «вектор магнитной индукции»; графическая модель магнитного поля постоянных магнитов и проводников с током простейших форм; правило буравчика
3.3.3 Сила Ампера	Определение понятия «сила Ампера»; закон Ампера (формулировка и формула); правило левой руки
3.3.4 Сила Лоренца	Определение понятия «сила Лоренца»; уравнение для расчета силы Лоренца

Урок 24

ТЕМА: Магнитное поле, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о магнитном поле;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о магнитном поле для выполнения заданий базового уровня.

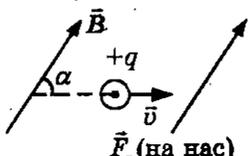
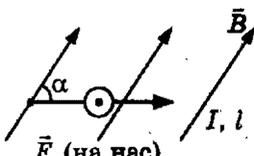
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме Магнитное поле»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Магнитное поле»);
- представленные наглядно ответы к заданиям

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о магнитном поле	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о магнитном поле	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Магнитное поле, базовый уровень		
Вектор магнитной индукции	Сила Лоренца	Сила Ампера
\vec{B} , Тл Направление:  правило буравчика Величина: $B = \frac{M_{\max}}{IS}$	\vec{F}_L , действует на движущийся заряд  \vec{F}_L (на нас) $F_L = qvB \sin \alpha$	\vec{F}_A , действует на проводник с током  \vec{F}_A (на нас) $F_A = IBl \sin \alpha$ $\vec{F}_A = \sum \vec{F}_L$

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

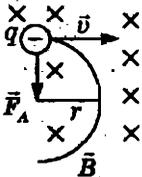
Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме «Магнитное поле»

Явление или объект	Графическая модель	Законы
Постоянное магнитное поле		$B = \frac{M_{\max}}{IS}$ $\Phi = BS \cos \alpha$ $W_M = \frac{LI^2}{2}$ <p>Правило буравчика</p>
Движение проводника с током в магнитном поле		$\vec{F}_a + \vec{R} = m\vec{a};$ $F_a = BII \sin \alpha$ <p>Правило левой руки</p> $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$

Явление или объект	Графическая модель	Законы
Движение точечного заряда в магнитном поле		Правило левой руки $F_A = Bqv \sin \alpha$ $r = \frac{mv}{qB}$ $A_{\perp} = 0$

В строке «Постоянное магнитное поле» представлены модель, поясняющая определение вектора магнитной индукции и магнитного потока, графические изображения полей, создаваемых различными источниками (постоянным полосовым магнитом, прямым током, круговым током, током в соленоиде). Приведены формулы-определения магнитной индукции и магнитного потока, уравнение для расчета энергии магнитного поля.

Вторая строка иллюстрирует применение закона Ампера к движению проводника с током в магнитном поле. Основными для этого случая являются второй закон Ньютона и теорема об изменении кинетической энергии.

Третья строка поясняет применение уравнения для силы Лоренца к частному случаю движения точечного заряда в магнитном поле, перпендикулярном скорости заряда.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Если по двум параллельным проводам токи текут в одном направлении, то эти провода:

- 1) не взаимодействуют
- 2) отталкиваются
- 3) притягиваются
- 4) в зависимости от силы тока притягиваются или отталкиваются

A2. Проводник длиной 10 см, по которому течет ток 3 А, находится в магнитном поле с индукцией 20 мТл. Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен 30° . Чему равна сила Ампера, действующая на проводник?

- 1) 3 мН
- 2) 1,5 мН
- 3) 6 мН
- 4) 12 мН

A3. Заряженная частица движется со скоростью v в магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R . Как изменится радиус окружности, если скорость частицы увеличить в 2 раза, а индукцию поля оставить прежней?

- 1) уменьшится в 2 раза 3) увеличится в 4 раза
2) увеличится в 2 раза 4) не изменится

A4. Протон влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,05$ Тл под углом 30° к линиям магнитной индукции со скоростью 100 м/с. При этом на него действует сила Лоренца, равная

- 1) $4 \cdot 10^{-20}$ Н 2) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Н 3) $4 \cdot 10^{-18}$ Н 4) $8 \cdot 10^{-18}$ Н

A5. В магнитное поле с индукцией $B = 5 \cdot 10^{-3}$ Тл помещена рамка, имеющая 100 витков. Площадь одного витка 10 см², сила тока в рамке 2 А. Максимальный вращающий момент силы Ампера, действующий на рамку, равен:

- 1) 1 Н · м 2) 10^{-3} Н · м 3) $5 \cdot 10^{-2}$ Н · м 4) $0,1$ Н · м

Вариант 2

A1. Горизонтальный проводник массой m и длиной l находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией B . Вектор индукции перпендикулярен проводнику. Какой ток надо пропустить через проводник, чтобы он парил в воздухе?

- 1) $I = \frac{mg}{B}$ 2) $I = \frac{lmg}{B}$ 3) $I = \frac{mg}{lB}$ 4) $I = \frac{lB}{mg}$

A2. Чему равна сила, которая действует на электрон, влетевший со скоростью $3 \cdot 10^6$ м/с в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1 \cdot 10^{-2}$ Тл параллельно линиям магнитной индукции?

- 1) $4,8 \cdot 10^{-15}$ Н 3) $3,6 \cdot 10^{-11}$ Н
2) $1,8 \cdot 10^{-13}$ Н 4) 0 Н

A3. В однородном магнитном поле электрон описывает окружность радиусом R за время T . Какими станут радиус окружности R_1 и период обращения электрона T_1 , если индукция магнитного поля уменьшится в 2 раза?

- 1) $R_1 = 2R, T_1 = T$ 3) $R_1 = R/2, T_1 = T$
2) $R_1 = R/2, T_1 = T/2$ 4) $R_1 = R, T_1 = 2T$

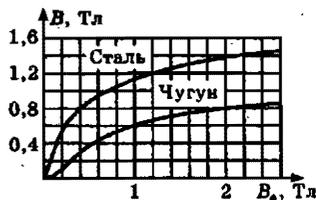
A4. Прямолинейный проводник длиной $0,5$ м, по которому течет ток 1 А, находится в магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл. Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной

индукции. Определить работу, которую совершают источники тока при перемещении проводника на 1 м в направлении силы Ампера.

- 1) 1 Дж 2) 0,5 Дж 3) 0,25 Дж 4) 1 Дж

A5. По графику определите магнитную проницаемость чугуна при индукции намагничивающего внешнего поля $B_0 = 2$ мТл.

- 1) 0,4 3) 40
2) 400 4) 0,8



Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 1; A3 — 2; A4 — 3; A5 — 2.

Вариант 2: A1 — 4; A2 — 4; A3 — 1; A4 — 3; A5 — 2.

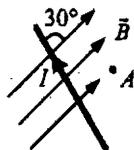


Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. По прямолинейному проводнику длиной 1 м протекает электрический ток силой тока 5 А. Проводник находится в однородном магнитном поле магнитной индукцией 4 Тл, направленной под углом 30° к проводнику.



- 1) Укажите направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого током в точке А.
- 2) Постройте линию магнитной индукции, проходящую через эту точку.
- 3) Найдите направление и модуль силы Ампера, действующей на проводник со стороны магнитного поля, в котором он находится.

II. Электрон влетает в однородное магнитное поле индукцией $B = 0,3 \text{ Тл}$ со скоростью $5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$.

1) Найдите направление и модуль силы Лоренца, действующей на электрон.

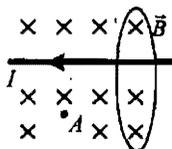
2) Рассчитайте радиус окружности, по которой движется электрон (масса покоя электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$).

3) Изменится ли (и если да, то как) период обращения электрона по окружности при увеличении скорости в 2 раза?



Вариант 2

I. По прямолинейному проводнику длиной 2 м протекает электрический ток. Сила тока в проводнике 1 А. Проводник находится в однородном магнитном поле магнитной индукцией 10 Тл.



1) Укажите направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого током в точке А.

2) Постройте линию магнитной индукции, проходящую через эту точку.

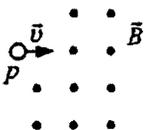
3) Найдите направление и модуль силы Ампера, действующей на проводник со стороны магнитного поля.

II. Протон влетает в однородное магнитное поле индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$ со скоростью $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

1) Найдите направление и модуль силы Лоренца, действующей на протон.

2) Рассчитайте радиус окружности, по которой движется протон (масса покоя протона — $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

3) Изменится ли (и если да, то как) период обращения протона по окружности при увеличении скорости в 3 раза?



Ответы к тренировочной работе

Задание	I			II		
	1	2	3	1	2	3
Вариант 1	$\otimes A$ \vec{B} — от нас		$\otimes \vec{F}_A$ — 10 Н	$2,4 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$ 	0,9 мм	Не изменится
Вариант 2	$\odot A$ \vec{B} — на нас		$\uparrow \vec{F}_A$ — вверх 20 Н	$2,4 \cdot 10^{-18} \text{ Н}$ 	6,4 см	Не изменится



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Электромагнитная индукция»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.4.1 Явление электромагнитной индукции	Определение понятия «электромагнитная индукция»; графическая модель явления электромагнитной индукции, возникновения ЭДС индукции в движущемся проводнике
3.4.2 Магнитный поток	Определение понятия «магнитный поток»
3.4.3 Закон электромагнитной индукции	Определение понятия «ЭДС индукции», закон электромагнитной индукции, формулировка и управление
3.4.4 Правило Ленца	Формулировка правила, графическая модель противодействия изменению магнитного потока
3.30 Вихревое электрическое поле	Определение понятия «вихревое электрическое поле»; «порождения вихревого электрического поля переменным магнитным полем»
3.31 Электродвигатели. Электрогенераторы	Принцип действия и устройство электродвигателей и электрогенераторов
3.4.5 Самоиндукция 3.4.6 Индуктивность 3.4.7 Энергия магнитного поля	Определение понятий «самоиндукция», «индуктивность», графическая модель явления самоиндукции, закон самоиндукции, формула энергии магнитного поля катушки с током

Урок 25

ТЕМА: Электромагнитная индукция, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания об электромагнитной индукции;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний об электромагнитной индукции для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Электромагнитная индукция»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Электромагнитная индукция»);
- представленные наглядно ответы к заданиям

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний об электромагнитной индукции	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний об электромагнитной индукции	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочная работа), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электромагнитная индукция, базовый уровень	
Условия возникновения явления	Индукционный ток
<p>1) контур — проводящий, замкнутый</p> <p>2) Φ — меняется</p> <p style="text-align: center;">$\Phi = BS \cos \alpha$</p> <div style="text-align: center;"> <p>A central circle contains the symbol for magnetic flux, Φ, with a double-headed vertical arrow. Three arrows point downwards from this circle to three separate symbols: $B \updownarrow$, $S \updownarrow$, and $\alpha \updownarrow$.</p> </div>	<p>Величина:</p> $I_t = \frac{\varepsilon_t}{R},$ <p>где $\varepsilon_t = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$</p> <p>(закон электромагнитной индукции)</p> <p>Направление: правило Ленца.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Two diagrams of a circular loop. In the first, vertical arrows represent an upward magnetic field \vec{B} and a downward induced field \vec{B}_t. A clockwise current I_t is shown in the loop. In the second, vertical arrows represent a downward magnetic field \vec{B} and an upward induced field \vec{B}_t. A counter-clockwise current I_t is shown in the loop.</p> </div> <p style="text-align: center;">$\Phi \uparrow \Rightarrow \vec{B}_t \downarrow \vec{B}$ $\Phi \downarrow \Rightarrow \vec{B}_t \uparrow \vec{B}$</p>

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Электромагнитная индукция»

Явление	Графическая модель	Законы и уравнения связи
<p>Электромагнитная индукция</p> <ul style="list-style-type: none"> • под действием внешнего поля • под действием собственного поля проводника (самоиндукция) • в движущемся проводнике 	<p>$\Phi \uparrow (\Delta\Phi > 0)$ $\Phi \downarrow (\Delta\Phi < 0)$</p>	$\epsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ <p>правило Ленца $\Phi = BSc\cos\alpha$</p> $\Phi = LI$ $\epsilon_{ib} = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$ $W_{Lc} = \frac{LI^2}{2}$ $\epsilon_i = vBl\sin\alpha$

В первой строке таблицы представлены общие сведения об электромагнитной индукции: графические модели возникновения индукционного тока в замкнутом контуре при увеличении ($\Phi \uparrow$) и уменьшении ($\Phi \downarrow$) магнитного потока, закон электромагнитной индукции и определяющая формула магнитного потока.

Во второй и третьей строках описаны частные случаи электромагнитной индукции: самоиндукция и возникновение ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле.

Графические модели самоиндукции иллюстрируют тот факт, что это явление препятствует нарастанию (верхний рису-

нок) и убыванию (нижний рисунок) силы тока в катушке. Направление силовых линий и индукционного тока указано в соответствии с правилом буравчика и правилом Ленца.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

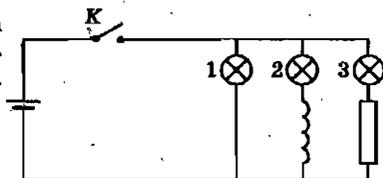
Вариант 1

A1. Контур, охватывающий площадь 20 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл . Чему равен магнитный поток, пронизывающий этот контур, если его плоскость составляет угол 60° с вектором магнитной индукции поля, а контур содержит 10 витков?

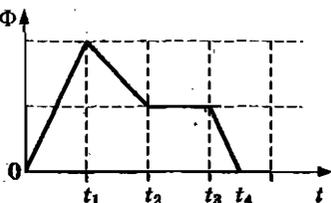
- 1) 50 мВб 2) 34 мВб 3) 1 Вб 4) $0,15 \text{ Вб}$

A2. На рисунке представлена схема. Какая из ламп на этой схеме загорится позже остальных после замыкания ключа K ?

- 1) все загорятся одновременно
2) 1 3) 2 4) 3



A3. Зависимость магнитного потока, пронизывающего контур, от времени представлена на рисунке. В течение какого промежутка времени модуль ЭДС электромагнитной индукции имеет минимальное значение?



- 1) $0 - t_1$ 2) $t_1 - t_2$ 3) $t_2 - t_3$ 4) $t_3 - t_4$

A4. Определить сопротивление контура, находящегося в однородном магнитном поле, если при равномерном изменении магнитного потока через контур на $0,3 \text{ Вб}$ за 3 с через контур протекал ток $0,1 \text{ А}$.

- 1) 3 Ом 2) 10 Ом 3) $0,5 \text{ Ом}$ 4) 1 Ом

A5. Через катушку с индуктивностью 2 Гн протекал ток 1 А . Ток равномерно уменьшился до 0 за $0,1 \text{ с}$. При этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции величиной:

- 1) 10 В 2) 20 В 3) 5 В 4) 1 В

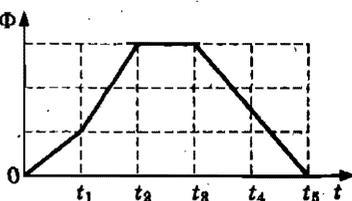
Вариант 2

A1. Контур площадью 40 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией 5 Тл . Вектор \vec{B} составляет угол 30° с плоскостью контура. Магнитный поток через плоскость контура равен:

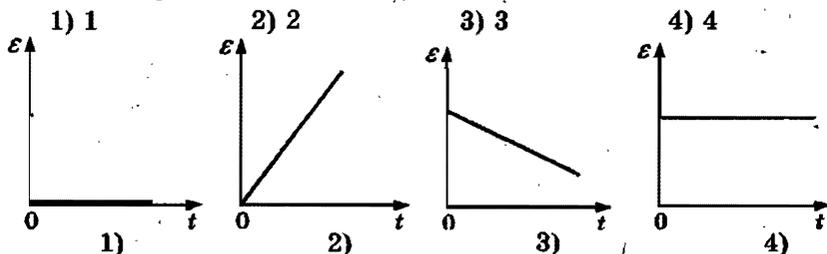
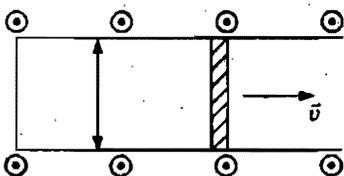
- 1) $3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ 2) $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ 3) $1 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ 4) 10 Вб

A2. Магнитный поток через Φ площадь, ограниченную контуром, меняется со временем. В какой промежуток времени модуль ЭДС электромагнитной индукции имеет максимальное значение?

- 1) $0 - t_1$ 3) $t_2 - t_3$
2) $t_1 - t_2$ 4) $t_3 - t_4$



A3. Параллельные горизонтальные проводники с одного конца замкнуты неподвижным проводником длиной l (Π-образная конструкция) и помещены в однородное магнитное поле, вектор индукции \vec{B} которого образует угол 90° с плоскостью конструкции. По этим проводникам равномерно со скоростью v перемещается подвижная перемычка. Какой из графиков выражает зависимость от времени ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в этой цепи?



A4. По катушке протекает постоянный ток 1 А . Он создает магнитное поле, энергия которого равна $0,25 \text{ Дж}$. Индуктивность катушки равна:

- 1) $0,25 \text{ Гн}$ 2) $0,5 \text{ Гн}$ 3) $0,75 \text{ Гн}$ 4) $1,25 \text{ Гн}$

A5. В обмотке электродвигателя, индуктивность которой 4 Гн , возбуждается ЭДС самоиндукции, равная 100 В . При этом скорость изменения силы тока в обмотке равна:

- 1) $25 \frac{\text{А}}{\text{С}}$ 2) $10 \frac{\text{А}}{\text{С}}$ 3) $6 \frac{\text{А}}{\text{С}}$ 4) $1 \frac{\text{А}}{\text{С}}$

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 2; A2 — 3; A3 — 3; A4 — 4; A5 — 2.

Вариант 2: A1 — 3; A2 — 2; A3 — 4; A4 — 2; A5 — 1.



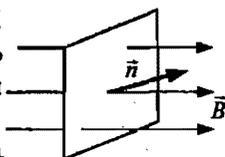
Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Квадратная проволочная рамка со стороной 4 см и сопротивлением 0,2 Ом находится в однородном магнитном поле индукцией 0,4 Тл.

1) Рассчитайте магнитный поток, пронизывающий рамку, если угол между нормалью \vec{n} к рамке и вектором магнитной индукции составляет 30° .



2) Найдите ЭДС индукции, возникшую за 10 с в рамке при равномерном уменьшении магнитного потока на 15 мВб.

3) Укажите направление и рассчитайте силу индукционного тока.

II. Сила тока в катушке индуктивностью 2 Гн равна 2 А.

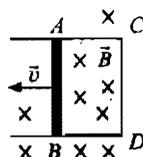
1) Рассчитайте магнитный поток, создаваемый током.

2) Вычислите энергию магнитного поля катушки с током.

3) Найдите ЭДС самоиндукции, возникающую в течение 0,2 с в катушке при равномерном уменьшении силы тока до 0,5 А.

Вариант 2

I. По параллельным металлическим проводникам, расположенным в однородном магнитном поле индукцией 0,6 Тл, с постоянной скоростью 2 м/с перемещается перемычка АВ.



Повторение раздела «Электродинамика»

1) Рассчитайте магнитный поток, пронизывающий контур $ABCD$ в момент времени, когда $AB = BD = 30$ см.

2) Найдите ЭДС индукции, возникшую на концах перемычки.

3) Укажите направление и рассчитайте силу индукционного тока в перемычке, если ее сопротивление равно 10 Ом, а сопротивлением других проводников можно пренебречь.

II. Электрический ток создает в контуре магнитный поток 12 Вб. Сила тока в контуре 3 А.

1) Рассчитайте индуктивность контура.

2) Вычислите энергию магнитного поля контура с током.

3) Найдите ЭДС самоиндукции, возникающую в течение 5 с в контуре при равномерном уменьшении силы тока до 1 А.

Ответы к тренировочной работе

Задание	I			II		
	1	2	3	1	2	3
Вариант 2	48 мВб	1,5 мВ	7,5 мА	4 Вб	4 Дж	15 В
Вариант 2	54 мВб	0,36 В	36 мА	4 Тл	18 Дж	1,6 В



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Электромагнитные колебания и волны»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.5.1 Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания 3.5.2 Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	Определение понятий «колебательный контур», «электромагнитные колебания», «свободные электромагнитные колебания», «вынужденные электромагнитные колебания», «линейная частота колебаний», «циклическая частота колебаний», «резонанс в колебательном контуре»; графические модели колеба-

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
	ний в колебательном контуре; уравнения и графики зависимостей заряда, силы тока, напряжения и энергии от времени в колебательном контуре, формула Томсона, закон сохранения и превращения энергии
3.5.3 Переменный ток	<p>Определение понятий «переменный электрический ток», «действующие значения силы тока и напряжения»; графическая модель переменного тока в цепях с активным, индуктивным или емкостным сопротивлением.</p> <p>Закономерности: уравнение и график зависимости напряжения и силы тока от времени в цепях переменного тока, формула связи амплитудного и действующего значений силы тока и напряжения, закон Ома для переменного тока, выражения для емкостного и индуктивного сопротивлений</p>
3.5.4 Производство, передача и потребление электроэнергии. Трансформатор	<p>Принцип действия генератора и трансформатора переменного тока, принципиальная схема передачи электроэнергии, уравнение связи напряжения и силы тока в первичной и вторичной обмотках трансформатора, определяющая формула коэффициента трансформации</p>
3.5.5 Электромагнитные волны	<p>Определение понятий «электромагнитное поле, электромагнитная волна», «поток энергии», «плотность потока энергии», «интенсивность электромагнитной волны»; графическая модель электромагнитной волны; уравнения связи длины волны и периода, зависимость интенсивности волны от ее частоты.</p> <p>Формулировка фактов «поперечности электромагнитных волн», «распространения электромагнитных волн со скоростью света», «излучения электромагнитных волн ускоренно движущимися зарядами»</p>

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.5.6 Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение	<p>Определение понятий «радиосвязь», «модуляция», «амплитудная модуляция», «частотная модуляция», «детектирование», описание принципов и блок-схема радиосвязи.</p> <p>Определение понятий шкала электромагнитных волн, радиоволны, световое излучение, инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение; значение скорости света в вакууме; свойства волн различных диапазонов.</p>

Урок 26

ТЕМА: Электромагнитные колебания и волны, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания об электромагнитных колебаниях и волнах;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний об электромагнитных колебаниях и волнах для выполнения заданий базового уровня.

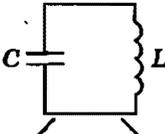
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме Электромагнитные колебания и волны»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Электромагнитные колебания и волны»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний об электромагнитных колебаниях и волнах	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний об электромагнитных колебаниях и волнах	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний ...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электромагнитные колебания и волны, базовый уровень	
Колебания	Волны
Замкнутый колебательный контур  $\varepsilon = 0$ свободные колебания $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	Открытый колебательный контур $E = E_m \cos \omega t$ $B = B_m \cos \omega t$ $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$ $v = c$ в вакууме $v = \frac{c}{n}$ в веществе <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> $I - \omega^4$ </div>
$\varepsilon = \varepsilon_m \cos \omega t$ вынужденные колебания (переменный ток) с частотой ω	

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

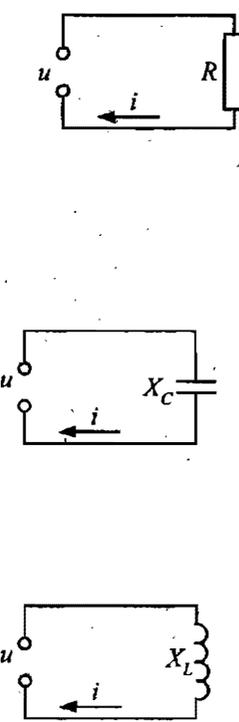
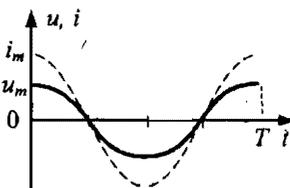
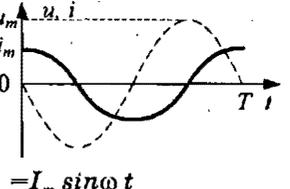
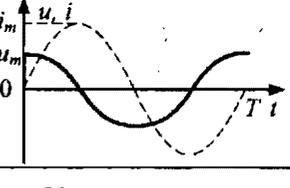
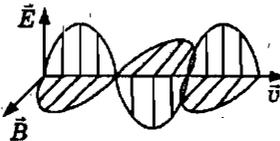
Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме «Электромагнитные колебания и волны»

Явление	Графическая модель	Законы
Свободные электромагнитные колебания		$q = q_m \cos \omega_0 t$ $i = I_m \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$ $I_m = q_m \omega_0, T = 2\pi\sqrt{LC}$ $W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C};$ $W = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$ $(T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \lambda = \frac{1}{\nu}, U = \frac{q}{C})$

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Вынужденные электромагнитные колебания в цепи с активным сопротивлением</p> <p>• в цепи с емкостным сопротивлением</p> <p>• в цепи с индуктивным сопротивлением</p>	 <p>The first diagram shows a series circuit with an AC voltage source u and a resistor R. The current i flows clockwise. The second diagram shows a series circuit with an AC voltage source u and a capacitor X_C. The current i flows clockwise. The third diagram shows a series circuit with an AC voltage source u and an inductor X_L. The current i flows clockwise.</p>	<p>$u = U_m \cos \omega t$</p> <p>$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$</p> <p>$i = I_m \cos \omega t$</p> <p>$I = \frac{U}{R} (I_m = \frac{U_m}{R})$</p> <p>$P = IU$</p>  <p>The graph shows voltage u (solid line) and current i (dashed line) versus time t. Both are in phase, starting at their maximum values u_m and i_m respectively.</p> <p>$i = I_m \cos(\omega t + \pi/2)$</p> <p>$I = \frac{U}{X_C}, X_C = \frac{1}{\omega C}$</p>  <p>The graph shows voltage u (solid line) and current i (dashed line) versus time t. The current i leads the voltage u by $\pi/2$.</p> <p>$i = I_m \sin \omega t$</p> <p>$I = \frac{U}{X_L}, X_L = \omega L$</p>  <p>The graph shows voltage u (solid line) and current i (dashed line) versus time t. The current i lags the voltage u by $\pi/2$.</p>
<p>Электромагнитные волны</p>	 <p>The diagram shows a transverse electromagnetic wave propagating along the \vec{v} axis. The electric field vector \vec{E} oscillates vertically, and the magnetic field vector \vec{B} oscillates horizontally, perpendicular to \vec{E}. The wave is shown in a vacuum.</p> <p>в вакууме $v = c$</p>	<p>$l = \frac{cT}{2}$</p> <p>(радиолокация)</p> <p>$\lambda = cT; \lambda = \frac{c}{\nu}$</p> <p>$I \sim \omega^4$</p>

В таблице описаны два типа электромагнитных колебаний (свободные и вынужденные) и электромагнитные волны.

Для свободных колебаний приведена модель колебаний в идеальном колебательном контуре. В аналитической и графической форме описаны зависимости колеблющихся величин от времени и энергетические превращения в контуре.

Для вынужденных колебаний рассмотрены три вида электрических цепей: с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением. Приведены схемы цепей, уравнения и графики зависимости силы тока в цепи и напряжения на концах нагрузки от времени.

В последней строке изображена модель электромагнитной волны, выписаны уравнения для определения расстояния до объектов методом радиолокации, уравнения связи длины волны с периодом и частотой колебаний. Отмечено, что интенсивность электромагнитных волн пропорциональна четвертой степени частоты.

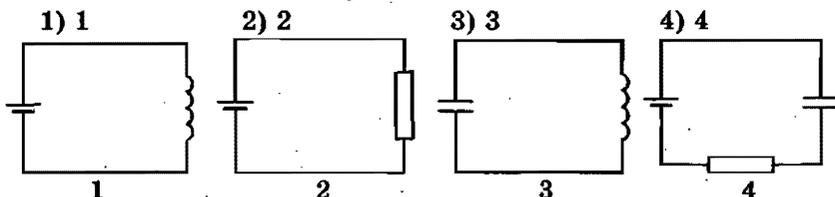


Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1.

A1. Среди приведенных ниже схем выберите схему идеального колебательного контура.



A2. Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если емкость конденсатора увеличить в 4 раза, а индуктивность катушки оставить прежней?

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A3. Напряжение на конденсаторе колебательного контура емкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ меняется по закону $U = 10 \cos 100\pi t$. Чему равна частота ν и полная энергия колебаний в контуре W ?

- 1) $\nu = 50$ Гц, $W = 0,5$ мДж 3) $\nu = 100$ р Гц, $W = 0,5$ мДж
 2) $\nu = 100$ Гц, $W = 5$ мДж 4) $\nu = 50$ р Гц, $W = 1$ мДж

A4. Как расположены относительно друг друга векторы \vec{B} , \vec{E} и \vec{v} электромагнитной волны?

- 1) все векторы параллельны друг другу
 2) все векторы перпендикулярны друг другу
 3) \vec{B} и \vec{E} параллельны друг другу, \vec{v} перпендикулярен им
 4) \vec{B} и \vec{v} параллельны, \vec{E} перпендикулярен им

A5. На какую длину волны настроен приемный контур, содержащий конденсатор емкостью 10 мкФ и катушку с индуктивностью 4 мГн?

- 1) $40,7 \cdot 10^6$ м 2) 48 км 3) $8 \cdot 10^4$ м 4) 380 м

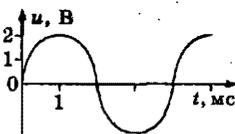
Вариант 2

A1. Величина заряда конденсатора колебательного контура меняется по закону $q = 10^{-4} \sin 50\pi t$ Кл. Чему равны период колебаний T и амплитуда силы тока в контуре I_m ?

- 1) $T = 0,02$ с, $I_m = 0,1$ мА 3) $T = 0,1$ с, $I_m = 0,25$ А
 2) $T = 0,04$ с, $I_m = 0,157$ А 4) $T = 0,04$ с, $I_m = 15,7$ мА

A2. На графике приведена зависимость напряжения на участке цепи от времени. Чему равно действующее значение напряжения?

- 1) 2 В 3) 4 В
 2) 1,4 В 4) 2,8 В



A3. Контур содержит конденсатор емкостью 100 пФ и катушку с индуктивностью 900 мГн. Период собственных колебаний в контуре равен:

- 1) 2 мс 2) 19 мс 3) 41 мкс 4) 1,9 мкс

A4. Энергия электрического поля конденсатора в контуре выражается формулой:

- 1) $\frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2}$ 2) $\frac{Li^2}{2}$ 3) $\frac{Cu^2}{2}$ 4) Cu

A5. Как изменится длина волны, излучаемой контуром, если емкость конденсатора уменьшить в 16 раз, а индуктивность катушки оставить прежней?

- 1) увеличится в 4 раза 3) увеличится в 2 раза
 2) уменьшится в 4 раза 4) уменьшится в 16 раз

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 4; A3 — 1; A4 — 2; A5 — 3.

Вариант 2: A1 — 4; A2 — 2; A3 — 4; A4 — 3; A5 — 2.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Конденсатор электроемкостью 10 мкФ, заряженный до напряжения 220 В, подключили к катушке индуктивностью 25 мГн.

Рассчитайте:

- 1) период электромагнитных колебаний в контуре
- 2) максимальную силу тока
- 3) полную энергию контура

II. Колебательный контур, описанный в задаче I, подключили к источнику переменного тока с частотой 100 Гц.

Вычислите:

- 1) индуктивное сопротивление катушки
- 2) емкостное сопротивление конденсатора
- 3) найдите амплитудное значение силы тока в цепи, если действующее значение равно 0,5 А

Вариант 2

I. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью 8 мГн. Максимальная сила тока в контуре равна 10^{-3} А.

Рассчитайте:

- 1) Период электромагнитных колебаний в контуре
- 2) Максимальный заряд на конденсаторе
- 3) Полную энергию контура

II. Колебательный контур, описанный в задаче I, подключили к источнику переменного тока с частотой 50 Гц.

Вычислите:

- 1) индуктивное сопротивление катушки

- 2) емкостное сопротивление конденсатора
 3) действующее значение напряжения на контуре, если амплитудное значение равно 100 В

Ответы к тренировочной работе

Задание	I			II		
	1	2	3	1	2	3
Вариант 1	$3,1 \cdot 10^{-3}$ с	4,4 А	0,24 Дж	15,7 Ом	159,2 Ом	0,7 А
Вариант 2	$2,5 \cdot 10^{-3}$ с	$4 \cdot 10^{-7}$ Кл	$4 \cdot 10^{-9}$ Дж	2,5 Ом	159,2 Ом	71,4 В



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Волновая оптика»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.6.10 Интерференция света	Определение понятий «интерференция, интерференционная картина», «когерентные волны», «разность хода волн»; графическая модель интерференции, определительная формула геометрической разности хода; формулировки и формулы условий максимумов и минимумов интенсивности
3.6.11 Дифракция света	Определение понятий «дифракция», «дифракционная картина»; формулировка принципов Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля; графическая модель распространения волны
3.6.12 Дифракционная решетка	Устройство дифракционной решетки; определение понятий «период решетки»; «порядок спектра», «разрешающая способность дифракционной решетки»; формула дифракционной решетки
3.6.13 Дисперсия света	Определение понятий «дисперсия света», «монохроматический свет», «белый свет»; «абсолютный и относительный показатели преломления среды»

Урок 27

ТЕМА: Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 1 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- систематизировать знания по разделу «Электродинамика. Электрическое и магнитное поля. Электрический ток»;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи на расчет величин, описывающих (а) электростатическое поле; б) движение и равновесие проводников с током в магнитном поле; в) движение и равновесие точечных зарядов в электростатическом и магнитном полях; г) постоянный электрический ток; д) действия электрического тока; е) электромагнитные колебания);
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня части 1 ЕГЭ по указанным блокам.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленные наглядно таблицы — системы знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Электрический ток»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, таблица «Методы решения задач по разделу «Электродинамика. Электрическое и магнитное поля. Электрический ток»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ по блокам «Электрическое и магнитное поля», «Электрический ток»	1
2	Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ	Фронтальная беседа, решение задач у доски	6

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
3	Систематизация знаний об электрическом и магнитном полях, электрическом токе	Фронтальная беседа, работа с таблицами «Система знаний «Электрическое магнитное поля» и «Система знаний «Электрический ток»	10
4	Тренировка в решении задач «на воспроизведение теоретического материала»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания тренировочной работы №1)	5
5	Тренировка в решении расчетных задач	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (задания тренировочной работы № 2)	20
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 1 ЕГЭ (4 мин., 1 балл)

1. Вопросы на понимание тонких мест теории

Короткие радиоволны распространяются между поверхностью Земли и ионосферой, отражаясь от них.

Верный ответ: 1

2. Задачи на применение отдельных элементов знания

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}; P_2 = \left(\frac{U_1}{2}\right)^2 / 4R_1 \qquad P_2 = \frac{P_1}{16}$$

3. Задачи на применение системы знаний

Модель	Уравнения	Расчет
	$\frac{mv^2}{2} = eU$ $r = \frac{mv}{eB}$	$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{U}{2U}}$ $\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

ХОД УРОКА:



Введение

Экзаменационная работа включает четыре задания повышенного уровня по «Электродинамике». Два из них входят в часть 1 ЕГЭ и представляют собой задания с выбором ответа. На выполнение каждого из этих заданий отводится в среднем 4 минуты, а верный ответ оценивается в 1 балл.



Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 ЕГЭ

В вариантах экзаменационных работ прошлых лет встречаются задания повышенного уровня по электродинамике трех видов:

- 1) вопросы на понимание «тонких» мест теории;
- 2) задачи на применение отдельных элементов знания;
- 3) задачи на применение систем знаний по электродинамике.

Рассмотрим, в чем состоят их особенности на примере следующих задач:

1. Радиосвязь на коротких волнах между радиолюбителями, находящимися на противоположных сторонах Земли, возможна, так как ионосфера: 1) отражает короткие радиоволны; 2) поглощает короткие радиоволны; 3) пропускает короткие радиоволны; 4) преломляет короткие радиоволны.

2. По участку цепи сопротивлением R течет переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. Как изменится мощность переменного тока на этом участке цепи, если действующее значение напряжения на нем уменьшится в 2 раза, а его сопротивление в 4 раза увеличится?

3. Два первоначально покоящихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый с разностью потенциалов U , второй — $2U$. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости движения электронов. Найдите отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле?

Учитель решает задачи, включая учащихся в беседу. Вопросы направлены на то, чтобы помочь учащимся осознать особенности выполнения заданий каждого вида. Краткий ход решения учитель фиксирует на доске (см. на доске).

Таким образом, задания повышенного уровня требуют применения знаний из нескольких тем раздела, поэтому требуется систематизировать знания обо всех изученных электромагнитных явлениях. Кроме того, время решения ограничено, а запись решения не влияет на результат. Поэтому необходимо потренироваться «свертывать решение», т.е. искать как можно более короткий путь к ответу и делать только самые необходимые записи.

Систематизация знаний об электромагнитных явлениях

Учитель дает пояснения к таблицам-системам знаний «Электрическое и магнитное поля», «Электрический ток» и отвечает на вопросы учащихся.

Знания по электродинамике систематизированы в трех таблицах: «Система знаний «Электрическое и магнитное поля», «Система знаний «Электрический ток», «Система знаний «Оптика». Это обусловлено тем, что объем материала велик, а изученные объекты и явления можно разбить на три большие группы: электрическое и магнитное поля, электрический ток разных видов, оптические явления. Во всех трех частях экзаменационной работы есть задания повышенного и высокого уровней по оптике, которую мы будем повторять позднее.

В таблице «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» в более компактном виде представлены сведения из таблиц по электростатике и магнитному полю.

В отдельных строках таблицы приведены сведения о тех объектах и явлениях, которые обязательно встречаются в заданиях повышенного уровня по электродинамике: электростатическое поле (строка 1), равновесие точечного заряда и проводника с током (строка 2), движение точечного заряда и проводника с током (строка 3).

Сведения о магнитном поле как объекте не выделены в отдельную строку, так как задачи на применение соответствующих знаний в заданиях повышенного уровня практически не встречаются.

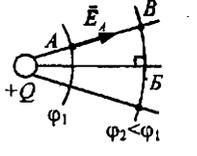
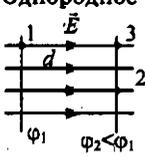
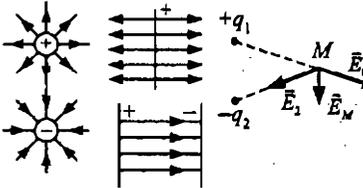
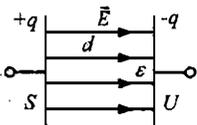
Все изученные виды электрического тока (постоянного и переменного в различных электрических цепях) описаны в таблице «Система знаний «Электрический ток». Эта таблица не содержит нового теоретического материала. В ней избранный материал предыдущих таблиц — систем знаний по темам представлен в виде, более компактном и удобном для использования при выполнении заданий повышенного уровня.

Как правило, в заданиях повышенного уровня встречаются задачи на расчет характеристик электрических цепей и действий электрического тока. В отдельных строках таблицы приведены необходимые для решения таких задач сведения о постоянном электрическом токе в участке цепи и в замкнутой цепи (строка 1), действиях электрического тока (строка 2); электромагнитной индукции в движущемся проводнике (строка 3) и электромагнитных колебаниях (строка 4).

В замкнутой цепи электродвижущая сила может иметь разную природу, в частности, это может быть ЭДС индукции. Задачи на расчет характеристик электрического тока в замкнутой цепи, обусловленного в том числе электромагнитной индукцией, встречаются в заданиях повышенного уровня. Поэтому сведения об электромагнитной индукции в замкнутом контуре приведены в строке «электрический ток в замкнутой цепи».

Встречаются также задания повышенного уровня, требующие воспроизведения или применения в конкретной ситуации основных положений СТО. В обобщающих таблицах эти положения не приведены.

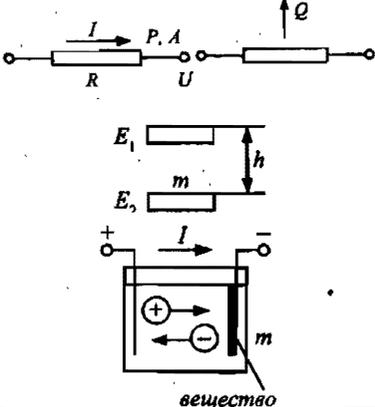
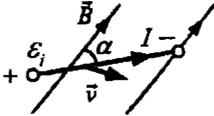
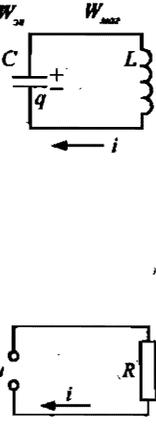
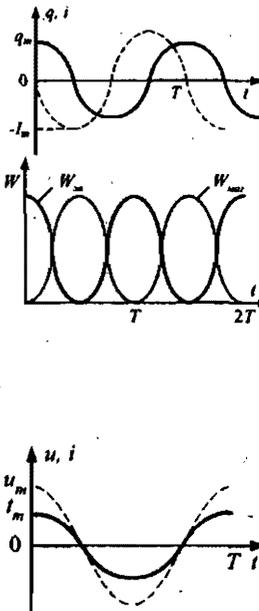
Система знаний «Электрическое и магнитное поля»

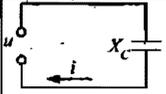
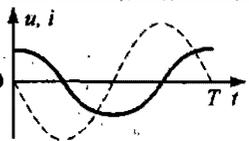
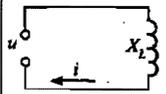
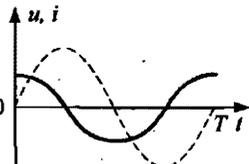
Явление	Графическая модель	Закон
1. Электростатическое поле: • зарядов разной формы	 <p>Однородное</p> 	$E = \frac{F}{q}, \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$ $(\varphi_1 - \varphi_2 = U)$ $U = Ed$ (Однородное поле)
• конденсатора	 	$E = k \frac{Q}{r^2}$ $\varphi = k \frac{Q}{r}$ $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ (Точечный заряд)
		$C = \frac{q}{U}, \quad W = \frac{CU^2}{2}; \quad C = \frac{S}{4\pi k d}$ $1/C = 1/C_1 + 1/C_2$ (последовательно) $C = C_1 + C_2$ (параллельно)

Явление	Графическая модель	Закон
<p>2. Равновесие точечного заряда в электростатическом поле</p> <p>проводника с током в магнитном поле</p>		$\vec{R} = 0$ $\vec{R} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{впр}} + \vec{F}$ $F_e = Eq$ $(F_e = \frac{kQq}{\epsilon r^2})$ $F_A = BIl \sin \alpha$
<p>3. Движение точечного заряда в электростатическом и магнитном полях</p> <p>проводника с током в магнитном поле</p>		$\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{F} = Eq$ $F_A = Bqv \sin \alpha$ $r = \frac{mv}{qB}$ $A = (mv_2^2 - mv_1^2) / 2$ $A_e = q(\phi_1 - \phi_2)$ $A_m = 0$ $\vec{F}_A + \vec{R} = m\vec{a}$ $F_A = BIl \sin \alpha$

Система знаний «Электрический ток»

Явление	Графическая модель	Закон
<p>1. Постоянный электрический ток:</p> <ul style="list-style-type: none"> • через металлический проводник • в участке цепи при последовательном и параллельном соединении потребителей • в замкнутой цепи 		$I = \frac{U}{R}$ $R = \frac{\rho l}{S}$ $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$ $I = qv_n S$ $I = I_1 = I_2$ $U = U_1 + U_2$ $R = R_1 + R_2$ $I = I_1 + I_2$ $U = U_1 = U_2$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $I = \frac{\epsilon}{R+r}$ $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 - \epsilon_3 + \dots$ $\epsilon_i = \Delta\Phi / \Delta t$ Правило Ленца

Явление	Графическая модель	Закон
<p>2. Действия электрического тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> • тепловое • механическое • химическое 		$A = IUt$ $P = \frac{A}{t}$ $Q = nA \quad (Q = I^2Rt)$ $\eta A = E_2 - E_1 $ $m = kI\Delta t$ $k = \frac{1}{eN_A} \frac{M}{n}$
<p>3. Электромагнитная индукция в движущемся проводнике</p>		<p>Правило левой руки</p> $\epsilon_i = vBl \sin \alpha$
<p>4. Электромагнитные колебания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • свободные • вынужденные 	 $q = q_m \cos \omega_0 t$ $i = I_m \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$ $I_m = q_m \omega_0$ $T = 2\pi \sqrt{LC}$ $W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$ $W = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$ $[T = \frac{2\pi}{\omega_0}, T = \frac{1}{\nu}, U = \frac{q}{C}]$ $u = U_m \cos \omega t$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ $i = I_m \cos \omega t$ $I = \frac{U}{R} \quad (I_m = \frac{U_m}{R})$ $P = IU$	

Явление	Графическая модель	Закон	
		$i = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$ $I = \frac{U}{X_c}$ $X_c = \frac{1}{\omega C}$	
		$i = I_m \sin \omega t$ $I = \frac{U}{X_L}$ $X_L = \omega L$	

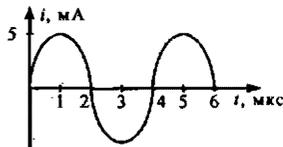


Тренировка в решении задач на воспроизведение теоретического материала и применение отдельных элементов знания

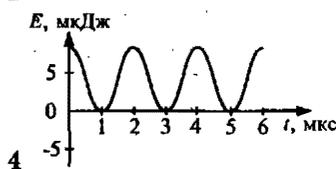
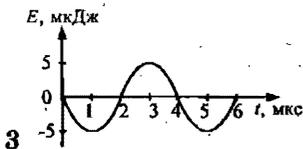
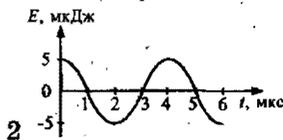
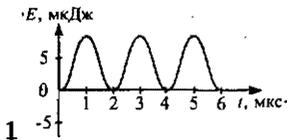
Задачи этого вида по методу решения, как правило, не отличаются от заданий базового уровня. Для их выполнения важно иметь достаточный объем теоретических знаний об электрическом и магнитном полях, электрическом токе и элементах СТО.

Ответьте на вопросы и решите задачи, используя общий метод решения задач базового уровня. Если возникают трудности, обращайтесь к тексту учебника или справочника.

1. Приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре.



На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии электрического поля конденсатора?



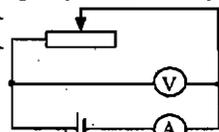
- 1 — на первом
3 — на третьем

- 2 — на втором
4 — на четвертом

2. Формулы специальной теории относительности необходимо использовать при описании движения:

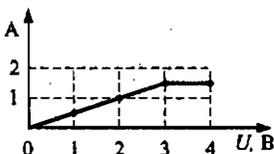
- 1) только микроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 2) только макроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 3) любых тел, скорости которых близки к скорости света;
- 4) любых тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света.

3. В электрической цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата перемещают вправо. Как изменились при этом показания идеальных вольтметра и амперметра?



- 1) показания обоих приборов увеличились;
- 2) показания обоих приборов уменьшились;
- 3) показания амперметра увеличились, вольтметра уменьшились;
- 4) показания амперметра уменьшились, вольтметра — увеличились.

4. По результатам исследования зависимости силы тока в электрической лампе от напряжения ученик построил следующий график. До какого напряжения выполняется закон Ома?



- 1) 1 В
- 2) 2 В
- 3) 3 В
- 4) 4 В

5. Одинаковые опыты по наблюдению спектра водорода выполнялись в одинаковых лабораториях — на Земле и в космическом корабле, движущемся относительно Земли с постоянной скоростью. Наблюдаемые спектры:

- 1) одинаковы;
- 2) существенно различны;
- 3) сходны, но расстояния между спектральными линиями разные;
- 4) сходны, но ширина спектральных линий различна.

6. Два электрона, испущенные одновременно радиоактивным веществом, движутся в противоположных направлениях со скоростями $0,7c$ относительно наблюдателя в лаборатории. Чему равно расстояние между электронами в лабораторной системе отсчета через t с после их излучения?

- 1) $1,4 ct$;
- 2) ct ;
- 3) $0,94 ct$;
- 4) 0 .

Ответы к тренировочной работе №1

Задача	1	2	3	4	5	6
Ответ	4	3	4	3	1	1



Тренировка в решении расчетных задач

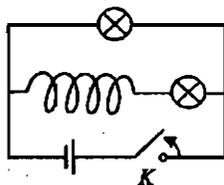
Решите задачи, максимально сокращая записи. Соответствующие модели и уравнения подбирайте, пользуясь таблицами — системами знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Электрический ток».

Варианты ответов в тренировочной работе не приводятся, поскольку в заданиях такого вида требуется сначала провести расчет, а затем сравнить полученное значение с предложенными. Последнее действие, как правило, сложностей не вызывает.

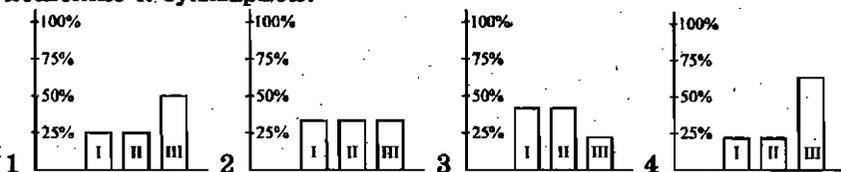
В ходе проведения тренировочной работы №2 учитель консультирует учащихся. Решения задач проверяются на доске. Три задачи учащиеся решают в классе, остальные — дома.

1. Энергия электрического поля конденсатора, заряженного от источника питания с выходным напряжением 100 В, равна 400 мкДж. Какой станет энергия конденсатора, если из пространства между обкладками после отключения конденсатора от источника питания вынуть диэлектрическую пластинку, заполняющую все пространство между обкладками и имеющую диэлектрическую проницаемость материала, равную 10.

2. В схеме на рисунке после размыкания ключа лампочка еще некоторое время продолжает светить. Составьте выражение для энергии, которая выделится в лампочках после размыкания ключа, если до размыкания в цепи протекал постоянный ток I . Индуктивность катушки L , сопротивление спирали каждой лампочки R . Сопротивлением провода катушки можно пренебречь.



3. Три резистора сопротивлением R , R и $3R$ соединены последовательно и подключены к источнику тока. На какой из диаграмм (рис.) правильно представлено распределение тепловой мощности, выделяющейся на каждом из резисторов по отношению к суммарной?



4. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

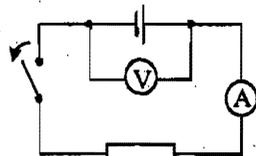
$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-8} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Вычислите индуктивность катушки контура, если емкость конденсатора равна 50 пФ. Ответ выразите в миллигенри.

5. Какую работу необходимо совершить электрическому полю, чтобы сблизить два положительных точечных заряда по 10^{-4} Кл с расстояния 2 м до 1 м?

6. В однородном электрическом поле напряженностью 3,0 В/м, силовые линии которого направлены вверх и составляют 60° с вертикалью, висит на нити шарик массой 2,0 г и зарядом 3,3 нКл. Какова сила натяжения нити:

7. Для измерения ЭДС источника тока и его внутреннего сопротивления ученик собрал цепь по схеме, представленной на рисунке. При этом идеальный вольтметр показывал 5 В, а амперметр 1 А. После размыкания ключа вольтметр показал 6 В. Чему равны ЭДС, внутреннее сопротивление и полная мощность источника тока?



8. Металлические шары, на которых располагается одинаковый заряд, обладают потенциалом 30 В и 60 В. Определите потенциалы шаров после соединения их проводником.

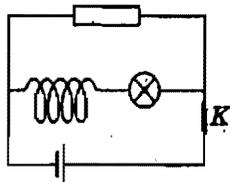
9. К незаряженному конденсатору емкости C подключили параллельно заряженный до заряда q конденсатор той же емкости. Каким выражением определяется энергия системы из двух конденсаторов после их соединения?

10. Как изменится частота обращения заряженной частицы в однородном магнитном поле при уменьшении ее скорости в n раз? Рассмотрите нерелятивистский случай.

11. К бесконечной горизонтальной положительно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд. Каким будет условие равновесия шарика, если mg — модуль силы тяжести, F_c — модуль силы кулоновского взаимодействия шарика с пластиной, T — модуль силы натяжения нити?



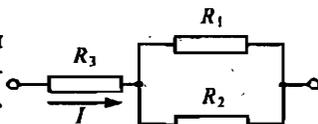
12. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику? (Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.)



13. В схеме, изображенной на рисунке, после размыкания ключа лампочка еще некоторое время продолжает светить. Сколько

энергии выделится в лампочке, если до размыкания ключа в цепи протекал постоянный ток I , индуктивность катушки L , сопротивление спирали лампочки R . Сопротивлением провода катушки можно пренебречь.

14. На участке цепи поддерживается напряжение 200 В. Сопротивления резисторов $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = R_3 = 30$ Ом (рис.). Каково напряжение на резисторе R_1 .



15. Колебательный контур имеет частоту 50 Гц. Во сколько раз надо увеличить расстояние между пластинами конденсатора, чтобы частота контура стала равной 70 Гц?

НА ДОСКЕ (состояние доски № 2):

Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 1 ЕГЭ (4 мин., 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
<p>1)</p>	$\left. \begin{aligned} W_1 &= \frac{Q^2}{2C_1} \\ W_2 &= \frac{Q^2}{2C_2} \\ \frac{C_1}{C_2} &= \varepsilon \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{W_2}{W_1} &= \frac{C_1}{C_2} \\ W_2 &= \varepsilon W_1 \end{aligned}$	$\begin{aligned} W_2 &= \\ &= 10 \cdot 400 \cdot 10^{-8} \text{ Дж} \\ &= 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \end{aligned}$
<p>2)</p>	$\left. \begin{aligned} W_x &= Q \\ W_x &= \frac{LI^2}{2} \end{aligned} \right\} Q = \frac{LI^2}{2}$	$\left. \begin{aligned} \frac{P_1}{P} &= 0,2 \\ \frac{P_3}{P} &= 0,6 \end{aligned} \right\}$
	$\left. \begin{aligned} P_1 = P_2 &= I^2 R \\ P_3 &= I^2 \cdot 3R \\ P &= P_1 + P_2 + P_3 = I^2 5R \end{aligned} \right\}$	

Ответы к тренировочной работе № 2

Задача-ответ: 4 — 32; 5 — (-45 Дж); 6 — $\approx 1,7 \cdot 10^{-2}$ Н; 7 — 6 В, 1 Ом, 6 Вт; 8 — 40 В; 9 — $q^2/4C$; 10 — увеличится в n^2 раз; 11 — ($mg - T - Fэ = 0$); 12 — 10 А; 13 — $LI^2/2$; 14 — 80 В; 15 — 1,96.



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочной работы №2 по подготовке к решению задач повышенного уровня части 1 ЕГЭ. При возникновении затруднений обращайтесь к таблицам-системам знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Электрический ток».

Урок 28

ТЕМА: Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 2 ЕГЭ

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать методы решения типовых задач по электродинамике (электрическое и магнитное поля, электрический ток);
- научиться распознавать электромагнитные явления, описанные в тексте задачи, и в соответствии с ними подбирать метод решения;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи каждого типа;
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня части 2 ЕГЭ по электродинамике (электрическое и магнитное поля, электрический ток).

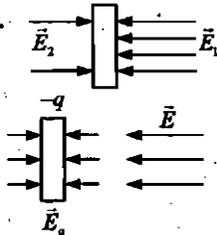
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

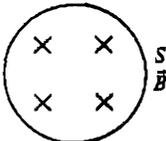
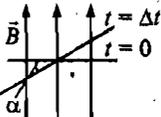
- представленные наглядно таблицы «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Система знаний «Электрический ток»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по электродинамике»;
- раздаточный материал (план распознавания электромагнитных явлений, тренировочные задания);
- представленные наглядно ответы к заданиям «Непрограммируемые калькуляторы».

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	4
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня части 2 ЕГЭ	1
3	Актуализация методов решения задач по электродинамике	Сообщение учителя, работа с таблицей «Методы решения задач по электродинамике»	7
4	Обучение подбору метода решения задачи	Фронтальная беседа, самостоятельная работа с раздаточным материалом (план распознавания электромагнитных явлений)	10
5	Тренировка в решении задач «в свернутом виде»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), проверка решений у доски	20
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электричество и магнетизм, повышенный уровень части 2 ЕГЭ (6 мин., 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
1. 	$\left. \begin{aligned} E_1 &= E + E_q \\ E_2 &= E - E_q \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $\left. \begin{aligned} E_1 + E_2 &= 2E \\ F &= qE \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $q = \frac{2F}{E_1 + E_2}$	$q = \frac{2 \cdot 2,4}{(2 + 4) \cdot 10^4} =$ $= 0,8 \cdot 10^{-4} = 800 \text{ (мкКл)}$ <p>В бланке: 800.</p>

Модель	Уравнения	Расчет
<p>2) $t = 0,$</p>  <p>вид сбоку</p>  <p>вид сверху</p>	$\varepsilon_t = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $I_t = \frac{\varepsilon_t}{R} \Rightarrow \Delta\Phi = qR \quad (1)$ $I_t = \frac{q}{\Delta t}$ $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 =$ $= BS \cos \alpha - 1 \quad (2)$ <p>Из (1), (2)</p> $\cos \alpha = \frac{qR}{BS} - 1$	$\cos \alpha = \frac{7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,1 \cdot 0,1} - 1 =$ $= 1,5 - 1 = 0,5$ $\alpha = 60^\circ$ <p>В бланке: 60.</p>

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Два задания повышенного уровня по электродинамике входят в часть 2 ЕГЭ. В одном из них описаны одно или несколько явлений, перечисленных в таблицах — системах знаний об электрическом и магнитном полях и электрическом токе. Это задание представляет собой задачу на расчет значения физической величины. Значение физической величины должно быть рассчитано с требуемой точностью и выражено в единицах СИ или, если специально оговорено, в указанных в задании единицах. Ответ к заданиям требуется представить в виде числа, которое вписывается в бланк. На выполнение этого задания отводится в среднем 6 минут, а верный ответ к нему оценивается в 1 балл.



Актуализация методов решения задач по электродинамике

Задания повышенного уровня части 2 ЕГЭ — это, как правило, типовые задачи на расчет величин, описывающих электростатическое поле и электромагнитные явления, перечисленные

в таблицах «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Система знаний «Электрический ток». Большинство из них может быть решено частными методами, описанными в таблице «Методы решения задач по электродинамике» (см. табл.).

Пользоваться этими методами вы учились при изучении раздела «Электродинамика» в 10 классе. Просмотрите содержание таблицы и, если требуется, задайте вопросы.

Учитель отвечает на вопросы учащихся.

Сопоставьте содержание систем знаний и методов решения задач по данному разделу.

Учитель организует сопоставление таблиц.

В каждой из таблиц представлены одинаковые объекты и явления:

1) электростатическое поле в таблице «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» — соответствующий метод решения задач (метод № 1) в таблице «Методы решения задач по электродинамике»;

2) равновесие точечного заряда или проводника с током — метод № 2;

3) движение точечного заряда или проводника с током в магнитном и электрическом полях — метод № 3;

4) электрический ток и его действия — метод № 4;

5) электромагнитная индукция в движущемся проводнике — метод № 5.

Метод решения задач на расчет характеристик электрического тока является частным случаем метода решения задач на действия электрического тока, поэтому в таблице представлен один метод для двух явлений.

Большинство задач ЕГЭ на расчет характеристик электромагнитных колебаний таково, что к ним применим метод решения задач базового уровня.

Обобщающие таблицы «Система знаний «Электрическое и магнитное поля», «Система знаний «Электрический ток» и «Методы решения задач по электродинамике» призваны помочь в решении задач повышенного и высокого уровня. В таблице методов решения перечислены действия по выполнению каждого шага решения задач определенного типа, а в таблицах — системах знаний — знания, которые помогают их осуществить. Если задача кажется легкой, вы решаете ее, не задумываясь о методе решения, вспоминая необходимые сведения, не обращаясь к таблице-системе знаний. Если же вы «не видите» ход решения, то нужно провести все этапы, представленные в таблице «Методы решения...», выбирая необходимые элементы из таблиц — систем знаний.

Методы решения задач по электродинамике

Этапы решения	Последовательность действий				
I	<p><i>Распознавание явлений, которым соответствует описанная в задаче ситуация.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите объекты, с которыми происходят изменения, и их характеристики в начальном состоянии. 2. Выделите конечное состояние каждого объекта и его характеристики. 3. Установите воздействия, которые привели к изменению состояния каждого объекта. 4. Сделайте вывод о явлении и подберите соответствующую модель. 				
	<p>Электростатическое поле (типичная задача № 1 на расчет характеристик электростатического поля)</p>	<p>Равновесие точечных зарядов и проводников с током в электрическом и магнитном полях (типичная задача №2 на условие равновесия)</p>	<p>Движение точечного заряда и проводника с током в электрическом и магнитном полях (типичная задача №3 на расчет движения)</p>	<p>Электрический ток и его действия (типичная задача № 4 на расчет электрических цепей)</p>	<p>Электромагнитная индукция в движущихся проводниках (типичная задача № 5 на электромагнитную индукцию)</p>
II	<p><i>Построение модели ситуации, описанной в задаче.</i></p>				
	<p>Метод № 1 1. Выделите заряд, создающий поле и его характеристики в начальном состоянии. Изобразите. 2. Постройте модель электрического поля (полей) в начальном состоянии. Изобразите.</p>	<p>Метод № 2 1. Выделите заряд или проводник с током, находящийся в равновесии, и его характеристики. Изобразите. 2. Выделите электрическое или магнитное поле и его характеристики. Изобразите поле и силу его воздействия.</p>	<p>Метод № 3 1. Выделите проводник с током или заряд и его характеристики в начальном состоянии. Изобразите. 2. Выделите последующие состояния проводника или заряда и их характеристики. Изобразите.</p>	<p>Метод № 4 1. Выделите элементы электрической цепи и их характеристики. Изобразите схему цепи, обозначьте характеристики элементов. 2. Установите наличие электромагнитной индукции и дополните схему цепи (обо-</p>	<p>Метод № 5 1. Выделите движущийся проводник и его характеристики. Изобразите. 2. Выделите магнитное поле и его характеристики. Изобразите.</p>

	<p>3. Выделите конечное состояние заряда и его характеристики. Изобразите.</p> <p>4. Постройте электрическое поле в конечном состоянии</p> <p>5. Выделите точки поля и характеристики поля в этих точках. Изобразите.</p>	<p>3. Выделите другие воздействия на тела и их характеристики. Постройте силы воздействия.</p>	<p>3. Выделите электрическое поле и его характеристики. Изобразите поле и силу его воздействия.</p> <p>4. Выделите магнитное поле и его характеристики. Изобразите поле и силу его воздействия.</p> <p>5. Выделите другие воздействующие на проводник или заряд тела. Постройте силы воздействия.</p> <p>5. Выделите характеристики изменения состояния проводника или заряда (a, s, A).</p> <p>6. Сделайте вывод о виде движения на каждом участке.</p>	<p>значьте ЭДС индукции, постройте модель магнитного поля и обозначьте его характеристики).</p> <p>3. Выделите характеристики электрического тока. Обозначьте.</p> <p>4. Выделите действие электрического тока и его характеристики. Постройте модель действия тока.</p> <p>5. Сделайте вывод о разновидности электрического тока в описанной ситуации.</p>	
III	<p><i>Составление уравнений, описывающих построенную модель.</i></p>				
	<p>1. Подберите закон, описывающий поле, и запишите его для построенной модели (в скалярной форме).</p>	<p>1. Запишите условие равновесия.</p>	<p>1. Подберите закон (второй закон Ньютона или теорема о кинетической энергии) и запишите его для построенной модели.</p>	<p>1. Подберите законы электрического тока и/или его действия и запишите для построенной модели.</p>	<p>1. Запишите закон электромагнитной индукции в движущемся проводнике для построенной модели.</p>
	<p>Далее — по общему плану</p>				

Обучение подбору метода решения задачи

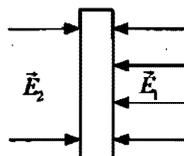
Чтобы воспользоваться опорными знаниями, представленными в таблицах, необходимо научиться различать явления, которым соответствует ситуация задачи. Для этого удобно действовать по приведенному ниже плану (этот план приведен в первой строке таблицы «Методы решения...»).

План распознавания электромагнитных явлений

1. Выделите объекты, с которыми происходят изменения и их характеристики в начальном состоянии.
2. Выделите конечное состояние объектов.
3. Установите воздействия, которые привели к изменению состояния каждого объекта.
5. Сделайте вывод о явлении и подберите соответствующую модель.

Далее идет обучение распознаванию электромагнитных объектов и явлений на примере трех приведенных ниже задач. Учитель организует беседу по применению плана, корректируя ответы учащихся.

1. Электрическое поле образовано внешним однородным полем и полем заряженной пластины (которое считаем однородным). Напряженность результирующего поля справа от пластины $E_1 = 4 \cdot 10^4$ В/м, а слева $E_2 = 2 \cdot 10^4$ В/м (рис.). Определите заряд пластины, если со стороны внешнего поля на пластину действует сила $F = 2,4$ Н. Ответ приведите в микрокулонах (мкКл).



Объекты в начальном состоянии — однородное электростатическое поле заряженной пластины и однородное внешнее электростатическое поле

Конечное состояние — результирующее поле, внешнее поле действует на пластину

Воздействие — поля не действуют друг на друга

Электростатические поля, наложение полей (метод № 1)

2. В однородном магнитном поле индукцией $0,1$ Тл расположен виток, площадь которого $0,1$ м², а сопротивление 2 Ом, таким образом, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекший через гальванометр при повороте витка, равен $7,5 \cdot 10^{-3}$ Кл. На какой угол (в градусах) повернули виток?

Объекты в начальном состоянии — виток, соединенный с гальванометром, плоскость витка перпендикулярна линиям индукции магнитного поля.

Конечное состояние — виток повернут на угол α , протек заряд q .

Воздействие — магнитное поле.

Электрический ток в замкнутой цепи (метод № 4).

3. Источник замкнули сначала на один резистор, потом на другой, затем на оба, соединенные последовательно. В первом случае сила тока 3 А, во втором — 2 А, в третьем — 1,5 А. Какова сила тока, проходящего через источник при параллельном соединении этих сопротивлений? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Полученный ответ увеличьте в 10 раз.

Объекты в начальном состоянии — замкнутая цепь с разными потребителями: первый резистор, второй резистор, последовательно соединенные резисторы.

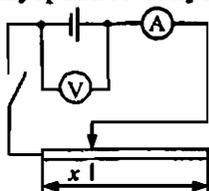
Конечное состояние — замкнутая цепь с параллельно соединенными резисторами.

Воздействие — не указано.

Электрический ток в замкнутой цепи, при последовательном и параллельном соединении потребителей (метод № 4).

Прочтите тексты задач и установите, какому явлению они соответствуют. Запишите название явления и номер метода рядом с номером задачи.

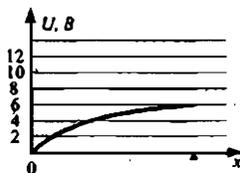
4. Ученик исследовал зависимость показаний амперметра и вольтметра от длины проволоки x при движении скользящего контакта вправо (рис. а). Зависимость показаний амперметра и вольтметра от длины x показана на рис. б и в. Чему равно внутреннее сопротивление r источника?



а



б



в

5. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле индукцией 1 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиуса 0,5 м (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия 0,004 кг/моль)? Ответ выразите в километрах в секунду (км/с).

6. Три одинаковых точечных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = -1,7 \cdot 10^{-9}$ Кл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Найдите значение точечного заряда, который следует поместить в центре масс треугольника, чтобы вся система находилась в равновесии. Ответ выразите в нанокюлонах (нКл).

7. Металлический шар диаметром 40 см, заряженный до потенциала 5,4 кВ, соединили проводником с другим металлическим шаром диаметром 8 см. Какой заряд останется на первом шаре после соединения? Ответ дайте в нКл.

8. Какое максимальное напряжение можно подать на батарею из последовательно соединенных конденсаторов электроемкостью 2 и 1 мкФ, если для каждого из них напряжение пробоя равно 500 В?

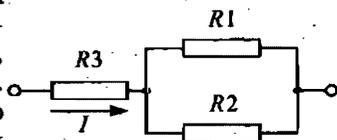
9. Плоский конденсатор с расстоянием между пластинами 1 см поместили в керосин ($\alpha = 2$) так, чтобы пластины оказались наполовину погруженными. На сколько надо раздвинуть при этом пластины, чтобы электроемкость конденсатора не изменилась? Ответ приведите в миллиметрах (мм).

10. Частица, несущая заряд электрона и имеющая импульс 10^{23} кг · м/с, влетает в однородное магнитное поле индукцией 10^{-2} Тл под углом $\alpha = 60^\circ$ к линиям индукции. Определите шаг винтовой линии, вдоль которой будет двигаться частица. Ответ приведите в сантиметрах (см).

11. Два одинаковых заряженных шарика подвешены на нитях равной длины, выходящих из одной точки. После того, как шарики опустили в жидкий диэлектрик ($\epsilon = 3$), угол расхождения нитей не изменился. Определите отношение плотности материала шарика к плотности жидкости. Ответ увеличьте в 10 раз.

12. Определите силу тока, обусловленную движением электрона ($m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) по орбите радиусом $0,5 \cdot 10^{-10}$ м в атоме водорода. Ответ выразите в миллиамперах (мА) и округлите до целого значения.

13. Участок цепи, изображенный на рисунке, состоит из резисторов сопротивлением $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 200$ Ом, $R_3 = 50$ Ом и присоединен к батарее. Укажите значение сопротивления того резистора, в котором выделяется больше всего тепла.



Результаты выполнения задания проверяются и по необходимости обсуждаются:

- 4 — электрический ток в замкнутой цепи (метод №4);
- 5 — движение заряженной частицы в магнитном поле (метод №3);
- 6 — равновесие точечных зарядов (метод №2);
- 7 — электростатическое поле шара, перераспределение заряда (метод №1);
- 8 — электростатическое поле конденсатора (метод №1);
- 9 — электростатическое поле конденсатора (метод №1);
- 10 — движение заряженной частицы в магнитном поле (метод №3);
- 11 — равновесие точечных зарядов (метод №2);

12 — конвекционный электрический ток;

13 — электрический ток в замкнутой цепи (метод № 4);

14 — электрический ток в участке цепи, содержащем последовательно и параллельно соединенные потребители (метод № 4).

Примечание. В приведенном выше задании нет задач на метод № 5 (на электромагнитную индукцию в движущемся проводнике). Это связано с тем, что задачи такого типа встречались в заданиях высокого уровня прошлых лет. Примеры применения метода № 5 представлены в задачах высокого уровня сложности.



Тренировка в решении задач «в свернутом виде»

Учащиеся самостоятельно решают задачи 1–3, на базе которых было организовано обучение распознаванию явлений. Учитель консультирует учащихся, побуждая максимально сокращать записи. Решения проверяются у доски (см. на доске).



Сообщение домашнего задания

Решите оставшиеся задачи из предложенного списка. В случае затруднений, обращайтесь к таблицам — системам знаний по электричеству и магнетизму и таблице «Методы решения задач по электродинамике». Максимально сокращайте записи и фиксируйте время решения.

Ответы к задачам (число в бланке):

Задача	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ответ	2	24000	1	100	750	5	2	15	1	50

Урок 29

ТЕМА: Электричество и магнетизм, высокий уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения задач высокого уровня по электричеству и магнетизму;

Повторение раздела «Электродинамика»

- научиться оформлять развернутое решение задач высокого уровня;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за задания высокого уровня по электричеству и магнетизму.

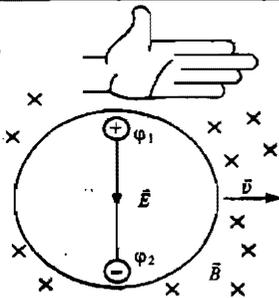
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленные наглядно таблицы «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Система знаний «Электрический ток»»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по электродинамике»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения задач высокого уровня по электричеству и магнетизму);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	6
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий высокого уровня	3
3	Применение общего и частных методов решения задач по электродинамике к задачам высокого уровня	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10
4	Показ образца оформления решений задач высокого уровня	Сообщение учителя	5
5	Тренировка в решении задач высокого уровня	Самостоятельная работа, консультации учителя, работа с таблицами «Методы решения задач по электродинамике» и таблицами-системами знаний	18
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Электричество и магнетизм, высокий уровень (19 минут, 1–3 балла)	
Развернутый ответ	
Модель	Система уравнений (1 балл)
1. 	$E_i = Bvd$ (1) — формула ЭДС индукции в движущемся проводнике $\Delta\varphi = Ed$ (2) — формула связи разности потенциалов $E_i = \Delta\varphi$ (3) — напряженности электрического поля
Расчетная формула (+1 балл) $E = Bv$ $\Delta\varphi = Ed$	
Расчет (+1 балл) $E = 100 \cdot 0,5 = 500 \text{ (В/м);}$ $\Delta\varphi = 50 \text{ В}$	
Ответ: $E = 500 \text{ В/м, } \Delta\varphi = 50 \text{ В}$	

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по заданиям, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Задания высокого уровня входят в часть 3 ЕГЭ и являются заданиями с развернутым ответом. Ответ на экзамене записывают в специальный бланк. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3. Его выставляют как сумму баллов за отдельные части решения.

Всего в часть 3 экзаменационной работы входят 6 задач высокого уровня, в том числе две по электродинамике, одна из

которых по электричеству и магнетизму, а вторая — по оптике. Сегодня мы рассмотрим задания высокого уровня по электричеству и магнетизму. Нередко это задание требует привлечения знаний по механике. Время выполнения заданий высокого уровня — примерно 19 мин.

Применение методов решения задач по электричеству и магнетизму к задачам высокого уровня

В качестве опоры для решения задач высокого уровня можно использовать те же материалы, что и для решения задач повышенного уровня: таблицы — системы знаний об электрическом и магнитном полях и электрическом токе и таблица «Методы решения задач по электродинамике».

Примените их к решению следующей задачи. В ходе решения выделяйте этапы общего метода решения задач.

1. Медный тонкий диск диаметром 0,1 м скользит по столу с постоянной скоростью 100 м/с, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Магнитное поле 0,5 Тл направлено перпендикулярно поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости диска. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между центром и окружностью, ограничивающей диск.

На самостоятельную попытку решения отводится 5 минут. За это время большинство учащихся успевают осознать условие задачи и наметить ход решения. Далее объяснение решения проводится под руководством учителя.

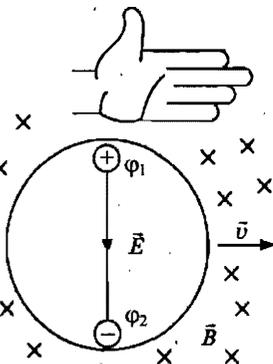
Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описана электромагнитная индукция в проводнике, движущемся в магнитном поле. (Метод № 5 в таблице «Методы решения задач по электродинамике»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

В магнитном поле движется со скоростью \vec{v} медный диск диаметром d . Вектор индукции магнитного поля \vec{B} направлен перпендикулярно плоскости рисунка (от нас) (рис.). По правилу левой руки положительные и отрицательные заряды распределяются на противоположных частях



диска. Электрическое поле направлено от «+» к «-», потенциалы противоположных точек поверхности ϕ_1 и ϕ_2 .

Запишем известные и искомые величины.

$$\begin{array}{l} \text{Дано: } d = 0,1 \text{ м} \\ v = 100 \text{ м/с} \\ B = 0,5 \text{ Тл} \\ \hline \Delta\phi, E - ? \end{array}$$

III. Составление уравнений, описывающих модель в движущихся проводниках.

Основное уравнение — формула для ЭДС индукции: $E_i = Bvd$.

Для построенной модели разность потенциалов равна ЭДС индукции: $\Delta\phi = Bvd$.

Дополнительной является формула связи разности потенциалов и напряженности поля: $\Delta\phi = Ed$.

IV. Вывод расчетной формулы:

$$\Delta\phi = Ed; E = Bv;$$

$$[E] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{Тл} = \frac{\cancel{\text{м}} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Дж} \cdot \cancel{\text{с}}}{\cancel{\text{с}} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

V. Расчет значения физической величины.

$$E = 0,5 \cdot 100 = 500 \text{ (В/м)};$$

$$\Delta\phi = 500 \cdot 0,1 = 50 \text{ (В)}.$$

$$\text{Ответ: } E = 500 \text{ В/м; } \Delta\phi = 50 \text{ В}.$$

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

Учитель показывает образец оформления (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.



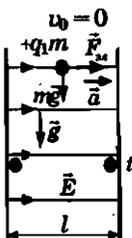
Тренировка в решении задач высокого уровня

Решите задачи высокого уровня сложности. В случае затруднений обращайтесь к таблице «Методы решения задач по электродинамике» и таблицам-системам знаний об электрическом и магнитном полях и электрическом токе. Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

2. Две непроводящие вертикально расположенные параллельные заряженные пластины находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Напряженность поля между ними 10^4 В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик,

имеющий заряд 10^{-6} Кл и массу 20 г. После того, как шарик отпустили, он начал падать. Через какое время шарик ударился об одну из пластин?

3. Лифт массой 1 т равноускоренно поднимается за 30 с на высоту 15 м. Напряжение на зажимах электромотора 220 В, его КПД 80 %. Найдите силу тока в обмотке мотора.



Учащиеся самостоятельно решают задачи, учитель отвечает на возникающие вопросы. Результаты работы проверяются с помощью раздаточного материала — примеров решения задач высокого уровня по механике.

Пример решения задачи 2

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описано движение заряда в электростатическом поле. (Метод № 3 в таблице «Методы решения задач по электродинамике»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Шарик, имеющий заряд и массу q, m находится посередине между пластинами, ($v_0 = 0$) начальная скорость шарика равна 0.

Через время t шарик ударяется об одну из пластин. Электростатическое поле заряженных разноименных пластин — однородное. На шарик действуют Земля и электрическое поле.

Шарик смещается по горизонтали на $\frac{l}{2}$, двигаясь с ускорением \bar{a} под действием поля и \bar{g} под действием Земли. Шарик совершает независимые движения: прямолинейное равноускоренное по горизонтали и свободное падение по вертикали.

Запишем известные и искомую величины.

$$\begin{aligned} \text{Дано: } E &= 10^4 \text{ В/м} \\ m &= 20 \text{ г} \\ q &= 10^{-6} \text{ Кл} \\ l &= 5 \text{ см} \\ t &= ? \end{aligned}$$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Составим систему уравнений с опорой на третью строку таблицы «Система знаний «Электрическое и магнитное поля».

Основное уравнение — второй закон Ньютона для движения по горизонтали:

$$ma = F_{эл}$$

Искомая величина входит в формулу перемещения при равноускоренном движении без начальной скорости):

$$\frac{l}{2} = \frac{at^2}{2}; l = at^2.$$

Имеем два уравнения, 3 неизвестных.

Дополнительным является формула для расчета силы, действующей на заряд со стороны электрического поля: $F_{эл} = qE$.

IV. Вывод расчетной формулы.

$$t = \sqrt{\frac{l}{a}} = \sqrt{\frac{l \cdot m}{F_{эл}}} = \sqrt{\frac{lm}{qE}}, \quad t = \sqrt{\frac{lm}{qE}}.$$

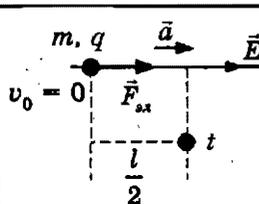
Проверим соответствие наименований физических величин в левой и правой частях расчетной формулы:

$$\sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \text{В}}} = \sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{Кл} \cdot \text{с}^2}{\text{Кл} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2}} = \text{с}.$$

V. Расчет значения физической величины.

$$t = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 10^{-2-2+5-4}} = 0,1 \text{ (с)}.$$

Ответ: $t = 0,1 \text{ с}$.

Развернутый ответ	
 <p style="margin-top: 10px;">Дано: $l = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $E = 10^4 \text{ В/м}$ $q = 10^{-5} \text{ Кл}$ $m = 20 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ $t = ?$</p>	<p>$ma = F_{эл} \text{ (1) по второму закону Ньютона}$</p> <p>$l = at^2 \text{ (2) (из формулы перемещения при равноускоренном движении без начальной скорости)}$</p> <p>$F_{эл} = qE \text{ (3) из определения напряженности}$</p> <p>$t = \sqrt{\frac{lm}{qE}}$</p> <p>$t = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 10^{-2-2+5-4}} = 0,1 \text{ (с)}$</p> <p>Ответ: $t = 0,1 \text{ с}$.</p>

Пример решения задачи 3

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описано механическое действие электрического тока (метод № 4).

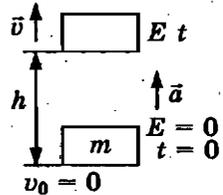
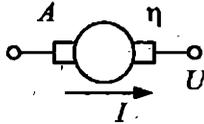
II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Потребитель электрической цепи — мотор с КПД $\eta = 80\%$.

Напряжение на концах мотора U , сила тока I , работа тока A .

Механическое действие состоит в подъеме лифта массой m на высоту h с ускорением a . Механическая энергия в начальном состоянии равна 0, в конечном — E .

Дано: $U = 220$ В
 $h = 15$ м
 $t = 30$ с
 $\eta = 0,8$
 $m = 10^3$ кг
 $I = ?$



III. Составление уравнений, описывающих модель.

Основное уравнение — закон сохранения и превращения энергии (электрическая энергия превращается в механическую): $\eta A = E$ (1).

Формула, в которую входит искомая величина — выражение для работы электрического тока $A = IUt$ (2).

Имеем 2 уравнения, 3 неизвестных.

Дополнительными являются выражения для полной механической энергии $E = mgh + \frac{mv^2}{2}$ (3), формулы для расчета конечной скорости и перемещения лифта при равноускоренном движении без начальной скорости $v = at$ (4), $h = \frac{at^2}{2}$ (5).

IV. Вывод расчетной формулы.

Подставляя (2), (3) в (1), получим $\eta IUt = mgh + \frac{mv^2}{2}$.

Из (4), (5) следует, что $v = \frac{2h}{t}$.

Тогда $\eta IUt = mgh + \frac{m(2h)^2}{2t^2}$.

Откуда

$$I = \frac{mh(gt^2 + 2h)}{\eta Ut^3}$$

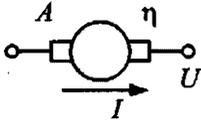
$$[I] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{с}^3} = \frac{\cancel{\text{кг}} \cdot \cancel{\text{м}} \cdot \text{Кл} \cdot \cancel{\text{с}}}{\cancel{\text{кг}} \cdot \cancel{\text{м}} \cdot \cancel{\text{с}} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = \text{А}.$$

V. Расчет значения физической величины.

$$I = \frac{15(10 \cdot 30 \cdot 30 + 30)}{0,8 \cdot 2,2 \cdot 3 \cdot 9} \cdot 10^{3-2-3} = \frac{15 \cdot 30 \cdot 301}{0,8 \cdot 2,2 \cdot 3 \cdot 9} \cdot 10^{-2} =$$

$$= \frac{1,5 \cdot 3}{8 \cdot 2,2 \cdot 3} \cdot 10^{3+1+3-3} = 28 \text{ (A)}.$$

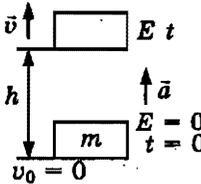
Развернутый ответ



$\eta A = E t$ (1) — по закону превращения энергии

$A = IUt$ (2) — формула для расчета работы электрического тока

$E = mgh + \frac{mv^2}{2}$ (3) — полная механическая энергия



$v = at$ (4) — формулы скорости и перемещения при равноускоренном прямолинейном движении без начальной скорости

$$h = \frac{at^2}{2} \text{ (5)}$$

Из (1), (2), (3) $\Rightarrow \eta JUt = mgh + \frac{mv^2}{2}$

Из (4), (5) $\Rightarrow v = \frac{2h}{t}$

$$I = \frac{mh(gt^2 + 2h)}{\eta Ut^2}$$

$$I = \frac{15(10 \cdot 30 \cdot 30 + 30)}{0,8 \cdot 2,2 \cdot 3 \cdot 9} \cdot 10^{3-2-3} = 28 \text{ (A)}$$

Ответ: $I = 28 \text{ A}$.



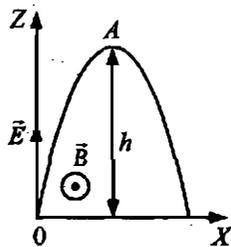
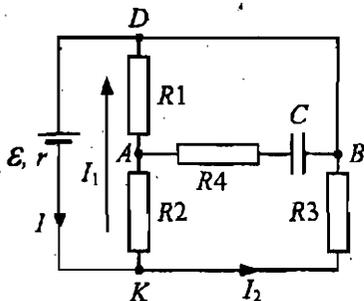
Сообщение домашнего задания

Решите задачи высокого уровня сложности и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по электродинамике», «Система знаний «Электрическое и магнитное поля» и «Система знаний «Электрический ток», а также к примерам, разобранным в классе. Фиксируйте время решения.

4. Тело массой 3 г и зарядом 10 мКл подвешено на невесомой нити. Тело отклоняют на угол 90° от вертикали и отпускают. Чему равно натяжение нити в тот момент, когда нить составляет угол 60° с вертикалью, если тело находится в однородном, направленном вертикально вверх, электрическом поле напряженностью 1 кВ/м?

5. Электровоз массой 300 т спускается вниз с горы со скоростью 72 км/ч. Уклон горы равен $\operatorname{tg} \alpha = 0,001$. Коэффициент сопротивления движению 0,02, напряжение в линии 3 кВ, КПД электровоза 0,8. Определите сопротивление обмотки электродвигателя.

6. В электрической схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника $\varepsilon = 34$ В, внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, а сопротивление резисторов $R_2 = R_3 = R_4 = 4$ Ом, емкость конденсатора $C = 1$ мкФ. Определите заряд на конденсаторе q .

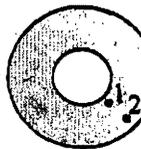


7. Протон, отношение заряда к массе которого 10^8 Кл/кг, движется без начальной скорости из точки O в области пространства, где действуют однородные взаимно перпендикулярные электрическое поле напряженностью $E = 10$ кВ/м и магнитное поле индукцией $B = 0,02$ Тл поля (рис.). Найдите ускорение протона в вершине траектории (в точке A , если $h = 0,5$ м).

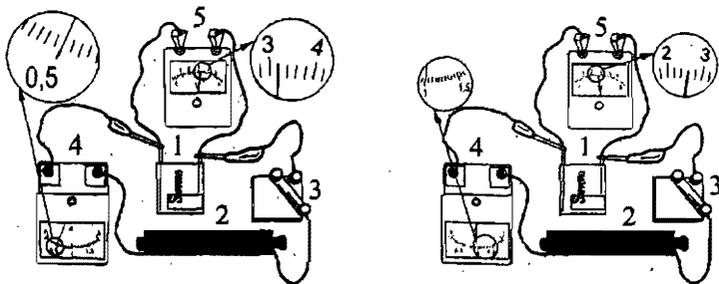
8. Колебательный контур приемника состоит из слюдяного конденсатора ($\varepsilon = 7$), площадь пластин которого 800 см², а расстояние между ними 1 мм, и катушки. На какую длину волны резонирует этот контур, если отношение максимального значения напряжения на пластинах конденсатора к максимальному значению силы тока в катушке равно 100 В/А? Активным сопротивлением контура пренебрегите.

9. Четыре одинаковых заряда q расположены на плоскости в вершинах квадрата и удерживаются в равновесии связывающими их не проводящими ток нитями. Натяжение нитей $2,7 \cdot 10^{-3}$ Н. Чему равна сила, действующая на каждый из зарядов со стороны ближайших двух зарядов?

10. Проводящий шар радиусом 5 см с зарядом 4 нКл окружен сферической оболочкой из диэлектрика радиусом 10 см (рис.). Диэлектрическая проницаемость вещества оболочки равна 2. Найдите напряженность поля вблизи внутренней (1) и внешней (2) поверхностей диэлектрика.

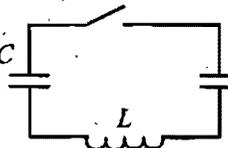


11. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батареи 1, реостата 2, ключа 3, амперметра 4 и вольтметра 5. После этого он провел измерения напряжения на полюсах и сил тока в цепи при различных сопротивлениях внешней цепи (рис.). Определите ЭДС, внутреннее сопротивление и КПД и точника тока в первом опыте.



12. Медный куб с длиной ребра 0,1 м скользит по столу постоянной скоростью 10 м/с, касаясь стола одной из плоски поверхностей. Вектор индукции магнитного поля 0,2 Тл направлен вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между центром куба и одной из его вершин.

13. Чему равна максимальная сила тока в катушке, возникающего после замыкания ключа? Первоначально заряд q находился на одном из конденсаторов. Индуктивность катушки L , емкость конденсаторов C .



Задача	4	5	6	7	8
Ответ	0,03 Н	2,4 Ом	$8 \cdot 10^{-8}$ Кл	10^{12} м/с ²	933 м

Задача	9	10	11	12	13
Ответ	$2,8 \cdot 10^{-3}$ Н	$7,2 \cdot 10^3$ В/м $1,8 \cdot 10^3$ В/м	1,2 Ом 3,8 В, 42%	0,1 В	$q \sqrt{\frac{2}{iC}}$

Урок 30

ТЕМА: Волновая оптика, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по волновой оптике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по волновой оптике для выполнения заданий базового уровня.

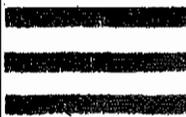
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Волновая оптика»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Волновая оптика»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по волновой оптике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по волновой оптике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Волновая оптика, базовый уровень		
Интерференция	Дифракция	Дисперсия
интерференционная картина:  min max min max min min: $\Delta r = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$ max: $\Delta r = m\lambda$, где $m = 0, 1, 2, \dots$	дифракционный спектр:  $m = -2$ $m = -1$ $m = 0$ $m = +1$ $m = +2$ $d \sin \varphi = m\lambda$, где $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$ $m_{\max} = \frac{d}{\lambda}$ (целая часть)	 белый красный фиолетовый показатель преломления: - абсолютный $n = \frac{c}{v}$; - относительный $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ $v = v(\lambda) \Rightarrow n = n(\lambda)$

ХОД УРОКА:



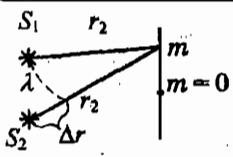
Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. урок 27). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

 Система знаний по теме
 «Волновая оптика»

Явление	Графическая модель	Законы
Интерференция света		$\Delta r = r_2 - r_1$ min: $\Delta r = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ max: $\Delta r = m\lambda$, где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Явление	Графическая модель	Законы
Дифракция света на дифракционной решетке		$d \sin \alpha_m = m \lambda$, где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ $m_{\max} = \frac{d}{\lambda}$ (целая часть) $N = \frac{l}{d}$

В таблице систематизированы знания о двух волновых явлениях: интерференции и дифракции света. Дисперсия света не представлена в таблице, так как расчетных задач на это явление в школьном курсе нет.

На модели интерференции изображены два точечных источника когерентного света, указано положение интерференционного максимума с порядковым номером m и разность хода волн, соответствующая этому максимуму. В столбце «Законы и уравнения связи» приведены определительные формулы разности хода волн, условия минимумов и максимумов интенсивности.

На модели дифракции изображено преобразование пучка параллельных лучей при прохождении через дифракционную решетку и собирающую линзу. Обозначен угол, под которым наблюдается дифракционный максимум m -го порядка. Записано уравнение дифракционной решетки, формула для расчета максимального порядка спектра и числа штрихов дифракционной решетки.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Наибольшую длину волны имеет:

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1) гамма — излучение | 3) инфракрасное излучение |
| 2) видимый свет | 4) ультрафиолетовое излучение |

A2. Какие физические величины не меняются при переходе электромагнитной волны из одной среды в другую:

- длина волны
- скорость распространения волны

в) частота волны

г) период волны?

1) а и б

2) б и в

3) в и г

4) а и г

A3. Оптическая разность хода двух лучей монохроматического света равна $\lambda/2$. Определите, чему равна разность фаз интерферирующих лучей $\Delta\varphi$ и что наблюдается в точке интерференции — усиление или ослабление света.

1) $\Delta\varphi = 2\pi$, усиление

3) $\Delta\varphi = \pi/2$, ослабление

2) $\Delta\varphi = \pi$, ослабление

4) $\Delta\varphi = 0$, усиление

A4. Дифракционная решетка содержит $N = 500$ штрихов на длине $l = 1,0$ мм. Наибольший порядок спектра для света с длиной волны $l = 500$ нм равен:

1) 2

2) 3

3) 4

4) 5

A5. Разложение белого света в спектр при прохождении его через призму происходит вследствие:

1) явления интерференции

2) явления дифракции

3) явления отражения

4) зависимости абсолютного показателя преломления стекла от длины волны света.

В а р и а н т 2

A1. Максимальную частоту волны имеет:

1) инфракрасное излучение

2) ультрафиолетовое излучение

3) видимый свет

4) гамма-лучи

A2. Какие физические величины изменяются при переходе волны из одной среды в другую?

а) длина волны

б) скорость распространения волны

в) частота волны

г) период волны

1) а и б

2) б и в

3) в и г

4) б и в

A3. Разность фаз двух интерферирующих лучей монохроматического света с длиной волны λ равна $\Delta\varphi = 3\pi$. Определите, чему равна оптическая разность хода лучей Δ и что наблюдается в точке интерференции.

1) $\Delta = \lambda/2$, ослабление света

3) $\Delta = 3\lambda/2$, ослабление света

2) $\Delta = \lambda$, усиление света

4) $\Delta = 2\lambda$ — усиление света

A4. Если на интерференционную решетку падает белый свет, то спектры второго и третьего порядков перекрываются. Чему равна длина волны линии спектра второго порядка λ , на которую накладывается линия $\lambda_{\text{ф}} = 400$ нм спектра третьего порядка?

- 1) 600 нм 2) 650 нм 3) 700 нм 4) 730 нм

A5. Дисперсией света объясняется следующее физическое явление:

а) желтый цвет абажура, освещаемого белым светом электрической лампочки

б) желтый, красный, синий цвета мыльной пленки, освещаемой белым светом

в) разложение белого света в спектр при прохождении его через призму

г) разложение белого света в спектр при прохождении его через решетку

- 1) а 2) б 3) в 4) г

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 3; A2 — 3; A3 — 2; A4 — 3; A5 — 4.

Вариант 2: A1 — 4; A2 — 1; A3 — 3; A4 — 1; A5 — 3.



Тренировка в решении задач базового уровня

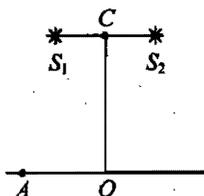
На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решают задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Два когерентных источника S_1 и S_2 , расположенные на расстоянии 1 мм друг от друга, испускают монохроматический свет с длиной волны 600 нм (рис.).

1) Найдите разность хода лучей, приходящих от когерентных источников в точку А, если $|CO| = 4$ м, $|AO| = 2,4$ мм.

2) Максимум или минимум интенсивности будет наблюдаться в точке А? Определите порядок максимума или минимума.



3) Увеличится или уменьшится расстояние между максимумами при сближении источников света друг с другом?

II. На дифракционную решетку, содержащую 400 щелей на 1 мм падает свет с длиной волны 500 нм.

- 1) Чему равен период решетки?
- 2) Под каким углом виден максимум 2-го порядка?
- 3) Сколько всего максимумов будет содержать полученный спектр?

Вариант 2

I. Два когерентных источника S_1 и S_2 , расположенные на расстоянии 1 мм друг от друга, испускают монохроматический свет с длиной волны 500 нм (рис.).

1) Найдите разность хода лучей, приходящих от когерентных источников в точку В, если $|CO| = 2$ м, $|BO| = 2$ мм.

2) Максимум или минимум интенсивности будет наблюдаться в точке В? Определите порядок максимума или минимума.

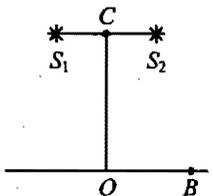
3) Увеличится или уменьшится расстояние между максимумами при удалении источников от экрана?

II. Дифракционная решетка с периодом 2,5 мкм освещается монохроматическим светом с длиной волны 600 нм.

1) Сколько штрихов нанесено на решетку, если ее длина 2 см?

2) Под каким углом виден дифракционный максимум 1-го порядка?

3) Какой максимальный порядок спектра можно наблюдать в данном опыте?



Ответы к тренировочной работе

Задание	I			II		
	1	2	3	1	2	3
Вариант 1	$6 \cdot 10^{-7}$ м	max $m = 1$	Увеличится	$2,5 \cdot 10^{-6}$ м	$\sin \varphi = 0,4$	11
Вариант 2	10^{-6} м	max $m = 2$	Увеличится	8000	$\sin \varphi = 0,24$	4



Сообщение домашнего задания

1) Закончите выполнение тренировочных упражнений.

2) Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

Перечень знаний по теме «Геометрическая оптика»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
3.6.1 Прямолинейное распространение света	Определение понятий «световой луч», «тень», «полутень»; формулировка закона прямолинейного распространения света; графическая модель получения теневого изображения
3.6.2 Закон отражения света	Определение понятий «отражение света», «диффузное и зеркальное отражение»; графическая модель отражения света; формулировка законов отражения света
3.6.3 Построение изображений в плоском зеркале	Графическая модель получения изображения в плоском зеркале и области, которая видна в зеркале
3.6.4 Законы преломления света 3.6.5 Полное внутреннее отражение	Определение понятий «преломление света», «граница раздела двух сред», «показатели преломления (абсолютный и относительный)», «полное отражение», «предельный угол полного отражения»; формулировки законов преломления света; уравнение для расчета предельного угла полного отражения; графические модели преломления света на границе раздела двух сред, изображения при наблюдении через границу раздела двух сред, преломления в плоскопараллельной пластине, преломления в призме
3.6.6 Линзы 3.6.7 Формула тонкой линзы	Определение понятий «линза», «собирающие и рассеивающие линзы», «тонкая линза», «оптический центр», «оптические оси», «фокусы линзы», «фокусное расстояние», «оптическая сила линзы»; формула тонкой линзы
3.6.8 Построение изображения, даваемого собирающей линзой	Графическая модель получения изображения в линзе; изображения на сетчатке глаза
3.6.9 Оптические приборы	Устройство лупы, фотоаппаратов, проекционного аппарата; графическая модель хода лучей в этих оптических приборах; определение понятий «линейного и углового увеличения оптического прибора»

Урок 31

ТЕМА: Геометрическая оптика, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания по геометрической оптике;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по геометрической оптике для выполнения заданий базового уровня.

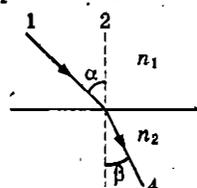
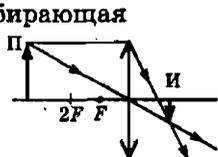
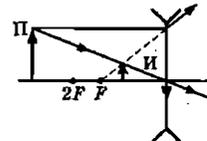
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Геометрическая оптика»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Геометрическая оптика»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по геометрической оптике	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по геометрической оптике	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Геометрическая оптика, базовый уровень	
Законы	Построение изображений в линзах
<p>– прямолинейного распространения света</p> <p>– отражения света</p>  <p>$\alpha = \gamma$, 1, 2, 3 — в одной плоскости</p> <p>– преломления света</p>  <p>$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$</p> <p>1, 2, 4 — в одной плоскости</p>	<p>собирающая</p>  <p>действительное перевернутое уменьшенное изображение (глаз, фотоаппарат)</p> <p>рассеивающая</p>  <p>мнимое прямое уменьшенное изображение</p> $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}, D = \frac{1}{F}$ <p>$f, d, F > 0$, если изображение, предмет, фокус — действительные</p>

ХОД УРОКА:



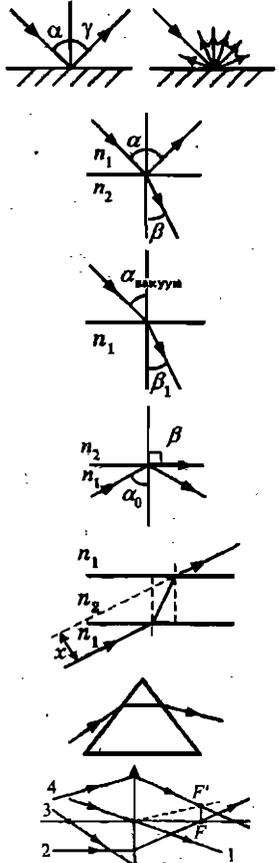
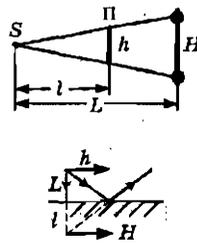
Актуализация знаний

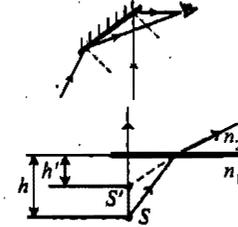
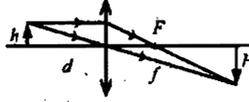
Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок). Учащиеся вслух формулируют определения и законы, выписывают на доске уравнения, делают необходимые рисунки. Учитель корректирует ответы.

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме
«Геометрическая оптика»

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Распространение светового лучка:</p> <ul style="list-style-type: none"> • в различных средах • в плоскопараллельной пластине • в призме • в собирающей линзе 	 <p>Графическая модель распространения света, включающая: отражение от горизонтальной поверхности; преломление на границе сред с показателями преломления n_1 и n_2; преломление в вакууме; преломление в плоскопараллельной пластине с показателями преломления n_1 и n_2; преломление в призме; изображение в собирающей линзе с фокусами F и F' и расстояниями l и l'.</p>	<p>В однородной среде свет распространяется прямолинейно.</p> <p>$\alpha = \gamma$</p> <p>$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$,</p> <p>где $n_1 = \frac{\sin \alpha_{\text{вак}}}{\sin \beta_1} = \frac{c}{v_1}$</p> <p>(абсолютный показатель преломления среды — справочная таблица)</p> <p>$n_{21} = n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ (относительный показатель преломления двух сред)</p> <p>$\sin \alpha_0 = \frac{n_1}{n_2}$</p>
<p>Получение изображения предмета:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теневого; • в плоском зеркале; 	 <p>Графическая модель получения изображения: тень предмета (треугольник $S\Pi H$) и изображение в плоском зеркале (треугольник LH).</p>	<p>Соотношение сторон в подобных треугольниках</p> <p>$\frac{H}{h} = \frac{L}{l}$</p> <p>$L = l', H = h$</p>

Явление	Графическая модель	Законы
<ul style="list-style-type: none"> • в результате преломления на границе раздела двух сред; 		<p>Видимая область зависит от размеров и расположения зеркала</p> $h' = \frac{h}{n}$ $n = \frac{n_2}{n_1}$
<ul style="list-style-type: none"> • в собирающей линзе 		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (f > F)$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (f < F)$ $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}; \quad D = \frac{1}{F}$

В таблице описано два явления: распространение светового пучка и получение изображения предмета.

В первой строке изображены модели отражения света (зеркального и диффузного), преломления света (для произвольного случая и случая, когда одна из сред — вакуум) и полного внутреннего отражения света. Выписаны законы геометрической оптики (закон преломления — в форме, удобной для решения задач) и дополнительные к ним уравнения.

Распространение светового пучка в плоскопараллельной пластине и призме проиллюстрировано только рисунками, поскольку необходимые уравнения получают на основе законов отражения и преломления в каждом конкретном случае.

На модели прохождения светового пучка через собирающую линзу цифрами 1, 2, 3 обозначены лучи, удобные для построения изображений в линзе, а цифрой 4 — произвольно падающий луч. Показано, что луч 4 параллелен побочной оптической оси и после преломления проходит через побочный фокус.

Получение изображения описано для четырех ситуаций: теневое изображение, изображение в плоском зеркале, мнимое изображение, полученное в результате преломления света на границе раздела двух сред, и изображение в тонкой собирающей линзе.

Для плоского зеркала приведены две модели: построения изображения и определения видимой области предметов.

Формула линзы в последней строке таблицы конкретизирована для случаев действительного и мнимого изображений.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Как изменится угол отражения светового луча от плоского зеркала, если угол падения увеличить на 10° ?

- 1) уменьшится на 10° 3) уменьшится на 5°
 2) увеличится на 10° 4) увеличится на 20°

A2. Свет переходит из воздуха в воду, при этом угол падения света α , угол преломления γ . Чему равна скорость света в воде? (c — скорость света в воздухе.)

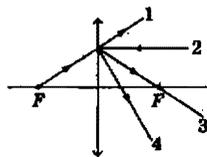
- 1) c 2) $c \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ 3) $c \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}$ 4) $c \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}$

A3. Луч света падает на границу раздела скипидар — воздух со стороны скипидара. Предельный угол полного внутреннего отражения равен 42° . Чему равен абсолютный показатель преломления скипидара?

- 1) 0,73 2) 1,36 3) 1,58 4) 2,1

A4. Луч света падает на тонкую собирающую линзу (рис.). Определите его направление после преломления в линзе.

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



A5. Предмет находится на расстоянии 50 см от тонкой рассеивающей линзы, фокусное расстояние которой — 30 см. Определите тип изображения и его увеличение Γ .

- 1) действительное прямое $\Gamma = 0,6$
 2) мнимое прямое, $\Gamma = 0,6$
 3) действительное перевернутое $\Gamma = 3$
 4) мнимое перевернутое $\Gamma = 3$

Вариант 2

A1. Как изменится угол отражения луча от плоского зеркала, если угол падения уменьшить на 5° ?

- 1) уменьшится на 5° 3) уменьшится на $2,5^\circ$
 2) увеличится на 5° 4) увеличится на 10°

A2. Угол падения света из воздуха на поверхность воды равен 60° . Чему равен угол преломления света, если скорость света в воде $2,2 \cdot 10^8$ м/с, в воздухе $3 \cdot 10^8$ м/с?

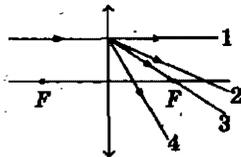
- 1) $15^\circ 20'$ 2) $36^\circ 30'$ 3) 45° 4) 60°

A3. Свет падает на границу раздела стекло — воздух со стороны стекла. Угол падения равен 60° . Абсолютный показатель преломления стекла 1,5. При этом луч отклоняется от своего первоначального направления на угол:

- 1) 27° 2) 30° 3) 60° 4) 45°

A4. Луч света падает на тонкую собирающую линзу (рис.). Определите его направление после преломления в линзе.

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



A5. Предмет находится на расстоянии 30 см от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 50 см. Определите тип изображения и его увеличение Γ .

- 1) действительное перевернутое $\Gamma = 1,5$
2) мнимое перевернутое $\Gamma = 0,6$
3) действительное прямое $\Gamma = 0,6$
4) мнимое прямое $\Gamma = 2,5$

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 2; A2 — 3; A3 — 2; A4 — 2; A5 — 2.

Вариант 2: A1 — 1; A2 — 2; A3 — 3; A4 — 3; A5 — 4.

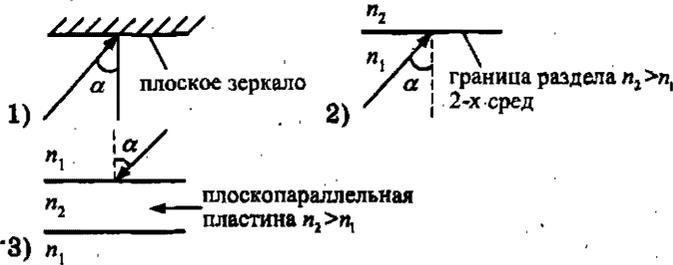


Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Достройте ход световых лучей в следующих ситуациях.

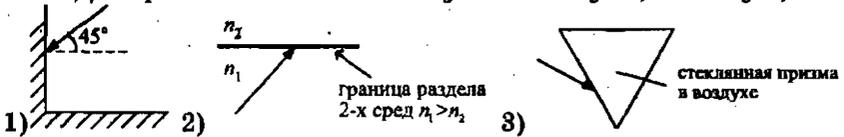


II. Свеча находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с оптической силой 2 дптр.

- 1) Постройте изображение в линзе и охарактеризуйте его
- 2) Рассчитайте расстояние от изображения до линзы
- 3) Найдите увеличение линзы

Вариант 2

I. Достройте ход световых лучей в следующих ситуациях:

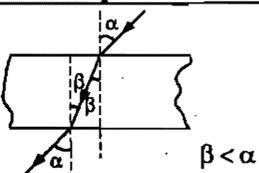
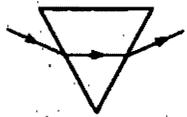
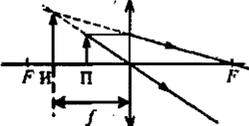
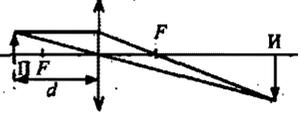


II. Линза дает десятикратное увеличение предмета на экране, находящемся на расстоянии 5 м от нее.

- 1) Постройте ход лучей в линзе, охарактеризуйте изображение.
- 2) Найдите расстояние от линзы до предмета.
- 3) Вычислите оптическую силу линзы.

Ответы к тренировочной работе

Вопрос	Вариант 1	Варианта 2	
I 1	 $\alpha = \gamma$	 $OA \parallel BC$	
2	 $\alpha = \gamma$ $\beta < \alpha$	 а) $\alpha < \alpha_0$	 б) $\alpha \geq \alpha_0$

Вопрос	Вариант 1	Варианта 2	
3	 <p>$\beta < \alpha$</p>		
II	1	 <p>изображение увеличенное мнимое прямое</p>	 <p>изображение увеличенное действительное перевернутое</p>
	2	$f = -33$ см	$d = 50$ см
	3	$\Gamma = 1,65$	$D = 2,2$ дптр



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений.

Урок 32

ТЕМА: Оптика, повышенный уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- систематизировать знания об оптических явлениях;
- актуализировать методы решения типовых задач по оптике;
- научиться решать «в свернутом виде» задачи на расчет величин, описывающих
 - распространение светового пучка;
 - получение изображения предмета;
 - интерференцию электромагнитных волн;
 - дифракцию света на дифракционной решетке;
- установить собственные возможности получения 1 балла за задания повышенного уровня части 1 и части 2 ЕГЭ по оптике.

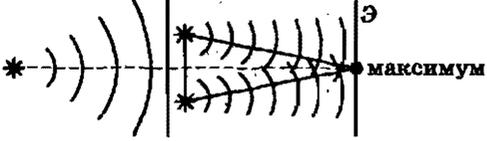
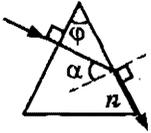
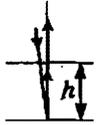
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний «Оптика»;
- представленная наглядно таблица «Методы решения задач по оптике»;
- раздаточный материал (план распознавания оптических явлений, тренировочные задания);
- представленные наглядно ответы к заданиям «Непрограммируемые калькуляторы».

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	4
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий повышенного уровня по оптике	1
3	Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня части 1 и части 2 ЕГЭ	Фронтальная беседа, решение задач у доски	6
4	Систематизация знаний и актуализация методов решения задач по оптике	Фронтальная беседа, работа с таблицами «Система знаний «Оптика» и «Методы решения задач по оптике»	10
5	Тренировка в решении задач «в свернутом виде»	Самостоятельная работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), проверка решений у доски	20
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Оптика, повышенный уровень части 1 и 2 ЕГЭ		
1) Вопросы на понимание «тонких мест» (из части 1 — 4 мин., 1 балл)		
Модель образования светлого пятна в центре тени 		
Верный ответ: 2		
2) Задачи на применение систем знаний по оптике (из части 1 — 4 мин., 1 балл)		
Модель	Уравнения	Расчет
	условие полного отражения: $\sin \alpha = 1/n$ $\varphi = \alpha$ — как углы со взаимно перпендикулярными сторонами	$\varphi = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$ Верный ответ: 1
3) Задачи на применение систем знаний по оптике (из части 2 — 6 мин., 1 балл)		
	Условие $\min \Delta d = \lambda/2$ Разность хода $\Delta d = 2h$ $\lambda = c/v$	$h = c/4v$ $h = 3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{15} = 1,5 \cdot 10^{-7} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}$ $h = 150 \text{ нм}$ В бланке: 150

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Напомним, что в экзаменационную работу входят два задания повышенного уровня по оптике, по одному заданию в части 1 (с выбором ответа) и в части 2 (с ответом в виде числа). На задание в части 1 отводится в среднем 4 минуты, в части 2—6 минут. Верный ответ к каждому заданию оценивается в 1 балл.



Обсуждение примеров решения заданий повышенного уровня

В вариантах экзаменационных работ прошлых лет встречаются задания повышенного уровня по оптике двух видов:

- 1) вопросы на понимание «тонких» мест теории;
- 2) задачи на применение систем знаний по оптике.

Рассмотрим, в чем состоят их особенности на примере следующих задач.

1. При освещении непрозрачного диска в центре его тени является светлое пятно. Этот факт можно объяснить с помощью

1) только законов геометрической оптики; 2) только законов волновой оптики; 3) и законов геометрической оптики, и законов волновой оптики; 4) нельзя объяснить в рамках этих теорий

2. Найдите преломляющий угол призмы из стекла с показателем преломления n , если луч, падающий по нормали на одну ее грань, после преломления скользит вдоль противоположной грани (рис.).

1) $\arcsin(1/n)$

3) $\arctg(n/\sqrt{n^2-1})$

2) $\arccos(n)$

4) $\arctg(\sqrt{n^2-1}/n)$



3. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна, частота которой $0,5 \cdot 10^{16}$ Гц. При каком минимальном расстоянии между зеркалами может наблюдаться первый интерференционный минимум в отраженном свете? Ответ выразите в нанометрах.

Учитель решает задачи, включая учащихся в беседу. Вопросы направлены на то, чтобы помочь учащимся осознать особенности выполнения заданий каждого вида. Краткий ответ и решение учитель фиксирует на доске (см. на доске).

Таким образом, задания повышенного уровня требуют применения знаний из нескольких тем раздела, поэтому требуется систематизировать знания обо всех изученных оптических явлениях. Кроме того, время решения ограничено, а запись решения не влияет на результат. Поэтому необходимо потренировать «свертывать решение», т.е. искать как можно более короткий путь к ответу и делать только самые необходимые записи.

Систематизация знаний об оптических явлениях и актуализация методов решения задач по оптике

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний «Оптика» и отвечает на вопросы учащихся.

В таблице «Система знаний «Оптика» в более компактном виде представлены сведения из таблиц по геометрической и волновой оптике.

Как правило, задания повышенного и высокого уровня по оптике — это задачи на расчет величин, описывающих распространение светового пучка (строка 1), получение изображения предмета (строка 2), интерференцию электромагнитных волн разных диапазонов, в том числе оптического (строка 3) и дифракцию света на дифракционной решетке (строка 4).

Большинство из них может быть решено частными методами, описанными в таблице «Методы решения задач по оптике».

Пользоваться этими методами вы учились при изучении геометрической и волновой оптики в 10 классе. Просмотрите содержание таблицы и, если требуется, задайте вопросы.

Учитель отвечает на вопросы учащихся.

Сопоставьте содержание систем знаний и методов решения задач по данному разделу.

Учитель организует сопоставление таблиц.

В каждой из таблиц представлены оптические явления:

1) распространение светового луча в таблице «Система знаний «Оптика» — соответствующий метод решения задач (метод № 1) в таблице «Методы решения задач по оптике»;

2) получение изображения предмета в оптической системе — метод № 2;

3) интерференция электромагнитных волн — метод № 3;

4) дифракция света на дифракционной решетке — метод № 4.

В таблице методов решения отсутствует общий план распознавания оптических явлений. Это обусловлено тем, что из текста задачи легко понять, какому явлению из четырех соответствует описанная ситуация. Более того основное явление, как правило, названо.

Обобщающие таблицы «Система знаний «Оптика» и «Методы решения задач по оптике» призваны помочь в решении задач повышенного и высокого уровня. В таблице «Методы решения...» перечислены действия по выполнению каждого шага решения задач определенного типа, а в таблицах-системах знаний — знания, которые помогают их осуществить. Как и раньше, если задача кажется легкой, вы решаете ее, не задумываясь о методе решения, вспоминая необходимые сведения, не обращаясь к таблице-системе знаний. Если же вы «не видите» ход решения, то нужно провести все этапы решения, представленные в таблице методов, выбирая необходимые элементы из таблицы — системы знаний.

Система знаний «Оптика»

Явление	Графическая модель	Законы
<p>1. Распространение светового луча</p> <ul style="list-style-type: none"> в различных средах в плоскопараллельной пластине и в призме в собирающей линзе 		$\alpha = \gamma; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}; \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$
<p>2. Получение изображения предмета:</p> <ul style="list-style-type: none"> теневого; в плоском зеркале; в результате преломления на границе раздела двух сред; в собирающей линзе 		<p>Соотношение сторон в подобных треугольниках</p> $\frac{H}{h} = \frac{L}{l}$ <p>$l = L, h = H$</p> <p>Видимая область зависит от размеров и расположения зеркала:</p> $h' = \frac{h}{n}; n = \frac{n_2}{n_1}$ $1/d + 1/f = 1/F (f > F)$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} (f < F)$ $H/h = f/d, D = 1/F$
<p>Интерференция света</p>		$\Delta r = r_2 - r_1$ <p>min: $\Delta r = (2m + 1) \cdot \lambda / 2$; max: $\Delta r = m\lambda$, где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$</p>
<p>Дифракция света на дифракционной решетке</p>		$d \sin \alpha_m = m\lambda$ <p>где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ $m_{\max} = d/\lambda$ (целая часть) $N = l/d$</p>

Методы решения задач по оптике

Этапы решения	Последовательность действий			
I	<p><i>Распознавание явлений, которым соответствует описанная в задаче ситуация.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите объекты, с которыми происходят изменения, и их характеристики в начальном состоянии. 2. Выделите конечное состояние объектов и его характеристики. 3. Установите воздействия, которые привели к изменению состояния каждого объекта. 4. Сделайте вывод о явлении и подберите соответствующую модель. 			
	Изменение направления распространения светового луча (типовая задача №1 на законы геометрической оптики)	Получение изображения в оптической системе (типовая задача № 2 на построение изображений)	Интерференция электромагнитных волн (типовая задача № 3 на расчет интерференционной картины)	Дифракция на дифракционной решетке (типовая задача №4 на расчет дифракционной картины)
II	<p><i>Построение модели ситуации, описанной в задаче.</i></p>			
	<p style="text-align: center;">Метод № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите падающий луч и характеристики направления его распространения. Изобразите. 2. Выделите элементы оптической системы на пути пучка и их характеристики. Изобразите. 3. Постройте ход луча в каждом элементе оптической системы. 	<p style="text-align: center;">Метод № 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите предмет, получение изображения которого описано в задаче, и его характеристики. 2. Уподобьте предмет точечному или протяженному источнику света. Изобразите. 3. Выделите оптические приборы, оптические среды, расположенные между предметом и его изображением, и их характеристики. 	<p style="text-align: center;">Метод № 3</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите когерентные электромагнитные волны и их характеристики. Изобразите. 2. Выделите точки, в которых происходит наложение волн. Изобразите. Обозначьте расстояния, пройденные волнами до этих точек. 3. Выделите максимумы или минимумы интерференционной картины. Изобразите. 	<p style="text-align: center;">Метод № 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите дифракционную решетку и ее характеристики. Изобразите. 2. Выделите волну, падающую на решетку, и ее характеристики. Изобразите. 3. Выделите элементы дифракционной картины и ее характеристики. Изобразите.

	<p>4. Выделите характеристики нового направления луча. Обозначьте.</p> <p>5. Сделайте вывод об оптических явлениях с лучом.</p>	<p>4. Уподобьте приборы и оптические среды элементам оптических систем. Изобразите элементы и обозначьте их характеристики.</p> <p>5. Сделайте вывод об оптических явлениях, которым соответствует ситуация задачи.</p> <p>6. Постройте изображения предмета, даваемые каждым из элементов оптической системы.</p> <p>7. Выделите характеристики изображения. Обозначьте.</p>	<p>4. Выделите характеристики интерференционной картины. Обозначьте.</p>	<p>4. Постройте ход лучей за дифракционной решеткой.</p> <p>5. Обозначьте направления на максимумы.</p>
III	<i>Составление уравнений, описывающих построенную модель.</i>			
	<p>1. Подберите законы оптических явлений и запишите их для построенной модели.</p>	<p>1. Подберите законы явлений и запишите их для построенной модели.</p>	<p>1. Запишите условие максимумов или минимумов для построенной модели.</p>	<p>1. Составьте условие максимумов.</p>
	Далее — по общему плану.			



Тренировка в решении задач «в свернутом виде»

При решении задач повышенного уровня по всем разделам, которые повторены, мы тренировались в подборе метода решения, пользуясь общим планом распознавания явлений, которым соответствует ситуация задачи. При решении задач повышенного уровня по оптике такая тренировка не требуется. Давайте в этом убедимся.

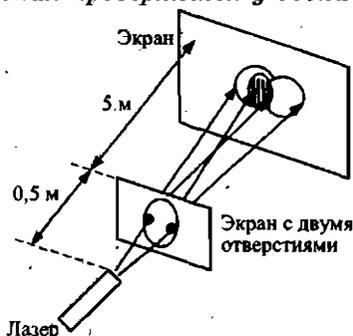
Прочтите тексты трех первых задач из списка и установите, какому явлению соответствует каждая. Запишите название явления и номер метода рядом с номером задачи.

Результаты выполнения задания проверяются и по необходимости обсуждаются:

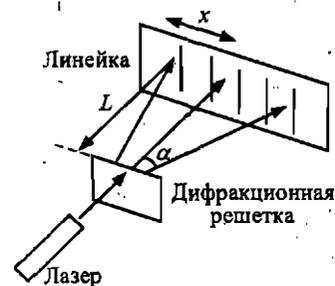
- 1 — интерференция света, метод № 3;
- 2 — дифракция света, метод № 4;
- 3 — распространение светового луча через плоскопараллельную пластину, метод № 1.

Учащиеся самостоятельно решают задачи 1–3 из приведенного списка. Учитель консультирует учащихся, побуждая максимально сокращать записи. Решения проверяются у доски (см. на доске).

1. Если на два отверстия в фольге направить пучок света от лазера, то на экране наблюдается интерференционная картина (рис.). Какова длина волны света лазера, если расстояние между центрами отверстий равно 1 мм, расстояние от фольги до экрана 5 м, а расстояние между двумя темными полосами на экране 3,5 мм? Ответ выразите в нанометрах.

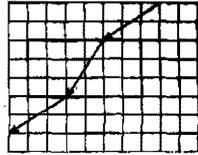


2. На рисунке показана установка для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки. Расстояние от решетки до линейки 40 см. Период решетки 0,004 мм. На решетку падает луч от лазера перпендикулярно плоскости решетки, при этом в местах, отмеченных на рисунке, возникают яркие пятна. Определите длину волны света, излучаемого лазером, если $x = 5,5$ см.



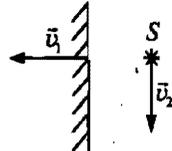
3. На рисунке дан ход лучей, полученный при исследовании прохождения луча через плоскопараллельную пластину. Рас-

считайте показатель преломления материала пластины на основе этих данных.



4. Плоское зеркало движется со скоростью 2 см/с, точечный источник света S — со скоростью 3 см/с (рис.). С какой скоростью будет двигаться изображение источника в зеркале?

- 1) 2 см/с 3) 4 см/с
2) 3 см/с 4) 5 см/с

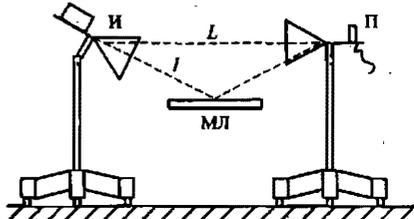


5. Если на дифракционную решетку нанесено 12500 штрихов на длине 2,5 см, то наибольший порядок дифракционного максимума в спектре, который можно наблюдать с помощью этой решетки при использовании излучения с длиной волны 600 нм, равен:

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

6. На дне аквариума глубиной 20 см лежит плоское зеркало. Каково расстояние от лица человека до его мнимого изображения в зеркале, если он рассматривает его с расстояния 20 см над поверхностью воды? Показатель преломления воды равен 1,33. Использовать для малых углов $\text{tg } \alpha = \sin \alpha$. Ответ выразите в сантиметрах (см) и округлите до целых.

7. На рисунке приведена схема опыта для наблюдения интерференции электромагнитных волн, попадающих от излучателя И в приемник П непосредственно (L) и после отражения от металлического листа (МЛ). Какова длина волны излучаемых электромагнитных волн, если один раз ток в приемнике достигает максимального значения при $L_1 = 80$ см, $l_1 = 50$ см, а следующий раз при увеличении L до $L_2 = 104$ см, при этом $l_2 = 60$ см? Ответ выразите в сантиметрах (см).



8. Карандаш совмещен с главной оптической осью тонкой собирающей линзы, его длина равна фокусному расстоянию линзы 12 см. Середина карандаша находится на двойном фокусном расстоянии от линзы. Рассчитайте длину изображения карандаша. Ответ увеличьте в 100 раз.

9. Мальчик читал книгу в очках, расположив книгу на расстоянии 25 см, а сняв очки, на расстоянии 12,5 см. Какова оптическая сила его очков? Считать мышечное напряжение глаз в обоих случаях одинаковым.

10. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск

диаметром 2 м. Центр панно и центр диска лежат на одной вертикали. Какова общая площадь тени и полутени на полу? Ответ округлите до целого значения.

11. Точка движется по окружности с постоянной по модулю линейной скоростью 0,2 м/с вокруг главной оптической оси собирающей линзы в плоскости, перпендикулярной оси и отстоящей от линзы на расстоянии в 1,5 раза большем фокусного. Центр окружности лежит на главной оптической оси линзы. С какой линейной скоростью движется изображение? Ответ выразите в см/с.

12. С какого расстояния был сделан фотоснимок поезда, если высота вагона на негативе 0,015 м, а в действительности она равна 3 м? Главное фокусное расстояние объектива фотоаппарата 0,15 м. Объектив представляет собой собирающую линзу (или систему линз, которую в конечном счете можно рассматривать как одну линзу). Ответ округлите до целого значения.

НА ДОСКЕ (состояние доски №2):

Оптика, повышенный уровень части 1 и 2		
Модель	Уравнения	Расчет
<p>1)</p> <p>$d = 0,5 \text{ мм},$ $x = 3,5 \text{ мм},$ $L = 5 \text{ м}$</p>	$\left. \begin{aligned} d_2 - d_1 &= \lambda \\ d_2 &= \sqrt{L^2 + (d+x)^2} \\ d_1 &= \sqrt{L^2 + (x-d)^2} \end{aligned} \right\}$ $\sqrt{L^2 + (d+x)^2} =$ $= \sqrt{L^2 + (x-d)^2} + \lambda$ $L^2 + d^2 + 2dx + x^2 =$ $= L^2 + x^2 - 2dx + d^2 +$ $+ 2\lambda \sqrt{L^2 + (x-d)^2} + \lambda^2$	$\lambda = \frac{2dx}{L}$ $\lambda = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}}{5} =$ $= 0,7 \cdot 10^{-6} = 700 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ $\lambda = 700 \text{ нм}$
<p>2)</p> <p>$x = 5,5 \text{ см}, L = 40 \text{ см},$ $d = 0,004 \text{ мм}$</p>	$\left. \begin{aligned} d \sin \varphi &= \lambda \\ \sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L} \end{aligned} \right\} \lambda = \frac{dx}{L}$	$\lambda = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 5,5 \cdot 10^{-2}}{40 \cdot 10^{-2}} =$ $= 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$ $\lambda = 550 \text{ нм}$

Оптика, повышенный уровень части 1 и 2

Модель	Уравнения	Расчет
3.	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ $\text{из } \triangle ABC: \sin \alpha = \frac{3}{\sqrt{13}}$ $\text{из } \triangle ADE: \sin \beta = \frac{2}{\sqrt{13}}$	$n = \frac{3\sqrt{13}}{2\sqrt{13}} = 1,5$



Сообщение домашнего задания

Решите оставшиеся задачи из предложенного списка. В случае затруднений, обращайтесь к таблице — системе знаний по оптике и таблице «Методы решения задач по оптике». Максимально сокращайте записи и фиксируйте время решения.

Ответы к задачам (№ верного ответа или число в бланке):

Задача	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ	№4	№3	60	4	16	-4	28	40	30

Урок 33

ТЕМА: Оптика, высокий уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения задач высокого уровня по оптике;
- научиться оформлять развернутое решение задач высокого уровня;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за задания высокого уровня по оптике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний «Оптика» представленная наглядно таблица «Методы решения задач по оптике»;

Повторение раздела «Электродинамика»

- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения задач высокого уровня по оптике);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Консультация по домашнему заданию	Фронтальная беседа	6
2	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий высокого уровня по оптике	3
3	Применение частных методов решения задач по оптике к задачам высокого уровня	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10
4	Показ образца оформления решений задач высокого уровня	Сообщение учителя	5
5	Тренировка в решении задач высокого уровня	Самостоятельная работа, консультации учителя, работа с таблицами «Методы решения задач...» и «Система знаний «Оптика»	18
6	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Оптика, высокий уровень (19 минут, 1–3 балла)	
Развернутый ответ	
Модель	Система уравнений (1 балл)
<p>1)</p>	$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ $\frac{1}{d-v} + \frac{1}{f+v'} = \frac{1}{F}$ <p>(формула тонкой линзы)</p>

Дано:

$v = 1 \text{ м/с}$

$d = 0,5 \text{ м}$

$F = 0,25 \text{ м}$

Расчетная формула (+1 балл)

$$v' = \frac{F^2 v}{(d - F)(d - F + v)}$$

 $v' = ?$

Расчет (+1 балл)

$$v' = \frac{25^2 \cdot 10^{-4}}{(0,5 - 0,25)(0,5 - 0,25 + 1)} = 0,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Ответ: $v' = 0,2 \text{ м/с}$.

ХОД УРОКА:

Консультация по домашнему заданию

Учащиеся задают вопросы по задачам, которые они решали дома. Учитель отвечает на вопросы.



Введение

Задания высокого уровня входят в часть 3 ЕГЭ и являются заданиями с развернутым ответом. Ответ на экзамене записывают в специальный бланк. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3. Его выставляют как сумму баллов за отдельные части решения.

Всего в часть 3 экзаменационной работы входят 6 задач высокого уровня, в том числе две по электродинамике, одна из которых по оптике. Нередко это задание требует привлечения знаний по механике. Время выполнения заданий высокого уровня — примерно 19 мин.

Применение методов решения задач по оптике к задачам высокого уровня

В качестве опоры для решения задач высокого уровня можно использовать те же материалы, что и для решения задач повышенного уровня: таблица «Система знаний «Оптика» и таблица «Методы решения задач по оптике».

Примените их к решению следующей задачи. В ходе решения выделяйте этапы общего метода решения задач.

1. Тело находится на главной оптической оси на расстоянии 0,5 м от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,25 м. В некоторый момент времени тело начинает двигаться вдоль оси со скоростью 1 м/с. С какой скоростью при этом будет двигаться его изображение?

На самостоятельную попытку решения отводится 5 минут. За это время большинство учащихся успевают осознать условие задачи и наметить ход решения. Далее объяснение решения проводится под руководством учителя.

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описано получение изображения движущегося предмета в собирающей линзе (метод № 2 в таблице «Методы решения задач по оптике»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Тело движется со скоростью v из точки, находящейся на d от линзы на ее оптической оси в сторону линзы (рис.).

Рассмотрим тело как протяженный источник света длиной v (расстояние, пройденное точкой за 1 с). Изображение дает линза с фокусным расстоянием F . Изображение имеет длину v' (расстояние, пройденное изображением точки за 1 с).

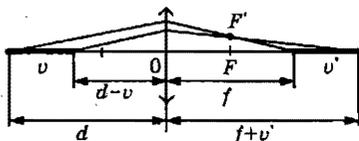
Дано:

$$v = 1 \text{ м/с}$$

$$d = 0,5 \text{ м}$$

$$F = 0,25 \text{ м}$$

$$v' = ?$$



III. Составление уравнений, описывающих модель.

Основное уравнение — формула тонкой линзы. Записываем ее для крайних точек предмета и изображения.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d-v} + \frac{1}{f+v'} = \frac{1}{F} \end{array} \right. \quad (2).$$

Искомая величина входит в составленные уравнения.

Число уравнений (2) равно числу неизвестных величин (f и v').

IV. Вывод расчетной формулы.

Из (1) следует, что $f = \frac{Fd}{d-F}$.

Подставляя в (2) полученное выражение, имеем:

$$\frac{1}{d-v} + \frac{d-F}{Fd+v'(d-F)} = \frac{1}{F}$$

Выразим искомую величину v' .

$$\begin{aligned} F(Fd + v'd - v'F + d^2 - Fd - dv + Fv) &= (d-v)(Fd + v'd - v'd) \\ v'Fd - v'F^2 + d^2F - d^2F + F^2v &= d^2F - vFd + d^2v' - vv'd - dv'F + vv'F \\ v'[(2Fd - F^2 - d^2) + (vd - vF)] &= -F^2v \\ [(d-F)^2 + (d-F)v]v' &= F^2v \\ v' &= \frac{F^2v}{(d-F)(d-F+v)} = \frac{M^2 M}{M^2 c} = \frac{M}{c} \end{aligned}$$

V. Расчет значения физической величины.

$$v' = \frac{2,5^2 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 1,25} \cdot 10^8 = 0,2 \text{ (м/с)}$$

Ответ: $v' = 0,2 \text{ м/с}$.

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

Учитель показывает образец оформления (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.



Тренировка в решении задач высокого уровня

Решите задачи высокого уровня сложности. В случае затруднений обращайтесь к таблице «Методы решения задач по оптике» и таблице — «Система знаний «Оптика». Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

2. На дифракционную решетку с периодом $0,01 \text{ мм}$ нормально к поверхности решетки падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм . За решеткой параллельно ее плоскости расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием 5 см . Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

3. Призма с малым углом преломления α собрана в одном корпусе с собирающей линзой с фокусным расстоянием 50 см так, что одна из граней призмы совпадает с фокальной плоскостью линзы. На каком расстоянии от оптической оси линзы нужно поставить точечный источник света, чтобы после прохождения через такую оптическую систему получить параллельный пучок света, идущий вдоль оптической оси линзы? Показатель преломления материала призмы $n = 1,5$; а преломляющий угол $0,04$ рад.

4. Расстояние между предметом и экраном $L = 0,75$ м. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение при двух ее положениях: один раз уменьшенное, а второй раз — увеличенное. Увеличенное изображение предмета больше самого предмета в 2 раза. Чему равна оптическая сила линзы?

5. В фокальной плоскости линзы с фокусным расстоянием 10 см расположен экран. По другую сторону в ее фокусе находится точечный источник света, который начинает удаляться от линзы с постоянным ускорением 4 м/с^2 . Через какой промежуток времени после начала движения радиус светлого пятна на экране уменьшится в 6 раз?

6. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы слева направо располагаются точки A , B , C так, что отрезки $AB = 10$ см, $BC = 20$ см. Если предмет поместить в точку A , то его изображение будет в точке B . При перемещении предмета в точку B его изображение переместится в точку C . Каково фокусное расстояние линзы?

7. Точечный источник света помещен на оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $0,2$ м на расстоянии $0,5$ м от нее. По другую сторону линзы в ее фокальной плоскости помещена рассеивающая линза. Каким должно быть фокусное расстояние рассеивающей линзы, чтобы мнимое изображение в ней источника совпало с самим источником?

Учащиеся самостоятельно решают задачи, учитель отвечает на возникающие вопросы. Результаты работы проверяются с помощью раздаточного материала — примеров решения задач высокого уровня по оптике.

Пример решения задачи 2

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Описана дифракция света на дифракционной решетке (метод № 4 в таблице «Методы решения...»).

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Описана дифракционная решетка с периодом d .

На решетку падает свет с длиной волны λ .

Дифракционная картина расположена в фокальной плоскости линзы, то есть на расстоянии F от нее. Расстояние между центральным и первым максимумами x_1 , между центральным и вторым — x_2 . (рис.)

Угол, под которым наблюдается первый максимум — φ_1 , второй — φ_2 .

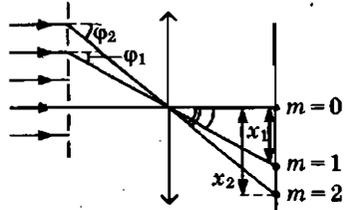
Дано:

$$F = 5 \text{ см,}$$

$$\lambda = 600 \text{ нм,}$$

$$d = 0,01 \text{ мм}$$

$$(x_2 - x_1) = ?$$



III. Составление уравнений, описывающих модель.

Составим систему уравнений с опорой на последнюю строку таблицы «Система знаний по оптике».

Запишем условие для максимумов первого и второго порядка.

$$d \sin \varphi_1 = \lambda; \quad (1)$$

$$d \sin \varphi_2 = 2\lambda. \quad (2)$$

Имеем два уравнения и четыре неизвестные величины.

Составим уравнения, связывающие расстояния x_1 и x_2 с фокусными расстояниями F , из геометрических построений:

$$x_1 = F \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (3)$$

$$x_2 = F \operatorname{tg} \varphi_2. \quad (4)$$

Будем считать, что для малых углов синусы и тангенсы равны:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \sin \varphi_1$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \sin \varphi_2.$$

IV. Вывод расчетной формулы.

Вычтем из уравнения (4) уравнение (3) и учтем последнее значение:

$$x_2 - x_1 = F(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1).$$

$$\text{Из (1), (2) следует, что } \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 = \frac{2\lambda}{d} - \frac{\lambda}{d} = \frac{\lambda}{d}.$$

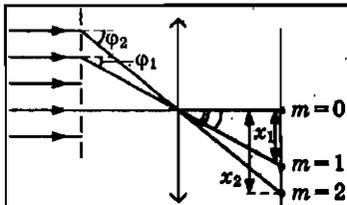
$$\text{Тогда: } x_2 - x_1 = \frac{F\lambda}{d}; \quad \left[\frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м} \right]$$

V. Расчет значения физической величины.

$$x_2 - x_1 = \frac{0,05 \cdot 6 \cdot 10^{-7}}{1 \cdot 10^{-5}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 3 \text{ (мм)}.$$

Ответ: $x_2 - x_1 = 3 \text{ мм}$.

Развернутый ответ



Дано:

$d = 0,01 \text{ мм}$

$F = 50 \text{ см}$

$\lambda = 600 \text{ нм}$

$x_2 - x_1 = ?$

$d \sin \varphi_1 = \lambda$ (1) — условие максимумов

$d \sin \varphi_2 = 2\lambda$ (2)

$x_1 = F \operatorname{tg} \varphi_1$ (3) — из построений

$x_2 = F \sin \varphi_2$ (4)

$\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$ приближение

Из (1)–(4) с учетом приближения:

$x_2 - x_1 = F \lambda / d$

$x_2 - x_1 = \frac{0,05 \cdot 6 \cdot 10^{-7}}{1 \cdot 10^{-5}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$

Ответ: $x_2 - x_1 = 3 \text{ мм}$.



Сообщение домашнего задания

Остальные задачи решите дома и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач по оптике» и «Система знаний «Оптика», а также к примерам, разобранным в классе. Фиксируйте время решения.

Задача	3	4	5	6	7
Ответы	1 м	6 дптр	0,5 с	1,2 м	0,1 м

Урок 34

ТЕМА: Контрольная работа по электродинамике*

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- установить собственные возможности выполнения заданий ЕГЭ по электродинамике.

* Контрольная работа рассчитана на 2 урока по 45 минут. Если времени недостаточно, то можно провести контрольную работу на одном уроке, сократив число заданий.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- раздаточный материал (варианты контрольной работы, справочные материалы);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время
1	Инструкция по выполнению контрольной работы	Сообщение учителя о проведении контрольной работы	2 мин.
2	Выполнение контрольной работы	Индивидуальная работа	1 час 25 мин. (или 40 мин.)
3	Сообщение домашнего задания	—	2 мин.

Ниже приведены четыре варианта контрольной работы по электродинамике. Два из них можно использовать собственно для проведения контрольной работы, а другие два — для подготовки к ней и повторного выполнения работы в случае неудачи.

Максимальный первичный балл за работу составляет 15. При оценивании контрольной работы необходимо перевести набранные баллы в отметку по пятибалльной шкале.

С учетом процедуры перевода баллов в отметку можно рекомендовать следующие нормы выставления оценок. Отметку «5» выставляют, если число набранных баллов составляет 14–15, отметку «4» — если набрано 11–13 баллов, отметку «3» — если набрано 9–10 баллов.

ХОД УРОКА:**Инструкция по выполнению контрольной работы**

Контрольная работа рассчитана на два урока. Она включает 13 заданий разного уровня сложности: базового (A17–A24), повышенного (A25–A26, B3, B4) и высокого (C3).

К каждому заданию с кодом «А» даны четыре ответа, из которых правильный только один. На задания с кодом «В» следует дать краткий ответ в численном виде. На задания с кодом «С» требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий с кратким и развернутым ответом значение искомой величины следует выразить в тех единицах, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. При расчетах следует использовать значения констант с той точностью, которая задана в справочных материалах (см. Приложение 3).

Максимальный балл за задания базового и повышенного уровней — 1, высокого уровня — 3.

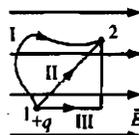
Выполнение контрольной работы

Вариант 1

A17. Как надо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, чтобы сила их кулоновского взаимодействия осталась прежней, если модуль одного из этих зарядов увеличился в 2 раза?

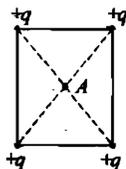
- 1) увеличить в 2 раза 3) увеличить в $\sqrt{2}$ раз
2) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в $\sqrt{2}$ раз

A18. В однородном электростатическом поле перемещается положительный заряд из точки 1 в точку 2 (рис.) по разным траекториям. В каком случае работа сил электростатического поля больше?



1) I; 2) II; 3) III; 4) Работа сил электростатического поля по траекториям I, II, III одинакова.

A19. Каждый из четырех одинаковых по модулю и знаку зарядов, расположенных в вершинах квадрата (рис.), создает в точке A электрическое поле, напряженность которого E. Напряженность поля в точке A равна:

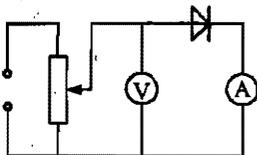


- 1) 0 2) 4E 3) $2\sqrt{2}E$ 4) $4\sqrt{2}E$

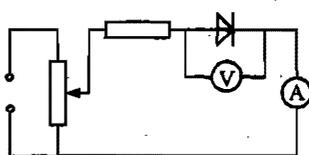
A20. Как изменится сила тока, протекающего по проводнику, если напряжение на его концах и площадь поперечного сечения проводника увеличить в 2 раза?

- 1) не изменится
2) уменьшится в 4 раза
3) увеличится в 2 раза
4) увеличится в 4 раза

A21. Какую из схем — а или б — следует использовать при исследовании зависимости прямого тока диода от напряжения (рис.)? Амперметр и вольтметр не идеальны.



а



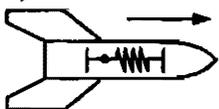
б

1) I; 2) II; 3) можно использовать обе схемы; 4) ни одну из схем использовать нельзя.

A22. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняют тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному:

- 1) поглощаются
- 2) отражаются
- 3) поляризуются
- 4) преломляются

A23. В космическом корабле, летящем к далекой звезде с постоянной скоростью, проводят экспериментальное исследование колебаний пружинного маятника. Будут ли отличаться результаты этого исследования от аналогичного, проводимого на Земле (рис.)?



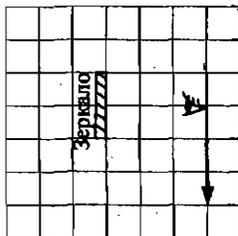
1) нет, не будут; результаты будут одинаковыми при любых скоростях корабля; 2) будут отличаться вследствие релятивистских эффектов, если скорость корабля близка к скорости света; нет, при малых скоростях корабля результаты будут одинаковыми; 3) да, так как в корабле на маятник действует еще и сила инерции; 4) да, так как из-за отсутствия взаимодействия с Землей маятник на корабле не будет колебаться.

A24. Радиусы окружностей, по которым движутся α -частица (R_α) и протон (R_p) ($m_\alpha = 4m_p$; $q_\alpha = 2q_p$), влетевшие в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одной и той же скоростью, соотносятся как:

- 1) $R_\alpha = 2R_p$
- 2) $R_\alpha = 4R_p$
- 3) $R_\alpha = R_p/2$
- 4) $R_\alpha = R_p/4$

A25. На сколько клеток и в каком направлении следует переместить стрелку, чтобы изображение стрелки в зеркале (рис.) было видно наблюдателю полностью?

- 1) стрелка и так видна глазу полностью
- 2) на 1 клетку вправо
- 3) на 1 клетку влево
- 4) на 1 клетку вниз



A26. Заряженная частица излучает электромагнитные волны в вакууме:

- 1) только при движении с ускорением;
- 2) только при движении с постоянной скоростью;
- 3) только в состоянии покоя;
- 4) как в состоянии покоя, так и при движении с постоянной скоростью.

B3. При лечении электростатическим душем к электродам прикладывают разность потенциалов 10^5 В. Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу 1800 Дж? (Ответ выразите в мКл.)

B4. В дно водоема глубиной 2 м вертикально забита свая так, что ее верхний конец находится под водой. Найдите длину тени от сваи на дне водоема, если угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых и запишите в бланк ответов.

C3. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности $I_m = 5$ мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора $q_m = 2,5$ нКл. В момент времени t заряд конденсатора $q = 1,5$ нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

C4. Объектив проекционного аппарата имеет оптическую силу 5,4 дптр. Экран расположен на расстоянии 4 м от объектива. Определите размеры экрана, на котором должно уместиться изображение диапозитива размером 6х9 см.

Вариант 2

A17. Пылинка, имевшая отрицательный заряд $-10e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

- 1) $6e$ 2) $-6e$ 3) $14e$ 4) $-14e$

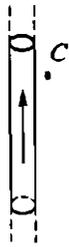
A18. Если увеличить в 2 раза напряжение между концами проводника, а его длину уменьшить в 2 раза, то сила тока, протекающего через проводник,

- 1) не изменится 3) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 4 раза 4) увеличится в 2 раза

A19. Какими носителями электрического заряда может создаваться ток в полупроводниках, не содержащих примесей?

- 1) только электронами 3) электронами и ионами
2) только ионами 4) электронами и дырками

A20. На рисунке изображен проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?

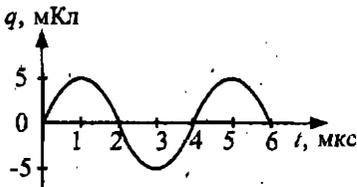
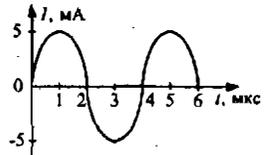


- 1) в плоскости чертежа вверх
2) в плоскости чертежа вниз
3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа
4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа

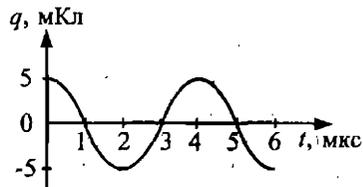
A21. Какой процесс объясняют явлением электромагнитной индукции?

- 1) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
2) взаимодействие двух проводников с током
3) появление тока в замкнутой катушке при опускании в нее постоянного магнита
4) возникновение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле

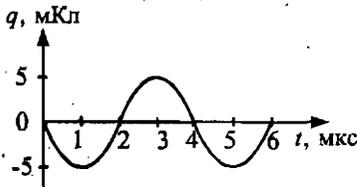
A22. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков 1–4 (рис.) правильно показан процесс изменения заряда конденсатора?



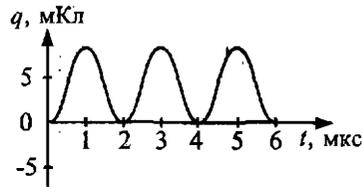
1



2



3



4

1) 1

2) 2

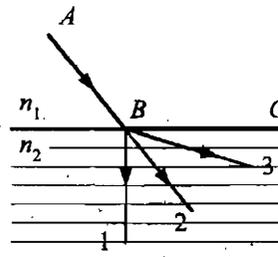
3) 3

4) 4

A23. Луч света падает на плоское зеркало. Если угол между падающим лучом и зеркалом уменьшить на 20° , то угол между зеркалом и отраженным лучом:

- 1) увеличится на 20° 3) уменьшится на 20°
 2) увеличится на 10° 4) уменьшится на 10°

A24. Луч AB преломляется в точке B на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (рис.). Если показатель преломления второй среды n_2 увеличить, сохранив условие $n_1 > n_2$, то преломленный луч:



- 1) пойдет по пути 1 3) пойдет по пути 3
 2) пойдет по пути 2 4) исчезнет

A25. Ион натрия Na^+ массой m влетает в магнитное поле со скоростью v перпендикулярно линиям индукции \vec{B} магнитного поля и движется по окружности радиусом R . Модуль вектора индукции магнитного поля можно рассчитать, пользуясь выражением:

- 1) $\frac{mve}{R}$ 2) $\frac{mvR}{e}$ 3) $\frac{eR}{mv}$ 4) $\frac{mv}{eR}$

A26. Электромагнитные излучения волн различной длины отличаются друг от друга тем, что:

- 1) имеют разную частоту
 2) с различной скоростью распространяются в вакууме
 3) одни являются продольными, другие — поперечными
 4) одни обладают способностью к дифракции, другие нет

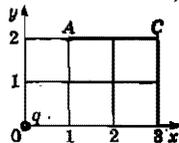
B3. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

По этим данным вычислите максимальное значение силы тока в катушке. (Ответ выразите в миллиамперах (мА), округлив его до десятых долей.)

B4. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите минимальный линейный размер тени.

С3. Точечный заряд q , помещенный в начало координат, создает в точке A (рис.) электростатическое поле напряженностью $E_1 = 65$ В/м. Чему равна напряженность поля E_2 в точке C ?



С4. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

Вариант 3

А17. От капли, имевшей электрический заряд $-2e$, отделилась капля с зарядом $+e$. Чему равен электрический заряд оставшейся части капли?

- 1) $-e$ 2) $-3e$ 3) $+e$ 4) $+3e$

А18. Если длину проводника и напряжение между его концами увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающего через проводник,

- 1) не изменится 3) увеличится в 2 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) увеличится в 4 раза

А19. Электрический ток в газах обусловлен упорядоченным движением:

- 1) только электронов
2) только отрицательных ионов
3) только положительных ионов
4) отрицательных и положительных ионов, электронов

А20. На рисунке 138 изображен проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке C ?

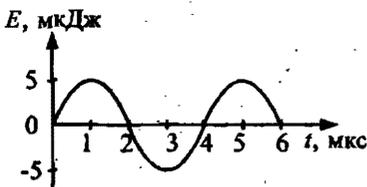
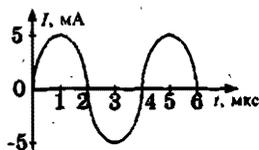


- 1) в плоскости чертежа вверх
2) в плоскости чертежа вниз
3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа
4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа.

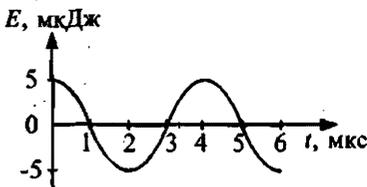
А21. Какой процесс объясняют явлением электромагнитной индукции?

1) возникновение электрического тока в замкнутой катушке при увеличении силы тока в другой катушке, находящейся рядом с ней; 2) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током; 3) взаимодействие двух проводников с током; 4) возникновение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.

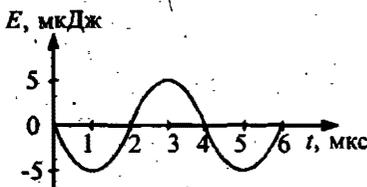
A22. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков 1–4 правильно показан процесс изменения энергии магнитного поля катушки?



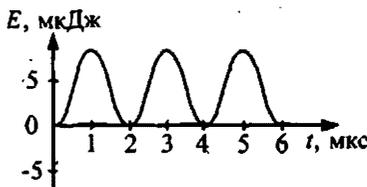
1



2



3



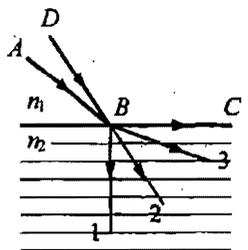
4

A23. Если угол между плоским зеркалом и падающим лучом света увеличили на 6° , то угол между падающим на зеркало и отраженным от него лучами:

- 1) увеличился на 6°
- 2) увеличился на 12°
- 3) уменьшился на 6°
- 4) уменьшился на 12°

A24. Луч AB преломляется в точке B на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (рис.). Если изменить угол падения луча и направить падающий луч по пути DB , то преломленный луч:

- 1) пойдет по пути 1
- 2) пойдет по пути 2
- 3) пойдет по пути 3
- 4) исчезнет



A25. Как изменится период обращения заряженной частицы в однородном магнитном поле при увеличении ее скорости в n раз? (Рассмотрите нерелятивистский случай ($v \ll c$)).

- 1) увеличится в n раз
- 2) увеличится в n^3 раз
- 3) увеличится в n^2 раз
- 4) не изменится.

A26. Укажите сочетание тех параметров электромагнитной волны, которые изменяются при переходе волны из воздуха в стекло.

- 1) скорость и длина волны 3) длина волны и частота
2) частота и скорость 4) амплитуда и частота

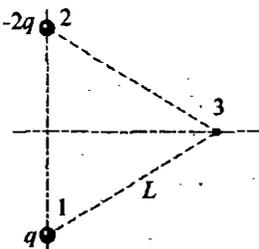
B3. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре, подключенном к источнику переменного тока, с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

При какой индуктивности катушки в контуре наступит резонанс, если емкость конденсатора равна 50 пФ? (Ответ выразите в миллигенри (мГн).)

B4. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящаяся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр панно и центр диска лежат на одной вертикали. Чему равна площадь полутени на полу? (Ответ округлите до целого числа.)

C3. В две вершины (точки 1 и 2) равностороннего треугольника со стороной L (рис.) помещены заряды q и $-2q$. Каковы направление и модуль вектора напряженности электрического поля в точке 3, являющейся третьей вершиной этого треугольника? Известно, что точечный заряд q создает на расстоянии L электрическое поле напряженностью $E = 10 \text{ мВ/м}$.



C4. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получилось изображение с трехкратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находилось изображение предмета в первом случае?

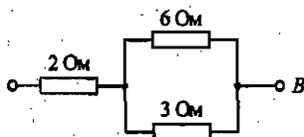
Вариант 4

A17. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда q_n . Если значение пробного заряда уменьшить в k раз, то модуль напряженности поля:

- 1) не изменится 3) уменьшится в k раз
2) увеличится в k раз 4) уменьшится в k^2 раз

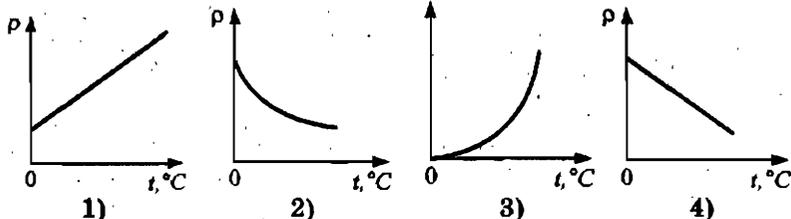
A18. Сопротивление между точками A и B электрической цепи, представленной на рисунке, равно:

- 1) 11 Ом 3) 4 Ом
2) 6 Ом 4) 1 Ом



A19. Какой график (рис.) соответствует зависимости удельного сопротивления полупроводников p -типа от температуры?

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



A20. Нейтрон и электрон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции на расстоянии L друг от друга с одинаковыми скоростями u . Отношение модулей сил, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени:

- 1) равно 0 3) много больше 1
2) равно 1 4) много меньше 1, но не равно 0

A21. Основное назначение электродвигателя заключается в преобразовании:

1) механической энергии в электрическую энергию; 2) электрической энергии в механическую энергию; 3) внутренней энергии в механическую энергию; 4) механической энергии в различные виды энергии.

A22. По участку цепи сопротивлением R течет переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на участке цепи увеличивается в 2 раза, а сопротивление увеличивается в 4 раза. При этом мощность тока:

- 1) увеличивается в 4 раза 3) уменьшается в 2 раза
2) увеличивается в 2 раза 4) не изменится

A23. Радиосвязь на коротких волнах может осуществляться с объектами, находящимися за пределами прямой видимости, в результате

1) дифракции радиоволн; 2) отражения радиоволн от ионосферы и поверхности Земли; 3) отражения радиоволн от Луны; 4) интерференции радиоволн.

A24. Предмет находится от собирающей линзы на расстоянии, большем фокусного и меньшем двойного фокусного расстояния. Изображение предмета:

1) мнимое и находится между линзой и фокусом; 2) действительное и находится между линзой и фокусом; 3) действительное и находится между фокусом и двойным фокусом; 4) действительное и находится за двойным фокусом.

A25. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику? (Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.)

1) 0,01 А 2) 0,1 А 3) 10 А 4) 64 А

A26. Два источника испускают электромагнитные волны частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц с одинаковыми начальными фазами. Минимум интерференции будет наблюдаться, если минимальная разность хода волн равна:

1) 0 2) 0,3 мкм 3) 0,6 мкм 4) 0,9 мкм

B3. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр панно и центр диска лежат на одной вертикали. Чему равна площадь тени на полу? (Ответ округлите до сотых долей.)

B4. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них (перпендикулярно плоскостям этих зеркал) падает световая волна длиной 600 нм. Чему должно быть равно минимальное расстояние между зеркалами, чтобы наблюдался первый минимум интерференции проходящих световых волн? (Ответ выразите в нанометрах (нм).)

C3. Заряженный шарик массой 0,01 г и зарядом $q = 500$ мкКл летает в область однородного магнитного поля индукцией 0,2 Тл со скоростью 1000 м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции. Какой путь он пройдет к тому моменту, когда вектор его скорости повернется на угол, равный 1° ?

C4. На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуло сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Определите глубину тени под полотном. Глубиной погружения плота и рассеивани-

Повторение раздела «Электродинамика»

ем света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$.

Ответы к заданиям контрольной работы № 3

Задание	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	B3	B4
Вариант 1	3	4	1	4	3	4	2	1	2	1	18	81
Вариант 2	2	3	4	3	3	2	3	4	4	1	1,6	8
Вариант 3	2	1	4	3	1	4	2	3	1	1	331	25
Вариант 4	1	3	4	1	2	4	4	4	2	2	3,14	

	Расчетная формула и ответ
C 3	<p>Вариант 1 $i_t = I_m \sqrt{1 - \left(\frac{qm}{qm}\right)^2}$, $i_t = 2$ мА</p> <p>Вариант 2 $E_2 = \frac{5}{16} E_1$, $E_2 = 20,3$ В/м</p> <p>Вариант 3 $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos 60^\circ}$ $\beta = \arcsin \frac{E_1 \sin 60^\circ}{E}$ $E = 20 \frac{\text{мВ}}{\text{м}}$, $\beta = 25^\circ$ — угол между \vec{E} и стороной 2-3</p> <p>Вариант 4 $S = \frac{mva}{qB}$, $S = 1,74$ м</p>



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблицах.

Перечень знаний по теме

«Основы специальной теории относительности»

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
4.1 Инвариантность скорости света	Формулировка второго постулата СТО
4.2 Принцип относительности Эйнштейна	Формулировка первого постулата СТО
4.3 Полная энергия. Энергия покоя	Определение понятий «масса покоя»: «энергия покоя», «полная энергия»;
4.4 Связь массы и энергии	уравнение связи массы и энергии

**Перечень знаний по теме
«Корпускулярно-волновой дуализм»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
5.1.1 Гипотеза Планка	Определение понятий «тепловое излучение», «абсолютно черное тело»
5.1.2 Фотоэффект 5.1.3 Законы Столетова	Определение понятий «фотоэффект», «фототок», «фототок насыщения», «красная граница фотоэффекта», «задерживающий потенциал»; формулировка законов фотоэффекта; графическая модель фотоэффекта и фототока; вид зависимости силы фототока от приложенного напряжения и его график зависимости
5.1.4 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	Определение понятия работа выхода; уравнение Эйнштейна для фотоэффекта; вид зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего излучения и график его зависимости
5.1.5 Фотоны 5.1.6 Энергия фотона 5.1.7 Импульс фотона	Определение понятия фотон; уравнение энергии и импульса фотона
5.1.8 Дифракция электронов 5.1.9 Корпускулярно-волновой дуализм	Определение понятий «корпускулярно-волновой дуализм», «длина волны де Бройля»; формулировка гипотезы де Бройля и ее экспериментальное подтверждение; уравнение связи длины волны де Бройля с импульсом частицы

Повторение раздела «Квантовая физика»

Урок 35

ТЕМА: Основы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны:

- актуализировать знания по теме Основы СТО и корпускулярно-волновой дуализм;
- систематизировать знания по теории фотоэффекта в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний по теории фотоэффекта для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний «Теория фотоэффекта»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Основы СТО, корпускулярно-волновой дуализм»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по темам «Основы СТО и корпускулярно-волновой дуализм»	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по теории фотоэффекта	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Основы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, базовый уровень	
Основы СТО	Корпускулярно-волновой дуализм
1) Все ИСО равноправны 2) $c = \text{inv}$ Энергия покоя: $E_0 = m_0 c^2$, Полная энергия: $E = mc^2$, где $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	– свойств света $E_\Phi = h\nu$ $p_\Phi = \frac{h\nu}{c}$ – свойств микрочастиц $\lambda_B = \frac{h}{m\nu}$

ХОД УРОКА:



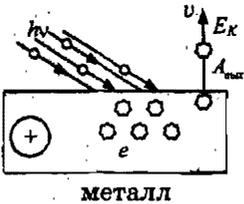
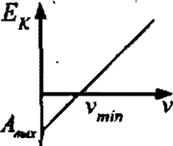
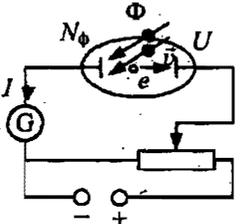
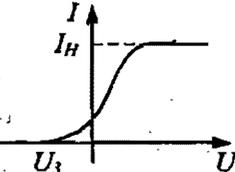
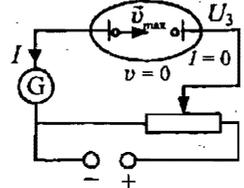
Актуализация знаний

Опрос по таблицам «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок).

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний «Теория фотоэффекта»

Явление	Графическая модель	Законы
Фотоэффект		$h\nu = A_{\text{вых}} + E_k$ $E_k = \frac{m_e v^2}{2}, \quad v_{\text{min}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$  <p>фотоны: $m_0 = 0, E = h\nu$; $v = \frac{c}{\lambda}; p = \frac{h\nu}{c}$</p>
Фототок		$\Phi = N_\phi h\nu$ $I_H = en$ 
		$ e U_3 = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2}$

В таблице представлены знания не по теме в целом, а лишь по ее фрагменту — теории фотоэффекта. Это связано с тем, что задачи повышенного и высокого уровней, как правило, связаны с применением системы знаний о фотоэффекте.

В первой строке приведена модель фотоэффекта: условно показан процесс вырывания электронов с поверхности металла при поглощении им фотона. Записано уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и дополнительные к нему уравнения. Приведен график зависимости максимальной кинетической энергии электронов от частоты падающего света.

Вторая строка описывает фототок. Приведена схема экспериментальной установки по исследованию фототока (установки А.Г. Столетова) и вольтамперная характеристика фотоэлемента (результаты опытов А.Г. Столетова). Верхний рисунок соответствует ускоряющему напряжению на электродах трубки, нижний — запирающему напряжению.

Выписаны уравнения связи макропараметров (световой поток, сила тока насыщения, запирающее напряжение) и микропараметров (число и энергия фотонов, заряд, концентрация и максимальная кинетическая энергия электронов).



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Неподвижная ракета на Земле имела длину 200 м. Чему будет равна длина этой ракеты с точки зрения наблюдателя, находящегося на Земле, если ракета будет лететь со скоростью $1 \cdot 10^8$ м/с?

- 1) 200 м 2) 152,1 м 3) 188,6 м 4) 133,2 м

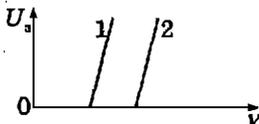
A2. В электронно-лучевой трубке телевизора электрон прошел ускоряющую разность потенциалов 25 кВ. При этом его полная энергия стала равна:

- 1) $85,9 \cdot 10^{-15}$ Дж 3) $82,3 \cdot 10^{-15}$ Дж
2) $4,1 \cdot 10^{-15}$ Дж 4) $78,1 \cdot 10^{-15}$ Дж

A3. Определить массу и импульс фотона с длиной волны $\lambda = 1 \cdot 10^{-9}$ м.

- 1) $2,2 \cdot 10^{-19}$ кг, $6,7 \cdot 10^{-20}$ кг · м/с
2) $2,2 \cdot 10^{-33}$ кг, $6,62 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с
3) $1,6 \cdot 10^{-31}$ кг, $5,8 \cdot 10^{-28}$ кг · м/с
4) 0 кг, $6,62 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с

A4. На рисунке представлена зависимость задерживающего напряжения U_a от частоты падающего света ν для двух материалов фотокатода. Как соотносятся работа выхода A и красная граница фотоэффекта для этих материалов?



- 1) $A_1 < A_2$, $\nu_{1кр} < \nu_{2кр}$ 3) $A_1 > A_2$, $\nu_{1кр} > \nu_{2кр}$
2) $A_1 > A_2$, $\lambda_{1кр} > \lambda_{2кр}$ 4) $A_1 = A_2$, $\lambda_{1кр} < \lambda_{2кр}$

А5. Световой поток, падающий на фотокатод, увеличили в 2 раза. Как при этом изменилась сила тока насыщения фотоэлемента, если длина волны света, падающего на фотокатод, осталась прежней?

- 1) увеличилась в 4 раза 3) увеличилась в 2 раза
2) уменьшилась в 2 раза 4) осталась прежней.

Вариант 2

А1. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его энергия увеличилась вдвое?

- 1) 512 кВ 2) 256 кВ 3) 128 кВ 4) 100 кВ

А2. С какой скоростью движется частица, если ее релятивистская масса в два раза больше массы покоя?

- 1) $1,1 \cdot 10^8$ м/с 3) $2,8 \cdot 10^8$ м/с
2) $2,6 \cdot 10^8$ м/с 4) $3,1 \cdot 10^8$ м/с

А3. Определить импульс фотона, который соответствует красной границе фотоэффекта для цинка. Работа выхода электрона из цинка $0,67 \cdot 10^{-18}$ Дж.

- 1) $1,14 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с 3) $2,23 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с
2) $1,92 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с 4) $3,51 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с

А4. В среде с абсолютным показателем преломления $n = 1,33$ длина волны света $\lambda = 600$ нм. Чему равна энергия фотона?

- 1) $2,49 \cdot 10^{-19}$ Дж = 1,56 эВ 3) $5,1 \cdot 10^{-19}$ Дж = 3,2 эВ
2) $1,25 \cdot 10^{-19}$ Дж = 0,78 эВ 4) $4,1 \cdot 10^{-19}$ Дж = 2,56 эВ

А5. Свет с длиной волны λ падает на фотокатод. При этом энергия фотона в 3 раза больше работы выхода электронов из материала фотокатода. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

- 1) $E_m = \frac{hc}{\lambda}$ 2) $E_m = \frac{2hc}{\lambda}$ 3) $E_m = \frac{2hc}{3\lambda}$ 4) $E_m = 0$

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: А1 — 3; А2 — 1; А3 — 2; А4 — 1; А5 — 3.

Вариант 2: А1 — 2; А2 — 2; А3 — 3; А4 — 1; А5 — 3.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый

пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

С поверхности катода вакуумной трубки под действием света с длиной волны $\lambda = 400$ нм вырываются электроны (катод изготовлен из натрия). Рассчитайте:

- 1) энергию фотона падающего света
- 2) импульс фотона
- 3) красную границу фотоэффекта
- 4) максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов
- 5) задерживающую разность потенциалов
- 6) максимальную скорость вылетающих электронов

Вариант 2

С поверхности катода вакуумной трубки под действием света с длиной волны $\lambda = 200$ нм вырываются электроны (катод изготовлен из цезия). Рассчитайте

- 1) энергию фотона падающего света
- 2) импульс фотона
- 3) красную границу фотоэффекта
- 4) максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов
- 5) задерживающую разность потенциалов
- 6) максимальную скорость вылетающих электронов

Ответы к тренировочной работе

Задание	1	2	3	4	5	6
Вариант 1	3,1 эВ	$1,6 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с	$5,5 \cdot 10^{14}$ Гц	0,82 эВ	0,82 В	$0,5 \cdot 10^6$ м/с
Вариант 2	6,2 эВ	$3,2 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с	$4,3 \cdot 10^{14}$	4,4 эВ	4,4 В	$1,2 \cdot 10^6$ м/с



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.
2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по темам
«Строение атома»
«Радиоактивные превращения»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
5.2.1 Планетарная модель атома	Планетарная модель атома; описание опытов Резерфорда
5.2.1 Планетарная модель атома 5.2.2 Постулаты Бора	Определение понятий «энергетический уровень», «основное состояние атома», «свободное и связанное состояние электронов»; «формулировка постулатов Бора»; «графическая модель энергетического спектра атома водорода»
5.2.3 Линейчатые спектры	Определение понятий «спектральный анализ», «линейчатый спектр», «люминесценция»; «принцип действия и устройство спектроскопа»
5.2.4 Лазер	Определение понятий «поглощение света», «спонтанное и индуцированное излучение», «инверсная населенность энергетических уровней», «метастабильное состояние»; «устройство и принцип действия лазера»
5.3.1 Радиоактивность 5.3.2 Альфа-распад 5.3.3 Бета-распад 5.3.4 Гамма-излучение	Определение понятий «радиоактивность (естественная и искусственная)», « α -излучение», « β -излучение», « γ -излучение», «энергия распада ядер», «формулировка правил смещения»
5.3.5 Закон радиоактивного распада	Определение понятий «радиоактивный распад, период полураспада», «активность радиоактивного вещества»; «уравнение среднего времени жизни радиоактивного изотопа», «формулировка закона радиоактивного распада и его график»

Урок 36

ТЕМА: Строение атома, радиоактивные превращения, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о строении атома и радиоактивных превращениях;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о строении атома и радиоактивных превращениях для выполнения заданий базового уровня.

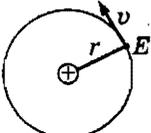
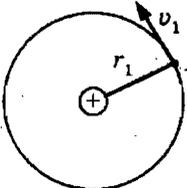
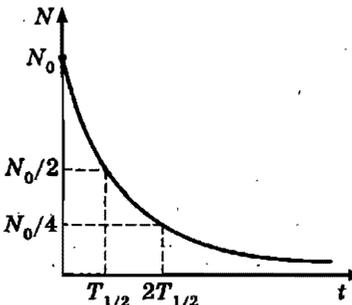
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по темам «Строение атома» и «Радиоактивные превращения»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Строение атома и Радиоактивные превращения»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний по теме «Строение атома», «Радиоактивные превращения»	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний по темам «Строение атома», «Радиоактивные превращения»	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа, обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Строение атома. Радиоактивные превращения базовый уровень	
Модели атома	Радиоактивный распад
<p>— по Резерфорду</p>  <p>любой атом v, r, E — любые</p>	<p>α-распад: ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$</p> <p>$\beta$-распад: ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{20}^{40}\text{Ca} + {}_{-1}^0e + {}_0^0\bar{\nu}_e$</p> <p>позитронный распад: ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_1^0e + {}_0^0\nu_e$</p>
<p>— по Бору</p>  <p>атом водорода и водородоподобные атомы v_1, v_2, v_3, \dots r_1, r_2, r_3, \dots E_1, E_2, E_3, \dots</p>	<p>$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$</p> 

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблицам «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок).

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

**Система знаний по теме
«Строение атома», «Радиоактивные превращения»**

Явление	Графическая модель	Законы
Излучение и поглощение света атомом		$h\nu = E_m - E_n$
Радиоактивность		$E_k = (m_1 - m_2 - m_3)c^2$ ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$ ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}_e$ ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_Z Y + \gamma$ $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$ $A = \frac{N}{1,44T_{1/2}}, \tau = 1,44T_{1/2}$

В таблице описаны два явления: излучение и поглощение света и радиоактивность.

Излучение и поглощение света объясняется на основе постулатов Бора. В связи с этим в первой строке приведена модель атома водорода по Бору, схема энергетических уровней атома водорода и математическая запись второго постулата Бора. Спектр, изображенный под этой записью поясняет, что она применима для расчета спектральных линий.

В строке «Радиоактивность» изображены модели α и β — распада, выписаны формулы для расчета энергии, выделяющейся при распаде, и правила смещения.

Закон радиоактивного распада проиллюстрирован моделью радиоактивного вещества в начальный момент времени и момент времени t , а также графиком зависимости числа не распавшихся ядер от времени. Приведены следствия закона: фор-

мулы для расчета активности радиоактивного вещества и среднего времени жизни радиоактивных атомов.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Электроны в атомах разреженного атомарного водорода находятся на четвертом энергетическом уровне. Сколько линий в спектре излучения можно наблюдать?

- 1) 2 2) 3 3) 5 4) 6

A2. Чему равна частота фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый? Постоянная Ридберга $R = 3,3 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.

- 1) $1,4 \cdot 10^{16} \text{ Гц}$ 3) $1,4 \cdot 10^{16} \text{ Гц}$
2) $2,9 \cdot 10^{16} \text{ Гц}$ 4) $3,1 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$

A3. Ядра элемента номера Z испытывают альфа-распад. В результате этого возникает ядро элемента с номером:

- 1) $Z - 2$ 2) $Z + 2$ 3) Z 4) $Z - 4$

A4. Что называют гамма-излучением?

- 1) поток электронов, испускаемых ядрами атомов
2) поток ядер атомов гелия
3) поток протонов
4) поток квантов электромагнитного излучения высокой частоты, испускаемых ядрами атомов.

A5. Период полураспада кобальта составляет 71 день. Какая доля радиоактивных ядер кобальта останется нераспавшейся через 30 дней?

- 1) 0,5 2) 0,75 3) 0,8 4) 0,25

Вариант 2

A1. При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны 6,52 нм. Какую энергию теряет атом водорода при излучении этого фотона? Какой цвет имеет линия спектра излучения, соответствующая этому переходу?

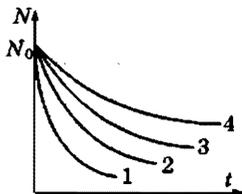
- 1) $3 \cdot 10^{-19}$ Дж, красный 3) $4,5 \cdot 10^{-19}$ Дж, зеленый
 2) $6 \cdot 10^{-19}$ Дж, фиолетовый 4) $4 \cdot 10^{-19}$ Дж, желтый

A2. Чему равно отношение частоты фотона, который излучается при переходе атома водорода из второго состояния в первое (ν_1), к частоте фотона, который излучается при переходе из третьего состояния во второе (ν_2)?

- 1) 2,7 2) 5,4 3) 1 4) 0,18

A3. На рисунке приведены кривые зависимости числа нераспавшихся радиоактивных атомов от времени для четырех изотопов одного элемента. Какой изотоп имеет наибольший период полураспада?

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



A4. Какая доля радиоактивных атомов (N/N_0) останется нераспавшейся через время, равное четырем периодам полураспада?

- 1) 1/2 2) 1/4 3) 1/16 4) 1/20

A5. Перечислите, какие законы сохранения выполняются при радиоактивном распаде: а) закон сохранения импульса, б) закон сохранения энергии, в) закон сохранения заряда, г) закон сохранения массового числа.

- 1) а и б 3) а, б, в
 2) б, в, г 4) все перечисленные законы

Ответы к проверочной работе

Вариант 1: A1 — 4; A2 — 2; A3 — 1; A4 — 4; A5 — 2.

Вариант 2: A1 — 1; A2 — 2; A3 — 4; A4 — 3; A5 — 4.



Тренировка в решении задач базового уровня

На этом этапе ученики выполняют тренировочные упражнения под руководством учителя. Каждый пункт в задании соответствует определенному элементу содержания по «Кодификатору»: 1) решите задачи первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

1. При переходе электронов в атоме водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны с энергией $4,04 \cdot 10^{-19}$ Дж (зеленая линия водородного спектра). Определите длину волны этой линии спектра.

2. Ядра изотопа тория ${}_{90}^{232}\text{Th}$ претерпевают α -распад, два β -распада и еще один α -распад. Какие ядра получаются в результате радиоактивных превращений?

3. Сколько атомов полония распадается за время $t = 1$ сут из $N = 10^6$ атомов? (Период полураспада полония — 138 суток.)

4. Определите период полураспада таллия, если известно, что через 100 дней его активность уменьшилась в 1,07 раза.

Вариант 2

1. Для ионизации атома водорода необходима энергия 13,6 эВ. Найдите длину волны излучения, которое может вызвать ионизацию.

2. Ядро ${}_{84}^{216}\text{Po}$ образовалось после двух последовательных α -распадов. Ядро какого химического элемента являлось материнским?

3. Сколько атомов радона распадается за время $t = 1$ сут из $N = 10^6$ атомов? (Период полураспада радона — 3,82 суток.)

4. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Найдите период полураспада.

Ответы к тренировочной работе

Задание	1	2	3	4
Вариант 1	0,49 мкм	${}_{88}^{224}\text{Ra}$	5025 сут-1	2,75 года
Вариант 2	91 нм	${}_{88}^{224}\text{Ra}$	1,67·10 ⁵ сут-1	4 дня



Сообщение домашнего задания

1. Закончите выполнение тренировочных упражнений.

2. Повторите по учебнику или справочнику теоретический материал, заданный в таблице.

**Перечень знаний по теме
«Строение ядра атома»**

Проверяемые элементы содержания (по «Кодификатору»)	Теоретический материал, который нужно повторить
5.3.6 Протонно-нейтронная модель ядра 5.3.7 Заряд ядра 5.3.8 Массовое число ядра	Определение понятий «нейтрон», «протон», «нуклон», «изотопы», «заряд ядра», «массовое число»; протонно-нейтронная модель ядра; формулировки законов сохранения заряда и массового числа;
5.3.9 Энергия связи нуклонов в ядре	Определение понятий «энергия связи», «удельная энергия связи», «дефект массы»; «уравнение энергии связи»
6.15 Ядерные реакции. Сохранение заряда и массового числа в ядерных реакциях	Определение понятий «ядерная реакция», «выход ядерной реакции», формулировки законов сохранения заряда и массового числа
5.3.10 Деление и синтез ядер	Определение понятий «энергетический выход реакции», «цепная реакция деления», «коэффициент размножения нейтронов», «критическая масса»; уравнение коэффициента размножения нейтронов; графическая модель цепной реакции Определение понятия «термоядерный синтез»; уравнение термоядерного синтеза

Урок 37

ТЕМА: Строение ядра атома, базовый уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- актуализировать знания о строении ядра атома;
- систематизировать их в форме, удобной для решения задач;
- научиться применять систему знаний о строении ядра атома для выполнения заданий базового уровня.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний по теме «Строение ядра атома»;
- раздаточный материал (задания проверочной работы, тренировочные задания, таблица «Перечень знаний по теме «Строение ядра атома»);
- представленные наглядно ответы к заданиям.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Актуализация знаний о строении ядра атома	Фронтальный опрос, работа с таблицей «Перечень знаний...»	5
2	Систематизация знаний о строении ядра атома	Фронтальная беседа, работа с таблицей «Система знаний...»	10
3	Проверка умения подбирать опорные знания	Проверочная работа; обсуждение результатов работы	15
4	Тренировка в решении задач базового уровня	Работа учащихся с раздаточным материалом (тренировочные задания), консультации учителя	12
5	Сообщение домашнего задания	—	2

НА ДОСКЕ:

Строение ядра атома, базовый уровень	
Состав ядра	Единицы ядерной физики
A_ZX Z — число протонов N — число нейтронов A — общее число нуклонов $A = Z + N$ ${}^3_1\text{H}$ — тритий $Z = 1, N = 2, A = 3$ $m_x \neq \sum m_n + \sum m_p$ Дефект масс — Δm	$E = mc^2$ $m: 1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $E: 1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ При $m = 1 \text{ а.е.м.}$ $E = 931,5 \text{ МэВ}$ Энергия связи ядра: $E_{\text{св}} = 931,5 \Delta m \text{ (МэВ)}$ Энергетический выход реакции: $E_{\text{вых}} = 931,5(m' - m) \text{ (МэВ)}$

ХОД УРОКА:



Актуализация знаний

Опрос по таблице «Перечень знаний...» (см. предыдущий урок).

Систематизация знаний

Учитель дает пояснения к таблице «Система знаний...» и организует работу по ее обсуждению.

Система знаний по теме «Строение ядра атома»

Явление или объект	Графическая модель	Законы
Ядро атома		$A = N + Z$ $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_n$ $E_{с.} = \Delta mc^2$
Ядерная реакция		${}_{Z_1}^A X + {}_{Z_2}^A x \rightarrow {}_{Z_3}^A Y + {}_{Z_4}^A y$ $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$ $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$ $E_{\text{вых}} = (m' - m)c^2$
Цепная ядерная реакция		$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$

В таблице представлены протонно-нейтронная модель атома, модели ядерной реакции и ее разновидности — цепной ядерной реакции.

На модели ядерной реакции показано, что при взаимодействии ядра «X» с частицей «x» образуется ядро «Y» и частица «y».

На модели цепной ядерной реакции условно изображен процесс деления тяжелых ядер, в ходе которого происходит лавинообразное нарастание числа актов деления.

В столбце «Законы» приведены формула связи массового числа, зарядового числа и числа нейтронов в ядре, определи-

тельная формула дефекта масс, уравнение для расчета энергии связи ядра, обобщенное уравнение ядерной реакции, формула для расчета энергетического выхода ядерной реакции, определяющая формула коэффициента размножения нейтронов.



Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. Чем отличаются ядра изотопов хлора ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ и ${}^{37}_{17}\text{Cl}$?

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1) числом электронов | 3) числом нейтронов |
| 2) числом протонов | 4) ничем не отличаются |

A2. Каково соотношение между массой атомного ядра M_a и суммой масс свободных протонов Zm_p и свободных нейтронов Nm_n , из которых состоит это ядро?

- 1) $M_a > Zm_p + Nm_n$
- 2) $M_a = Zm_p + Nm_n$
- 3) $M_a < Zm_p + Nm_n$
- 4) ответ зависит от стабильности ядра

A3. В процессе ядерной реакции ядро поглощает протон и испускает альфа-частицу. Как изменится при этом зарядовое число Z ?

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) увеличится на единицу | 3) не изменится |
| 2) уменьшится на единицу | 4) уменьшится на 3 единицы |

A4. Какой химический элемент образуется в результате обстрела ядра фтора ${}^{19}_9\text{F}$ протонами, если один из его осколков — кислород ${}^{16}_8\text{O}$?

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) ${}^1_1\text{X}$ — (H) | 3) ${}^9_4\text{X}$ — (Be) |
| 2) ${}^7_3\text{X}$ — (Li) | 4) ${}^4_2\text{X}$ — (He) |

A5. Найти энергию связи ядра изотопа неона ${}^{20}_{10}\text{Ne}$. Масса ядра $33,1988 \cdot 10^{-27}$ кг. Масса свободного протона $m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27}$ кг, масса нейтрона $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27}$ кг.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1) $2,49 \cdot 10^{-11}$ Дж | 3) $2,49 \cdot 10^{-9}$ Дж |
| 2) $3,5 \cdot 10^{-8}$ Дж | 4) $1,25 \cdot 10^{-11}$ Дж |

первого варианта; 2) сверьте ответы и выделите те пункты, которые выполнены неверно; 3) выполните работу над ошибками; 4) выполните выборочно второй вариант (те пункты, по которым имелись ошибки в первом варианте).

Вариант 1

I. Сравните состав ядер изотопов урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ и ${}_{92}^{235}\text{U}$

- 1) На сколько отличается число нуклонов?
- 2) На сколько отличается число протонов?
- 3) На сколько отличается число нейтронов?

II. При бомбардировке ядер урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ нейтронами образуются ${}_{54}^{140}\text{Xe}$ и ${}_{38}^{94}\text{Sr}$?

- 1) Напишите уравнение ядерной реакции.
- 2) Рассчитайте коэффициент размножения нейтронов.

Вариант 2

I. Сравните состав ядер изотопов урана ${}_{92}^{239}\text{U}$ и ${}_{92}^{233}\text{U}$?

- 1) На сколько отличается число нуклонов?
- 2) На сколько отличается число протонов?
- 3) На сколько отличается число нейтронов?

II. При бомбардировке ядер урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ нейтронами образуются ${}_{56}^{144}\text{Ba}$ и ${}_{36}^{89}\text{Kr}$?

- 1) Напишите уравнение ядерной реакции.
- 2) Рассчитайте коэффициент размножения нейтронов.

Ответы к тренировочной работе

Задание	I			II	
	1	2	3	1	2
Вариант 1	3	0	3	${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{54}^{140}\text{Xe} + {}_{38}^{94}\text{Sr} + 2{}_0^1n$	2
Вариант 2	6	0	6	${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1n$	3



Сообщение домашнего задания

Закончите выполнение тренировочных упражнений.

Урок 38

ТЕМА: Квантовая физика, высокий уровень

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения задач высокого уровня по квантовой физике;
- научиться оформлять развернутое решение задач высокого уровня;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за задания высокого уровня по квантовой физике.

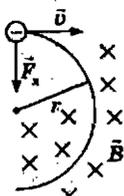
МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленная наглядно таблица «Система знаний «Теория фотоэффекта»;
- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения задач высокого уровня по квантовой физике);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях заданий высокого уровня по квантовой физике	3
2	Применение общего метода решения задач к заданиям высокого уровня по квантовой физике	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10
3	Показ образца оформления решений задач высокого уровня	Сообщение учителя	5
4	Тренировка в решении задач высокого уровня	Самостоятельная работа с раздаточным материалом (тренировочные задания, примеры решений задач высокого уровня)	25
5	Сообщение домашнего задания	—	1

НА ДОСКЕ:

Квантовая физика, высокий уровень, (19 мин., 0–3 балла) Развернутый ответ:	
Модель	Система уравнений (1 балл)
<p>1)</p>  <p>Дано: $B = 4 \cdot 10^{-4}$ Тл $r = 0,01$ м $A_{\text{вых}} = 4,42 \cdot 10^{-10}$ Дж $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с</p>	$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$ (1) — уравнение Эйнштейна $F_c = ma$ (2) — из второго закона Ньютона $F_L = e vB$ (3) — выражение для силы Лоренца $a = v^2/r$ (4) — формула центростремительного ускорения Расчетная формула (+1 балл) Из (2), (3), (4) \Rightarrow $ e vB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{r e B}{m}$ Подставим в (1) $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m(e Br)^2}{2m^2}$ $\nu = \frac{A_{\text{вых}}}{h} + \frac{(e Br)^2}{2mh}$ Расчет (+1 балл) Ответ: $\nu = 10^{16}$ Гц.
$\nu - ?$	

ХОД УРОКА:



Введение

Во всех предыдущих разделах после освоения базового уровня проводились уроки решения задач повышенного уровня. В квантовой физике мы сразу перейдем к решению задач высокого уровня. Это связано с тем, что в экзаменационных работах прошлых лет задания базового уровня и повышенного уровня части 1 ЕГЭ мало различаются по сложности, а задания повышенного уровня части 2 ЕГЭ по квантовой физике отсутствуют.

Задания высокого уровня входят в часть 3 ЕГЭ и являются заданиями с развернутым ответом. Всего в часть 3 экзаменационной работы входят 6 задач высокого уровня, в том числе одна по квантовой физике. Время выполнения заданий — примерно 19 мин. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3.

Применение общего метода решения задач к заданиям высокого уровня по квантовой физике

Как правило, задания высокого уровня по квантовой физике — это задачи на применение знаний о внешнем фотоэффекте. Нередко, они требуют привлечения знаний по механике и электродинамике. Соответственно опорой при решении этих задач могут служить таблица «Система знаний «Теория фотоэффекта» и общий метод решения задач повышенного и высокого уровня (см. урок 10).

Примените их к решению следующей задачи.

1. Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле индукцией $B = 4 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся в нем по окружностям, максимальный радиус которых $R = 10$ мм. Чему равна частота ν падающего света, если работа выхода электронов из кальция $A_{\text{вых}} = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Объяснение решения

В тексте задачи описано два явления: фотоэффект и движение заряженной частицы в магнитном поле.

Опираясь на модель и соответствующие уравнения явления фотоэффекта (таблица «Система знаний «Теория фотоэффекта», строка 1), можно записать

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

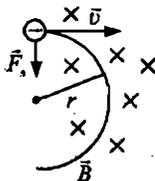
В этом уравнении два неизвестных: частота падающего света (искомое) и скорость электронов, вылетевших с катода.

Чтобы найти скорость, обратимся ко второму явлению — движению заряженной частицы в магнитном поле. Оно изучается в разделе «Электродинамика». Его графическая модель представлена на рисунке.

Заряженная частица (в нашем случае — электрон), попадая в однородное магнитное поле индукцией \vec{B} под действием силы Лоренца \vec{F}_L равномерно движется по окружности радиуса r .

Уравнение, описывающее модель, имеет вид (вывод уравнения — см. оформление решения на доске):

$$v = \frac{r|e|B}{m} \quad (2)$$



Решая совместно уравнения (1) и (2), получим:

$$v = \frac{A_{\text{вых}}}{h} + \frac{(e | Br)^2}{2mh}$$

Подставляя числовые значения, найдем ответ:

$$v = \frac{4,42 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} + \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}} = 10^{15} \text{ (Гц)}.$$

Ответ: $v = 10^{15}$ Гц.

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

Учитель показывает образец оформления (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.



Тренировка в решении задач высокого уровня

Решите задачи высокого уровня сложности. Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

Две-три задачи учащиеся решают в классе, остальные дома. Учитель консультирует учащихся, используя раздаточный материал — объяснение и развернутый ответ к решению задачи 2.

2. При каком напряжении на источнике тока электроны, выбиваемые из одной металлической пластины, не достигнут второй? Длина волны падающего света $\lambda = 663$ нм, работа выхода $A_{\text{вых}} = 1,5$ эВ.

3. При облучении цезия светом с длиной волны $0,4$ мкм максимальная скорость вылетающих фотоэлектронов равна 660 км/с. Каков наименьший импульс фотона, который может вызвать фотоэффект в цезии?

4. С какой скоростью α -частица вылетает из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле индукцией 1 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиуса $0,5$ м?

5. В вакууме находятся два покрытых натрием электрода, к которым подключен конденсатор электроемкостью $C = 8000$ пФ. При длительном освещении катода светом с частотой $\nu = 10^{15}$ Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из цинка $A_{\text{вых}} = 3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какой при этом окажется заряд q на обкладках конденсатора?

6. Кусочек металлической фольги массой 1 мг освещается лазерным импульсом мощностью 15 Вт и длительностью $0,05$ с. Свет падает перпендикулярно плоскости фольги и полностью отражается от нее. Какую скорость приобретает фольга под действием света? Ответ выразите в мм/с.

7. В планетарной модели атома водорода (по Резерфорду — Бору) при переходе электрона с одной орбиты на другую, расположенную ближе к ядру, атом испускает фотон. Какова длина волны фотона, испущенного атомом водорода при переходе электрона с орбиты радиусом $R_1 = 2,1 \cdot 10^{-8}$ см на орбиту радиуса $R_2 = 5,3 \cdot 10^{-9}$ см?

Пример решения задачи 2

Объяснение решения

Из условия задачи ясно, что речь идет о явлении фотоэффекта, поэтому обратимся к таблице «Система знаний «Теория фотоэффекта».

Ситуацию, представленную в задаче, описывают обе модели, изображенные в таблице.

Конкретизируем модель 2 (модель фототока) согласно условию: электроны, вылетающие из пластины, освещенной светом, не достигают второй пластины, т.е. сила фототока равна 0. По определению соответствующее напряжение называют задерживающим и обозначают U_s . Именно его и требуется найти.

Выберем из столбца 3 таблицы уравнения, описывающие данную ситуацию:

$$|e|U_s = \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad h\nu = A_{\text{вых}} + E_k,$$

где $E_k = \frac{mv_{\max}^2}{2}$, $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

Решая систему уравнений, получим:

$$U_s = \frac{1}{|e|} \left(h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right).$$

Подставляя числовые значения, найдем ответ:

$$U_s = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{6,63 \cdot 10^{-7}} - 2,4 \cdot 10^{-19} \right) = 0,375 \text{ (В)}.$$

Ответ: $U_s = 0,375$ В.

Развернутый ответ

Дано:	Решение
$\lambda = 663 \text{ нм} = 6,63 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}; \quad \nu = \nu_{\max}; \quad \frac{mv_{\max}^2}{2} = e U_s$
$A_{\text{вых}} = 1,5 \text{ эВ} =$ $= 2,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$	$\nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + e U_s;$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$U_s = \frac{1}{ e } \left(h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right).$
$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$	
$ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	
$U_s = ?$	Ответ: $U_s = 0,375$ В.



Сообщение домашнего задания

Закончите решение задач высокого уровня сложности и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблице «Система знаний «Теория фотоэффекта» и примерам, разобраным в классе. Фиксируйте время решения.

Задача	3	4	5	6	7
Ответ	$1,3 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с	$1,9 \cdot 10^7$ м/с	$1,5 \cdot 10^{-8}$ Кл	5 мм/с	$1,14 \cdot 10^{-7}$ м

Урок 39

ТЕМА: Решение комплексных задач

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- приобрести опыт решения комплексных задач высокого уровня;
- научиться оформлять развернутое решение комплексных задач;
- установить собственные возможности получения от 1 до 3 баллов за комплексную задачу.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- представленные наглядно таблицы — системы знаний по всем изученным разделам;
- представленные наглядно таблицы — методы решения задач по всем изученным разделам;
- раздаточный материал (тренировочные задания, примеры решения комплексных задач);
- непрограммируемые калькуляторы.

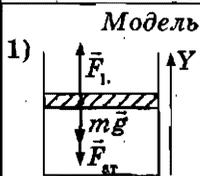
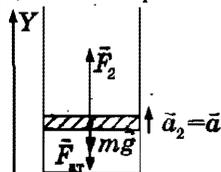
ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Введение	Сообщение учителя об особенностях комплексных задач высокого уровня	3
2	Применение общего и частных методов решения задач к комплексным задачам	Самостоятельная работа, обсуждение результатов	10

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
3	Показ образца оформления комплексных задач	Сообщение учителя	5
4	Тренировка в решении комплексных задач	Самостоятельная работа, консультации учителя, работа с таблицами «Методы решения задач...» и «Система знаний по разделу...», раздаточным материалом (тренировочные задания, примеры решения комплексных задач)	25
5	Сообщение домашнего задания	—	1

НА ДОСКЕ:

Решение комплексных задач 0–3 балла, 21 мин.

а) покой $\vec{a}_1 = 0$ 

б) движение

Дано:

$$S = 40 \text{ см}^2 = 40 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = 4g$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_2 = \frac{V_1}{n}$$

$$n = 2$$

$$p_{\text{ст}} = 10^5 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$m = ?$$

Система уравнений (1 балл)

1. 2-й закон Ньютона для поршня
покой: $m\vec{a}_1 = 0 = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{ст}} + \vec{F}_1$; $\vec{a}_1 = 0$ движение: $m\vec{a}_2 = m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{ст}} + \vec{F}_2$

$$F_{\text{ст}} = p_{\text{ст}} \cdot S; F_1 = p_1 \cdot S, F_2 = p_2 \cdot S$$

$$\text{ОУ: } 0 = -mg - p_{\text{ст}} \cdot S + p_1 S \quad (1)$$

$$ma = -mg - p_{\text{ст}} \cdot S + p_2 S. \quad (2)$$

2. Уравнение Клапейрона-Менделеева для идеального газа под поршнем:

$$\left. \begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu RT \\ p_2 V_2 &= \nu RT \end{aligned} \right\} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 \frac{V_1}{n} \Rightarrow p_2 = n \cdot p_1. \quad (3)$$

Расчетная формула (+1 балл)

$$\text{Из (1) и (3)} \quad p_1 = \frac{mg + p_{\text{ст}} \cdot S}{S}. \quad (4)$$

$$\text{Из (2) и (4)} \quad ma = -mg - p_{\text{ст}} \cdot S + nmg + np_{\text{ст}} S$$

$$\Rightarrow m = \frac{p_{\text{ст}} \cdot S(n-1)}{a - g(n-1)}$$

Расчет (+1 балл)

$$m = \frac{10^5 \cdot 40 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{4 \cdot 10 - 10 \cdot 1} = 13,3 \text{ (кг)}.$$

Ответ: $m = 13,3 \text{ кг}$.

ХОД УРОКА:



Введение

Комплексная задача входит в часть 3 ЕГЭ и является заданием высокого уровня сложности с развернутым ответом. Это последняя задача в списке экзаменационных заданий. Ее особенность в том, что для решения необходимо применить знания по двум и более разделам физики.

Комплексная задача требует развернутого решения. Ответ на экзамене записывают в специальный бланк. Максимальный балл за задание высокого уровня — 3. Его выставляют как сумму баллов за отдельные части решения.

Время решения комплексной задачи — примерно 21 минута (наибольшее по всем заданиям экзаменационной работы).

Применение общего и частных методов решения задач к комплексным задачам

В качестве опоры для решения комплексных задач можно использовать общий метод решения задач повышенного и высокого уровня, а также таблицы «Методы решения задач ...» и «Система знаний...» по всем разделам школьного курса физики.

Примените их к решению следующей задачи. В ходе решения выделяйте этапы общего метода решения задач.

1. Вертикальный цилиндрический сосуд, содержащий идеальный газ, закрыт тяжелым поршнем площадью $S = 40 \text{ см}^2$. При подъеме сосуда с ускорением $a = 4g$ объем газа под поршнем уменьшился в $n = 2$ раза. Найти массу поршня, считая температуру газа постоянной. Атмосферное давление $p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

На самостоятельную попытку решения отводится 5 минут. За это время большинство учащихся успевают осознать условия задачи и наметить ход решения. Далее объяснение решения проводится под руководством учителя.

Объяснение решения

I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Движущееся тело, характеристику (массу) которого следует определить — поршень в цилиндрическом сосуде. Под поршнем в сосуде находится идеальный газ. Сосуд сначала находился в состоянии покоя, а затем начал совершать равноускоренное движение в вертикальном направлении.

На поршень действуют следующие тела:

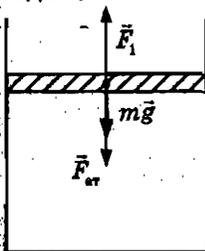
- Земля силой тяжести ($F_г = mg$),
- атмосфера силой давления ($F_{ат} = p_{ат}S$), направленную вертикальной вниз,
- идеальный газ силой давления ($F = pS$), направленной вертикально вверх.

Равнодействующая этих сил при движении сосуда с поршнем создает ускорение поршня \vec{a} , направленное вертикально вверх. Следовательно, мы можем использовать уравнение второго закона Ньютона, которое содержит искомую величину — массу m поршня.

Давление газа под поршнем не дано в условии задачи. Для его определения следует рассмотреть состояние газа в сосуде под поршнем и его изменение при переходе от состояния покоя в состояние равноускоренного движения. Поэтому решение задачи разбивается на две части: а) динамическую, в которой рассматривается два состояния поршня, б) молекулярно-кинетическую, в которой рассматривается два состояния идеального газа в сосуде под поршнем. Первое состояние — это состояние покоя в системе отсчета, связанной с Землей. Второе состояние — это состояние равноускоренного движения относительно той же системы отсчета.

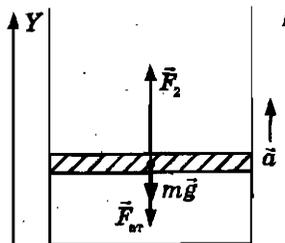
II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Сделаем чертеж, на котором укажем силы, действующие на поршень, ускорение и ось координат. Кратко запишем условия задачи.



$$\vec{a} = 0$$

а)



б)

Дано: СИ

$$S = 40 \text{ см}^2 = 40 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = 4g$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_2 = V_1/n$$

$$n = 2$$

$$p_{ат} = 10^5 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$m = ?$$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

а) уравнение второго закона Ньютона для поршня имеет вид:

$$\text{для состояния покоя } m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{F}_{ат} + \vec{F}_1 = 0;$$

$$\text{для состояния движения } m\vec{a}_2 = m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{ат} + \vec{F}_2.$$

Перепишем данные векторные уравнения для проекций на выбранную ось Oy , при этом учтем, что $F_{ар} = p_{ар} S$, $F_1 = p_1 S$, $F_2 = p_2 S$, где p_1 и p_2 — давление идеального газа в сосуде в состоянии покоя и равноускоренного движения, соответственно.

$$Oy: \quad -mg - p_{ар} S + p_1 S = 0; \quad (1)$$

$$-mg - p_{ар} S + p_2 S = ma. \quad (2)$$

Полученная система из двух уравнений содержит три неизвестных величины (m , p_1 , p_2), и поэтому решения не имеет;

б) для того, чтобы установить связь между p_1 и p_2 , рассмотрим состояние газа в сосуде под поршнем.

Параметры состояния газа в сосуде имеют вид:

1. (Исходное состояние, покой) p_1 , V_1 , $T_1 = T$, v — количество вещества;

2. (Равноускоренное движение) p_2 , $V_2 = V_1/n$, $T_2 = T$, v .

Напишем уравнение Клапейрона-Менделеева для каждого состояния:

$$p_1 V_1 = \nu RT; \quad p_2 V_2 = \nu RT.$$

Так как правые части этих уравнений равны, то:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \quad p_1 V_1 = p_2 V_1/n$$

$$p_2 = np_1, \quad (3)$$

то есть мы получили третье уравнение системы уравнений, содержащей три неизвестных.

IV. Вывод расчетной формулы.

Подставляя (3) в уравнение (2), получим:

$$-mg - p_{ар} S + np_1 S = ma. \quad (4)$$

Уравнения (1) и (4) образуют систему, в которой две неизвестные величины: m и p_1 . Такая система имеет единственное решение.

Выразим из (1) p_1

$$p_1 = \frac{mg + p_{ар} S}{S}$$

и подставим в (4):

$$-mg - p_{ар} S + nmg + np_{ар} S = ma$$

$$\Rightarrow m[a - g(n-1)] = p_{ар} S(n-1) \Rightarrow m = \frac{p_{ар} S(n-1)}{a - g(n-1)}$$

V. Расчет значения физической величины:

$$m = \frac{10^5 \cdot 40 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{4 \cdot 10 - 10} \text{ (кг)} = 13,3 \text{ (кг)}.$$

Ответ: $m = \frac{p_{ар} S(n-1)}{a - g(n-1)}$, $m = 13,3$ кг.

Показ образца оформления решений задач высокого уровня

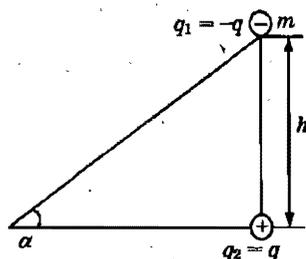
Учитель показывает образец оформления развернутого ответа решенной задачи (см. на доске), сопровождая его необходимыми пояснениями.



Тренировка в решении задач высокого уровня

Решите задачи высокого уровня сложности. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач ...» и «Система знаний ...» по соответствующим разделам курса физики. Оформите решения задач согласно разобранному на доске образцу. Фиксируйте время решения.

2. По гладкой наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$ и высотой $h = 10$ см начинает соскальзывать без трения небольшое тело массой $m = 10$ г, имеющее заряд $q_1 = -q$. Положительный заряд $q_2 = q$ закреплен в вершине прямого угла внизу наклонной плоскости (рис.). Найдите скорость тела в середине и в конце наклонной плоскости, если $q = 100$ нКл.



3. Самолет с размахом крыльев 15 м и мощностью двигателя 10^7 Вт летит горизонтально с постоянной скоростью. Определите силу тяги двигателей, если между концами крыльев наводится разность потенциалов 0,3 В. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 10^{-4} Тл.

Учащиеся самостоятельно решают задачи, учитель отвечает на возникающие вопросы. Результаты работы проверяются с помощью раздаточного материала — примеров решения комплексных задач.

Пример решения задачи 2

Объяснение решения

1. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Рассматривается механическое движение заряженного тела — скольжение по наклонной плоскости без трения. На тело действуют:

- Земля, которая создает силу тяжести, направленную вертикально вниз ($F_t = mg$);
- наклонная плоскость, которая создает силу реакции опоры (N), направленную вверх перпендикулярно к наклонной плоскости;

• второе заряженное тело (q_2), которое притягивает к себе скользящее тело в соответствии с законом Кулона ($F_k = kq^2/r^2$).

Так как направление прямой, соединяющей заряженные тела, а также расстояние r между ними меняются при движении, то динамический подход использовать невозможно. Рассмотрим возможность энергетического подхода. Искомая величина — скорость тела — входит в формулу для расчета кинетической энергии.

Работа силы реакции опоры N равна 0, т.к. эта сила перпендикулярна вектору перемещения тела. Сила трения равна 0. Поэтому для решения задачи воспользуемся законом сохранения механической энергии и рассмотрим три состояния скользящего тела: а) начальное, на вершине наклонной плоскости, б) в центре наклонной плоскости, в) у подножия наклонной плоскости.

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

Сделаем чертеж, на котором укажем характеристики выбранных трех состояний скользящего тела. За нулевой уровень потенциальной энергии тела в поле силы тяжести примем энергию тела у подножия наклонной плоскости.

Дано:

$$h = 10 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_1 = -q$$

$$q_2 = +q$$

$$m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$$

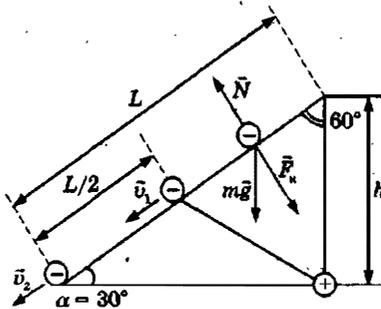
$$F_{\text{тр}} = 0$$

$$v_0 = 0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_1 = ?$$

$$v_2 = ?$$



III. Составление уравнений, описывающих модель.

Тело, скользящее по наклонной плоскости, обладает двумя видами потенциальной энергии, т.к. находится в поле силы тяжести Земли и, обладая зарядом, находится в электростатическом поле, которое создает заряд q_2 . Рассмотрим три перечисленные выше состояния тела (m, q_1):

а) в начальном состоянии кинетическая энергия тела $mv_0^2/2 = 0$, т.к. $v_0 = 0$.

Начальная потенциальная энергия тела в поле силы тяжести Земли $E_{0г} = mgh$.

Начальная потенциальная энергия тела в электростатическом поле заряда q_2 $E_{0эл} = q_1\Phi_0$, где потенциал начальной точки $\Phi_0 = kq_2/r_0$, причем расстояние от заряда q_2 до заряда q_1 $r_0 = h$, поэтому $E_{0эл} = (-q)kq/h = -kq^2/h$ (где коэффициент $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}$).

Следовательно, полная механическая энергия тела в начальном состоянии равна

$$E_0 = mgh - kq^2/h; \quad (1)$$

б) в середине наклонной плоскости скорость тела v_1 , кинетическая энергия $E_{1к} = mv_1^2/2$.

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести Земли

$$E_{1г} = mgh/2.$$

Потенциальная энергия тела в электростатическом поле

$$E_{1эл} = q_1\Phi_1 = (-q)kq/r_1,$$

где $r_1 = L/2 = h/(2\sin\alpha)$ — расстояние между зарядами. Поэтому

$$E_{2эл} = (-2kq^2\sin\alpha)/h$$

Полная механическая энергия тела в середине наклонной плоскости равна

$$E_1 = mv_1^2/2 + mgh/2 - (2kq^2\sin\alpha)/h; \quad (2)$$

в) у подножия наклонной плоскости кинетическая энергия тела

$$E_{к2} = mv_2^2/2.$$

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести $E_{2г} = 0$.

Потенциальная энергия тела в электростатическом поле $E_{2эл} = q_2\Phi_2 = (-q)kq/r_2$, где расстояние между зарядами $r_2 = h/\text{tg}\alpha$, поэтому $E_{2эл} = kq^2\text{tg}\alpha/h$.

Следовательно, полная механическая энергия тела у подножия наклонной плоскости равна

$$E_2 = mv_2^2/2 - (kq^2\text{tg}\alpha)/h. \quad (3)$$

IV. Вывод расчетной формулы.

Поскольку трение отсутствует, а работа силы реакции опоры равна 0, механическая энергия скользящего тела сохраняется: $E = \text{const}$, $E_0 = E_1 = E_2$.

Используя формулы (1) и (2) выразим v_1 :

$$\begin{aligned} mgh - \frac{kq^2}{h} &= \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mgh}{2} - \frac{2kq^2\sin\alpha}{h} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} &= \frac{mgh}{2} - \frac{kq^2}{h} + \frac{2kq^2\sin\alpha}{h} = \frac{mgh}{2} + \frac{kq^2(2\sin\alpha - 1)}{h} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_1 &= \sqrt{gh + \frac{2kq^2(2\sin\alpha - 1)}{mh}}. \end{aligned}$$

Из формул (1) и (3) выразим v_2 :

$$mgh - \frac{kq^2}{h} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{kq \operatorname{tg} \alpha}{h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{mv_2^2}{2} = mgh + \frac{kq^2 \operatorname{tg} \alpha}{h} - \frac{kq^2}{h} = mgh + \frac{kq^2 (\operatorname{tg} \alpha - 1)}{h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{2 \left[gh + \frac{kq^2 (\operatorname{tg} \alpha - 1)}{mh} \right]}.$$

V. Расчет значений физических величин:

$$v_1 = \sqrt{10 \cdot 10^{-1} + \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-14} (2 \cdot 0,5 - 1)}{10^{-2} \cdot 10^{-1}}} \text{ (м/с)} = \sqrt{1} \text{ (м/с)} = 1 \text{ (м/с)}$$

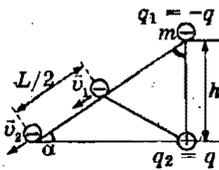
$$v_2 = \sqrt{2 \cdot \left[10 \cdot 10^{-1} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-14} (0,577 - 1)}{10^{-2} \cdot 10^{-1}} \right]} \text{ (м/с)} = \sqrt{1,934} \text{ (м/с)} =$$

$$= 1,38 \text{ (м/с)} \approx 1,4 \text{ (м/с)}$$

Ответ: $v_1 = 1$ м/с; $v_2 = 1,4$ м/с.

Развернутый ответ

2)



$E_0 = mgh - \frac{kq^2}{h}$ (1) — полная механическая энергия в начальном состоянии;

$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mgh}{2} - \frac{2kq^2 \sin \alpha}{h}$ (2) — в середине наклонной плоскости;

$E_2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{kq^2 \operatorname{tg} \alpha}{h}$ (3) — у подножья наклонной плоскости.

По закону сохранения механической энергии:

$$E_0 = E_1 = E_2$$

$$mgh - \frac{kq^2}{h} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mgh}{2} - \frac{2kq^2 \sin \alpha}{h}; \quad (4)$$

$$mgh - \frac{kq^2}{h} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{kq^2 \operatorname{tg} \alpha}{h}, \quad (5)$$

где $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2}$.

Дано:

$$h = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_1 = -q$$

$$q_2 = q$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$F_{\text{тр}} = 0$$

$$v_0 = 0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_1 \text{ — ?}$$

$$v_2 \text{ — ?}$$

$$\text{Из (4) } v_1 = \sqrt{gh + \frac{2kq^2(2\sin\alpha - 1)}{mh}}$$

$$\text{Из (5) } v_2 = \sqrt{2\left[gh + \frac{kq^2(\operatorname{tg}\alpha - 1)}{mh}\right]}$$

Ответ: $v_1 = 1$ м/с, $v_2 \approx 1,4$ м/с.

Пример решения задачи 3 Объяснение решения

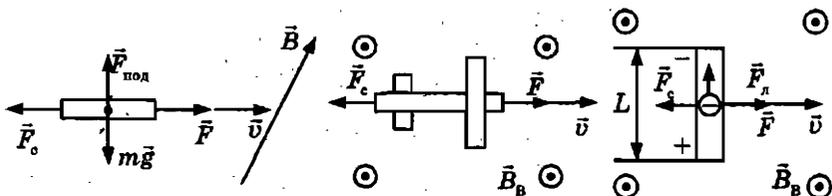
I. Распознавание явления, которому соответствует ситуация задачи.

Движущееся тело — самолет. Характер движения: равномерное прямолинейное в горизонтальном направлении. При этом крылья самолета представляют собой линейный проводник, который пересекает при движении линии индукции магнитного поля Земли.

II. Построение графической модели явления с учетом условий задачи.

На самолет действует сила тяжести ($\vec{F}_T = m\vec{g}$), подъемная сила ($\vec{F}_{\text{под}}$) и сила сопротивления воздуха (\vec{F}_c), а также сила тяги двигателя F , направленная горизонтально в направлении скорости самолета.

Кроме того, на электроны металла, из которого сделан корпус и крылья самолета, действует сила Лоренца \vec{F}_L со стороны магнитного поля Земли, т.к. электроны движутся в этом магнитном поле с горизонтальной скоростью \vec{v} , равной скорости самолета. В результате этого свободные электроны смещаются и накапливаются у края одного крыла, и между краями крыльев наводится разность потенциалов $\Delta\varphi$, равная ЭДС электромагнитной индукции.



а) вид сбоку

б) вид сверху

в) модель движения

Дано:

$$L = 15 \text{ м}$$

$$P = 10^7 \text{ Вт}$$

$$\Delta\phi = 0,3 \text{ В}$$

$$B_{\text{в}} = 10^{-4} \text{ Тл}$$

$$F = ?$$

III. Составление уравнений, описывающих модель.

Мощность двигателя при равномерном движении равна $P = Fv \cos\alpha$, где α — угол между направлениями вектора силы \vec{F} и вектора скорости \vec{v} . Так как в нашей задаче \vec{F} и \vec{v} сонаправлены, то $\cos\alpha = 1$ и мощность двигателя

$$P = Fv. \quad (1)$$

Следовательно, искомая величина силы тяги

$$F = P/v. \quad (2)$$

Для нахождения модуля скорости v самолета рассмотрим явление электромагнитной индукции. Если линейный проводник движется в магнитном поле, пересекая линии магнитной индукции, то между его концами наводится разность потенциалов $\Delta\phi = Bv \sin\beta$, где β — угол между векторами скорости проводника \vec{v} и индукции магнитного поля \vec{B} . В данном случае — индукции магнитного поля Земли. На всех широтах, кроме экватора, вектор индукции магнитного поля Земли направлен под углом к горизонту. Поскольку согласно условиям задачи скорость самолета направлена горизонтально, то произведение $(B \sin\beta) = B_{\text{в}}$ — вертикальной составляющей магнитного поля Земли. Следовательно,

$$\Delta\phi = B_{\text{в}}Lv,$$

и скорость самолета

$$v = \frac{\Delta\phi}{B_{\text{в}}L} \quad (3)$$

IV. Вывод расчетной формулы.

Подставив (3) в (2), получим:

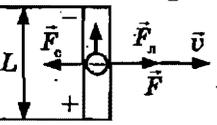
$$F = \frac{PB_{\text{в}}L}{\Delta\phi} \quad (4)$$

V. Расчет значения физической величины.

$$F = \frac{10^7 \cdot 10^{-4} \cdot 15}{0,3} = 5 \cdot 10^4 \text{ (Н)} = 50 \text{ (кН)}.$$

Ответ: $F = \frac{PB_{\text{в}}L}{\Delta\phi}$; $F = 50 \text{ кН}$.

Развернутый ответ


 $P = Fv \cos 0^\circ$ (1) — мощность двигателя при равномерном движении;

$\Delta\varphi = \varepsilon_i = B_B Lv \sin 90^\circ$ (2) — разность потенциалов между концами крыльев.

Дано:
 $L = 15$ м
 $P = 10^7$ Вт
 $\Delta\varphi = 0,3$ В
 $B_B = 10^{-4}$ Тл

Из (1) и (2) $F = \frac{PB_B L}{\Delta\varphi}$

$F = \frac{10^7 \cdot 10^{-4} \cdot 15}{0,3}$ Н = 50 кН.

Ответ: $F = 50$ кН.

$F - ?$



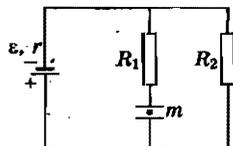
Сообщение домашнего задания

Решите комплексные задачи высокого уровня сложности и оформите развернутый ответ. В случае затруднений обращайтесь к таблицам «Методы решения задач...» и «Система знаний...» по соответствующим разделам курса физики, а также к примерам, разобранным в классе. Фиксируйте время решения.

4. Закрепленному в горизонтальной плоскости тонкому проволочному кольцу радиусом $R = 12$ см сообщили электрический заряд $Q = 1,2$ мкКл. В центр кольца поместили небольшой шарик, имеющий массу $m = 8,3$ г и заряд $q = 22 \cdot 10^{-8}$ Кл. Затем шарик отпустили без начальной скорости. Какую скорость и ускорение имел шарик, проходя точку на расстоянии $h = 0,075$ м от своего начального положения?

5. Три одинаковых шарика, имеющие массу $m = 2$ г и заряд $q = 8$ нКл, расположены на гладкой горизонтальной плоскости в вершинах равностороннего треугольника. Сторона треугольника $a = 18$ см. Шарiki одновременно отпускают без начальной скорости, и они начинают разлетаться. Определите скорость v каждого шарика в тот момент времени, когда расстояние между ними увеличилось в 2 раза.

6. Плоский конденсатор с расстоянием между пластинами $d = 3$ см включен в цепь постоянного тока (рис.). Внутри конденсатора висит заряженная пылинка массы $m = 0,1$ г. Найти заряд пылинки, если ЭДС источника



$\varepsilon = 2$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивления резисторов $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 10$ Ом.

7. В камере созданы параллельные однородные электрическое и магнитное поля. Электрон влетает в камеру со скоростью $v = 10^5$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к силовым линиям этих полей. Определить, сколько оборотов сделает электрон до момента начала движения в обратном направлении. Напряженность электрического поля $E = 3$ В/м, индукция магнитного поля $B = 0,1$ Тл.

8. Шарик массой $m = 2$ г с зарядом $q = 10$ мкКл, подвешенный на непроводящей нити длиной $l = 1$ м, совершает колебания в вертикальной плоскости. В плоскости колебаний создано однородное электростатическое поле, силовые линии которого горизонтальны. При этом угол, между направлениями нити в крайних положениях шарика равен $2\alpha = 90^\circ$, а угол между вертикалью и нитью в момент прохождения шариком положения равновесия равен $\beta = 15^\circ$. Определите разность потенциалов между крайними точками траектории шарика.

9. Собирающую линзу с оптической силой $D = 0,5$ дптр расположили горизонтально и сверху на нее в центре поместили небольшой шарик. Затем шарик подбросили, сообщив ему вертикальную скорость $v_0 = 10$ м/с. Сколько времени наблюдалось действительное изображение шарика в линзе?

10. Свет падает на поверхность металла, имеющего работу выхода $A = 3,05$ эВ. Вырванные светом электроны затем попадают в однородное магнитное поле с индукцией $B = 3 \cdot 10^{-3}$ Тл и описывают окружности с максимальным радиусом $R = 2$ мм. Определите частоту падающего света.

Ответы к задачам

Задача	Ответ
4	$v = 26,1$ м/с; $a = 17,4$ м/с ²
5	$v = 0,028$ м/с
6	$q = 3,3 \cdot 10^{-6}$ Кл
7	$h = 264$
8	$\Delta\varphi = 700$ В
9	$\Delta t = 1,5$ с
10	$\nu = 1,5 \cdot 10^{15}$ Гц

Урок 40

ТЕМА: Контрольная работа по квантовой физике

ЦЕЛЬ УРОКА: учащиеся должны

- установить собственные возможности выполнения заданий ЕГЭ по квантовой физике.

МАТЕРИАЛЫ К УРОКУ:

- раздаточный материал (варианты контрольной работы, справочные материалы);
- непрограммируемые калькуляторы.

ПЛАН УРОКА:

№	Этап урока	Форма проведения	Время, мин.
1	Инструкция по выполнению контрольной работы	Сообщение учителя о проведении контрольной работы	2
2	Выполнение контрольной работы	Индивидуальная работа	40
3	Сообщение домашнего задания	—	2

Ниже приведены четыре варианта контрольной работы по квантовой физике. Два из них можно использовать собственно для проведения контрольной работы, а другие два — для подготовки к ней и повторного выполнения работы в случае неудачи.

Максимальный первичный балл за работу составляет 12. При оценивании контрольной работы необходимо перевести набранные баллы в отметку по пятибалльной шкале.

С учетом процедуры перевода баллов в отметку можно рекомендовать следующие нормы выставления оценок. Отметку «5» выставляют, если число набранных баллов составляет 11–12, отметку «4» — если набрано 9–10 баллов, отметку «3» — если набрано 7–8 баллов.

ХОД УРОКА:

Инструкция по выполнению контрольной работы

Контрольная работа рассчитана на один урок. Она включает 10 заданий разного уровня сложности: базового (А27–А30, А32–А34), повышенного (А31, В5) и высокого (С5)¹.

К каждому заданию с кодом «А» даны четыре ответа, из которых правильный только один. На задания с кодом «В» следует дать краткий ответ в численном виде. На задания с кодом «С» требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий с кратким и развернутым ответом значение искомой величины следует выразить в тех единицах, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. При расчетах следует использовать значения констант с той точностью, которая задана в справочных материалах (см. Приложение 3).

Максимальный балл за задания базового и повышенного уровней — 1, высокого уровня — 3.

Выполнение контрольной работы

Вариант 1

А27. Как изменится минимальная частота, при которой возникает фотоэффект, если пластинке сообщить отрицательный заряд:

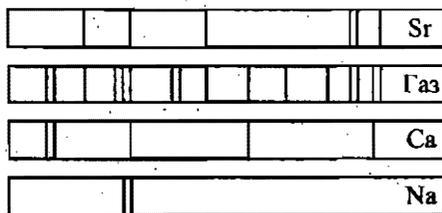
- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится
- 4) увеличится или уменьшится в зависимости от рода вещества

А28. На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения паров известных металлов. По спектрам можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы:

- 1) только стронция (Sr) и кальция (Ca)
- 2) только натрия (Na) и стронция (Sr)

¹ В контрольную работу включено задание повышенного уровня части 2 ЕГЭ (задание В5). По плану экзаменационной работы 2007 года такое задание по квантовой физике не предусмотрено, однако оно может встретиться в работах последующих лет.

- 3) только стронция (Sr), кальция (Ca) и натрия (Na)
 4) стронция (Sr), кальция (Ca), натрия (Na) и другого вещества

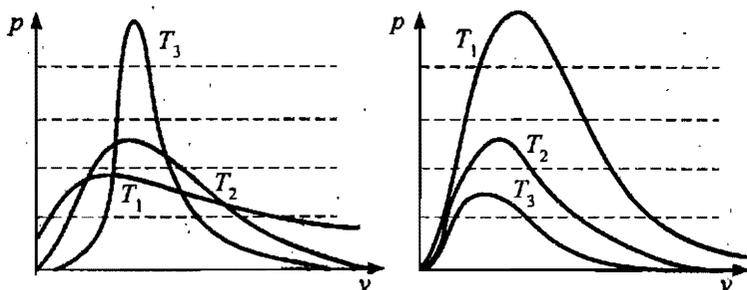


A29. Определите энергию ядерной реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$:

- 1) 0 МэВ 2) 943,9 МэВ 3) 4,3 МэВ 4) 20537,7 МэВ

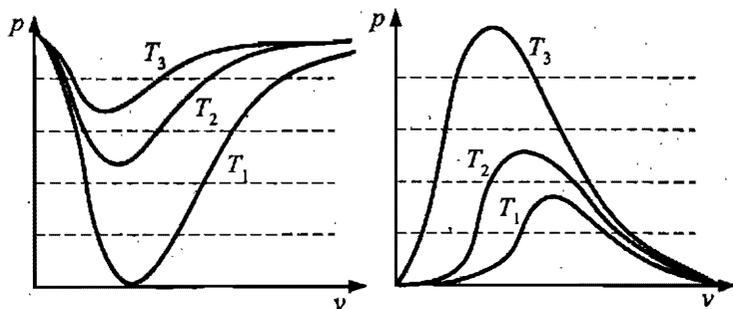
A30. Были измерены спектры теплового излучения при трех различных температурах ($T_3 > T_2 > T_1$). Какой из графиков (рис.) зависимости плотности излучения от частоты соответствует результатам наблюдения?

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



1

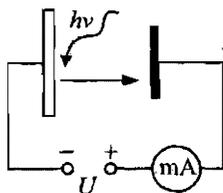
2



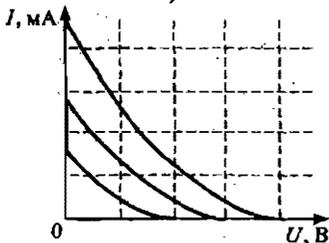
3

4

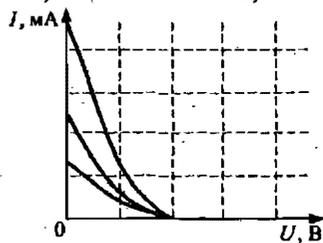
А31. Были проведены три эксперимента по измерению зависимости фототока от приложенного напряжения между фотокатодом и анодом (рис.). В этих экспериментах металлическая пластинка фотокатода освещалась монохроматическим светом одной и той же частоты, но разной интенсивности. На каком из графиков правильно отражены результаты этих экспериментов?



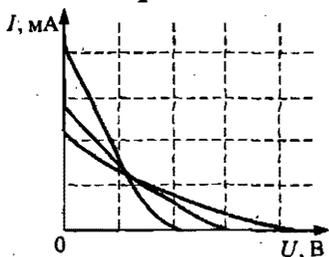
1) 1



3) 3

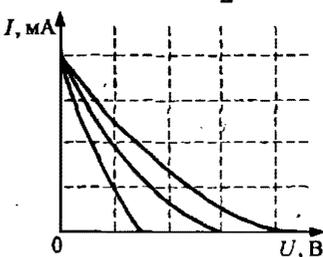


1



3

2



4

А32. При нормальном падении света на поглощающую поверхность каждый фотон передает веществу импульс

1) $\frac{h}{\lambda}$

2) $\frac{2h}{\lambda}$

3) $\frac{\lambda}{h}$

4) $h\lambda$

А33. Изменение массы тела, обусловленное изменением ее скорости, приближенно описывается формулой

1) $\Delta m = m_0 v^2$

3) $\Delta m = \frac{m_0 v^2}{2c^2}$

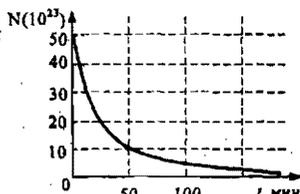
2) $\Delta m = m_0 c^2$

4) $\Delta m = m_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$

А34. Если энергия ионизации атома равна E , то минимальную скорость электрона, способного ионизировать атом, можно рассчитать по формуле

$$1) v_{\min} = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad 2) v_{\min} = \sqrt{\frac{2eE}{m}} \quad 3) v_{\min} = \sqrt{\frac{2me}{E}} \quad 4) v_{\min} = \sqrt{\frac{E}{m}}$$

В5. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути $^{190}_{80}\text{Hg}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути (в минутах)?



С5. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте излучения $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 3 В.

Вариант 2

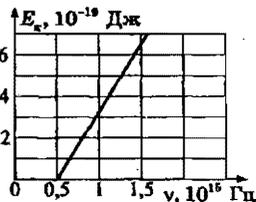
А27. Внешний фотоэффект — это явление:

1) почернения фотоэмульсии под действием света; 2) вылета электронов с поверхности вещества под действием света; 3) свечения некоторых веществ в темноте; 4) излучения нагретого твердого тела.

А28. Ядро магния $^{24}_{12}\text{Mg}$ захватило электрон. В результате такой реакции образовалось ядро.

- 1) $^{27}_{13}\text{Al}$ 2) $^{24}_{12}\text{Mg}$ 3) $^{24}_{11}\text{Na}$ 4) $^{23}_{11}\text{Na}$.

А29. Слой оксида кальция облучается светом и испускает электроны. На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Чему равна работа выхода фотоэлектронов из оксида кальция?

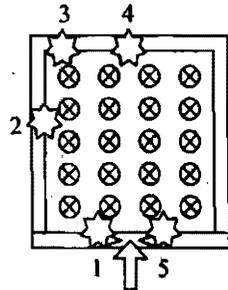


- 1) 0,7 эВ 2) 1,4 эВ 3) 2,1 эВ 4) 2,8 эВ

А30. Электрон и протон движутся с одинаковыми скоростями. У какой из этих частиц большая длина волны де Бройля?

1) у электрона; 2) у протона; 3) длины волн этих частиц одинаковы; 4) частицы нельзя характеризовать длиной волны

A31. В камере прибора создано магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны ${}^0_{-1}e$, позитроны ${}^0_{+1}e$, протоны 1_1p , нейтроны 1_0n , α -частицы 4_2He и γ -кванты). На экране попаданию в него протона соответствует вспышка



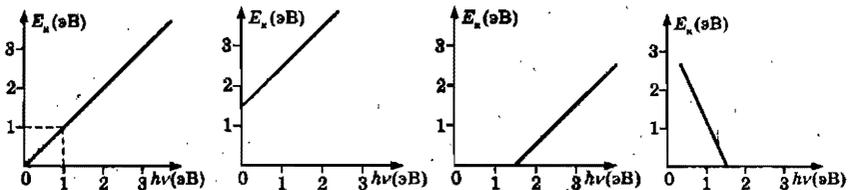
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 5

A32. Один и тот же физический процесс описывается одинаковыми формулами: А – во всех системах отсчета, Б – во всех инерциальных системах отсчета.

Какое из этих утверждений справедливо в специальной теории относительности?

- 1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б

A33. Работа выхода электронов из фотокатода равна 1,5 эВ. Какой из графиков соответствует зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии фотонов, падающих на фотокатод?



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

A34. Температура абсолютно черного тела уменьшилась от 1000 К до 500 К. Как изменилась длина волны, на которую приходится максимум излучения?

- 1) увеличилась в 2 раза
2) уменьшилась в 2 раза
3) увеличилась в 4 раза
4) уменьшилась в 2 раза

B5. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе электрона

с верхнего уровня энергии на нижний уровень атом излучает фотон. При переходе с верхнего уровня на уровень с $n = 1$ образуется серия Лаймана, при переходе на уровень с $n = 2$ — серия Бальмера, а при переходе на уровень с $n = 3$ — серия Пашена и т.д. Найдите отношение минимальной энергии фотона в серии Лаймана к максимальной энергии фотона в серии Бальмера.

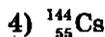
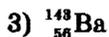
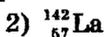
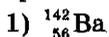
С5. Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом, длина волны которого 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле индукцией $8,3 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукций этого поля и движутся в нем по окружностям. Чему равен максимальный радиус этих окружностей, если работа выхода электронов из кальция равна $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж?

В а р и а н т 3

A27. Фототок насыщения в фотоэффекте при уменьшении интенсивности падающего света:

1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается; 4) увеличивается или уменьшается в зависимости от работы выхода.

A28. Ядро бария ${}_{56}^{143}\text{Ba}$ в результате испускания нейтрона превратилось в ядро:



A29. Фотоны энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. Чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза, нужно увеличить энергию фотона на

1) 0,1 эВ

2) 0,2 эВ

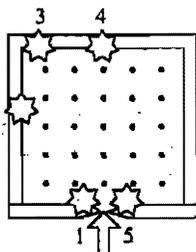
3) 0,3 эВ

4) 0,4 эВ

A30. Электрон и α -частица имеют одинаковые длины волн де Бройля. Импульс какой частицы больше?

1) электрона, так как его электрический заряд меньше; 2) α -частицы, так как ее масса больше; 3) α -частица не обладает волновыми свойствами; 4) импульсы одинаковы.

A31. В камере прибора создано магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны ${}_{-1}^0e$, позитроны ${}_{+1}^0e$, протоны ${}_{+1}^1p$, нейтроны ${}_{0}^1n$, α -частицы ${}_{+2}^4\text{He}$ и γ -кванты). На экране соответствует попаданию в него нейтрона вспышка:



1) 1

2) 2

3) 5

4) 4

A32. В каком случае относительная скорость объекта не может превышать скорость света в вакууме?

1) Скорость движения тени от движущегося предмета по плоскости, наклоненной под небольшим углом к солнечным лучам

2) скорость солнечного зайчика относительно зеркала при вращении последнего

3) скорость фотона солнечного света относительно космического аппарата, летящего к Солнцу

4) во всех трех перечисленных выше случаях, так как превысить скорость c не могут никакие объекты

A33. Мощность излучения с единицы площади поверхности голубой звезды, имеющей температуру $3 \cdot 10^4$ К, больше мощности излучения с единицы площади поверхности желтой звезды, температура которой $6 \cdot 10^3$ К, в:

- 1) 10 раз 2) 25 раз 3) 250 раз 4) 625 раз

A34. При нормальном падении света на отражающую поверхность каждый фотон передает веществу импульс

- 1) $\frac{h}{\lambda}$ 2) $\frac{2h}{\lambda}$ 3) $2h\lambda$ 4) $\frac{2\lambda}{h}$

B5. Значения энергии электрона в атоме водорода заданы формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе элек-

трона с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. При переходе с верхнего уровня на уровень с $n = 1$ образуется серия Лаймана, при переходе на уровень с $n = 2$ — серия Бальмера, а при переходе на уровень с $n = 3$ — серия Пашена и т.д. Найдите отношение минимальной энергии фотона в серии Лаймана к минимальной энергии фотона в серии Бальмера.

C5. Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с частотой $\nu = 2 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся в нем по окружностям, максимальный радиус R которых 5 мм. Чему равен модуль вектора индукции \vec{B} магнитного поля, если работа выхода электронов из кальция равна $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Вариант 4

A27. Отношение импульсов p_1/p_2 двух фотонов равно 2. Отношение длин волн λ_1/λ_2 этих фотонов равно:

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

A28. Один из возможных вариантов деления ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ выглядит следующим образом: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{40}^{97}\text{Zr} + {}_{52}^{137}\text{Te} + ?$

Какие частицы заменены знаком вопроса?

- 1) 2 нейтрона
- 2) 2 электрона
- 3) 2 протона
- 4) 1 протон и 1 электрон

A29. Рассчитайте максимальную скорость электронов, выбиваемых из металла светом длиной волны 300 нм, если работа выхода электронов $3 \cdot 10^{-19}$ Дж.

- 1) 890 м/с
- 2) $0,89 \cdot 10^6$ м/с
- 3) $1,2 \cdot 10^6$ м/с
- 4) $3 \cdot 10^8$ м/с

A30. Будем считать, что потенциальная энергия взаимодействия протона с электроном равна нулю, если расстояние между ними неограниченно велико. Тогда энергия взаимодействия ядра и электрона в атоме водорода

- 1) больше нуля
- 2) равна нулю
- 3) меньше нуля
- 4) больше или меньше нуля в зависимости от состояния

A31. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен одному месяцу. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

- 1) 3 месяца
- 2) 4 месяца
- 3) 5 месяцев
- 4) 6 месяцев

A32. Принцип относительности Эйнштейна справедлив

1) только для механических явлений; 2) только для оптических явлений; 3) только для электрических явлений; 4) для всех физических явлений.

A33. Источник света, который потребляет электрическую мощность 150 Вт, излучает в одну секунду $7,2 \cdot 10^{18}$ фотонов с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Коэффициент полезного действия источника света равен

- 1) 2,1%
- 2) 1,6%
- 3) 0,95%
- 4) 0,5%

A34. Как изменится полная энергия системы, состоящей из двух свободных нейтронов и двух свободных протонов при соединении их в ядро гелия?

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится
- 4) ответ зависит от условий протекания реакции

В5. Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Поглощаемая мощность $3,3 \cdot 10^{-14}$ Вт. Сколько фотонов поглощает детектор за время 5 с? (Полученный ответ разделите на 10^{15}).

С5. Электрическая лампа мощностью 100 Вт испускает 3% потребляемой энергии в форме видимого света (средняя длина волны 550 нм) равномерно по всем направлениям. Сколько фотонов видимого света попадает за 1 с в зрачок наблюдателя (диаметр зрачка 4,0 мм), находящегося на расстоянии 10 км от лампы?

Ответы к заданиям контрольной работы № 4

Задание	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	B5
Вариант 1	1	4	1	2	2	1	3	1	21,5
Вариант 2	2	3	3	1	3	2	3	1	3
Вариант 3	3	1	2	4	4	4	4	2	5,4
Вариант 4	1	1	2	3	3	4	2	3	5

Расчетная формула и ответ	
С5	<p>Вариант 1 $v = v_{кр} + \frac{eU_s}{h} \quad v = 1,3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$</p> <p>Вариант 2 $R_{\max} = \frac{1}{qB} \sqrt{2m \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} \quad R_{\max} = 4,8 \text{ мм}$</p> <p>Вариант 3 $B = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(hv - A)} \quad B = 0,8 \text{ мТл}$</p> <p>Вариант 4 $N = \frac{\eta P d^2 \lambda \tau}{16 L^2 hc} \quad N = 830$</p>

Кодификатор элементов содержания по физике для составления контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2007 г.

Кодификатор составлен на базе обязательного минимума содержания среднего (полного) и основного общего образования (приложения к приказам Минобразования России №1236 от 19.05.98, №56 от 30.06.99 и №1089 от 05.03.2004).

Во втором столбце таблицы указываются коды элементов содержания, для которых создаются проверочные задания. Жирным курсивом указаны крупные блоки содержания, которые ниже разбиты на более мелкие элементы.

Код раз-дела	Код контролируе-мого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
1		МЕХАНИКА
1.1		КИНЕМАТИКА
	1.1.1	Относительность механического движения
	1.1.2	Скорость
	1.1.3	Ускорение
	1.1.4	Прямолинейное равноускоренное движение
	1.1.5	Свободное падение
	1.1.6	Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью
	1.1.7	Центростремительное ускорение
1.2		ДИНАМИКА
	1.2.1	Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона
	1.2.2	Принцип относительности Галилея
	1.2.3	Масса тела
	1.2.4	Плотность вещества
	1.2.5	Сила
	1.2.6	Принцип суперпозиции сил
	1.2.7	Второй закон Ньютона
	1.2.8	Третий закон Ньютона
	1.2.9	Закон всемирного тяготения
	1.2.10	Сила тяжести
	1.2.11	Невесомость
	1.2.12	Сила упругости
	1.2.13	Сила трения
	1.2.14	Давление
1.3		СТАТИКА
	1.3.1	Момент силы
	1.3.2	Условия равновесия твердого тела

Приложение 1

Код раз-дела	Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	1.3.3	<i>Давление жидкости</i>
	1.3.4	<i>Закон Паскаля</i>
	1.3.5	<i>Закон Архимеда</i>
	1.3.6	<i>Условие плавания тел</i>
1.4		ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ
	1.4.1	<i>Импульс тела</i>
	1.4.2	<i>Импульс системы тел</i>
	1.4.3	<i>Закон сохранения импульса</i>
	1.4.4	<i>Работа силы</i>
	1.4.5	<i>Мощность</i>
	1.4.6	<i>Кинетическая энергия</i>
	1.4.7	<i>Потенциальная энергия</i>
	1.4.8	<i>Закон сохранения механической энергии</i>
	1.4.9	<i>Простые механизмы. КПД механизма</i>
1.5		МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
	1.5.1	<i>Гармонические колебания</i>
	1.5.2	<i>Амплитуда колебаний</i>
	1.5.3	<i>Период колебаний</i>
	1.5.4	<i>Частота колебаний</i>
	1.5.5	<i>Свободные колебания</i>
	1.5.6	<i>Вынужденные колебания</i>
	1.5.7	<i>Резонанс</i>
	1.5.8	<i>Длина волны</i>
	1.5.9	<i>Звук</i>
2		МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА
2.1		МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
	2.1.1	<i>Кристаллические и аморфные тела. Газы, жидкости</i>
	2.1.2	<i>Тепловое движение атомов и молекул вещества</i>
	2.1.3	<i>Броуновское движение</i>
	2.1.4	<i>Диффузия</i>
	2.1.5	<i>Взаимодействие частиц вещества</i>
	2.1.6	<i>Идеальный газ</i>
	2.1.7	<i>Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного движения молекул идеального газа</i>
	2.1.8	<i>Абсолютная температура</i>
	2.1.9	<i>Связь температуры газа со средней кинетической энергией его молекул</i>
	2.1.10	<i>Уравнение Клапейрона-Менделеева</i>
	2.1.11	<i>Изопроцессы</i>
	2.1.12	<i>Насыщенные и ненасыщенные пары</i>
	2.1.13	<i>Влажность воздуха</i>
	2.1.14	<i>Испарение и конденсация</i>
	2.1.15	<i>Кипение жидкости</i>
	2.1.16	<i>Плавление и кристаллизация</i>
2.2		ТЕРМОДИНАМИКА
	2.2.1	<i>Внутренняя энергия</i>
	2.2.2	<i>Тепловое равновесие</i>
	2.2.3	<i>Теплопередача</i>

Код раз-дела	Код контролируе-мого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества
	2.2.5	Работа в термодинамике
	2.2.6	Первый закон термодинамики
	2.2.7	Второй закон термодинамики
	2.2.8	КПД тепловой машины
3		ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
3.1		ЭЛЕКТРОСТАТИКА
	3.1.1	Электризация тел
	3.1.2	Взаимодействие зарядов. Два вида электрического заряда
	3.1.3	Закон сохранения электрического заряда
	3.1.4	Закон Кулона
	3.1.5	Действие электрического поля на электрические заряды
	3.1.6	Напряженность электрического поля
	3.1.7	Принцип суперпозиции электрических полей
	3.1.8	Потенциальность электростатического поля
	3.1.9	Потенциал
	3.1.10	Разность потенциалов
	3.1.11	Проводники в электрическом поле
	3.1.12	Диэлектрики в электрическом поле
	3.1.13	Электрическая емкость конденсатора
	3.1.14	Энергия поля конденсатора
3.2		ПОСТОЯННЫЙ ТОК
	3.2.1	Сила тока
	3.2.2	Напряжение
	3.2.3	Закон Ома для участка цепи
	3.2.4	Электрическое сопротивление
	3.2.5	Электродвижущая сила
	3.2.6	Закон Ома для полной электрической цепи
	3.2.7	Параллельное соединение проводников
	3.2.8	Последовательное соединение проводников
	3.2.9	Работа электрического тока
	3.2.10	Мощность электрического тока
	3.2.11	Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах
	3.2.12	Полупроводники. Собственная проводимость полупроводников
	3.2.13	Примесная проводимость полупроводников
3.3		МАГНИТНОЕ ПОЛЕ
	3.3.1	Взаимодействие магнитов
	3.3.2	Индукция магнитного поля
	3.3.3	Сила Ампера
	3.3.4	Сила Лоренца
3.4		ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ
	3.4.1	Явление электромагнитной индукции
	3.4.2	Магнитный поток
	3.4.3	Закон электромагнитной индукции
	3.4.4	Правило Ленца

Приложение 1

Код раздела	Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	3.4.5	Самоиндукция
	3.4.6	Индуктивность
	3.4.7	Энергия магнитного поля
3.5		ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
	3.5.1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания
	3.5.2	Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс
	3.5.3	Переменный ток
	3.5.4	Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформатор
	3.5.5	Электромагнитные волны
	3.5.6	Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение
3.6		ОПТИКА
	3.6.1	Прямолинейное распространение света
	3.6.2	Закон отражения света
	3.6.3	Построение изображений в плоском зеркале
	3.6.4	Законы преломления света
	3.6.5	Полное внутреннее отражение
	3.6.6	Линзы
	3.6.7	Формула тонкой линзы
	3.6.8	Построение изображения, даваемого собирающей линзой
	3.6.9	Оптические приборы
	3.6.10	Интерференция света
	3.6.11	Дифракция света
	3.6.12	Дифракционная решетка
	3.6.13	Дисперсия света
4		ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ
	4.1	Инвариантность скорости света
	4.2	Принцип относительности Эйнштейна
	4.3	Полная энергия. Энергия покоя
	4.4	Связь массы и энергии
5		Квантовая физика
5.1		КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ
	5.1.1	Гипотеза Планка
	5.1.2	Фотоэффект
	5.1.3	Законы Столетова
	5.1.4	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
	5.1.5	Фотоны
	5.1.6	Энергия фотона
	5.1.7	Импульс фотона
	5.1.8	Дифракция электронов
	5.1.9	Корпускулярно-волновой дуализм
5.2		ФИЗИКА АТОМА
	5.2.1	Планетарная модель атома
	5.2.2	Постулаты Бора

Код раз-дела	Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	5.2.3	Линейчатые спектры
	5.2.4	Лазер
5.3		ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА
	5.3.1	Радиоактивность
	5.3.2	Альфа-распад
	5.3.3	Бета-распад
	5.3.4	Гамма-излучение
	5.3.5	Закон радиоактивного распада
	5.3.6	Протонно-нейтронная модель ядра
	5.3.7	Заряд ядра
	5.3.8	Массовое число ядра
	5.3.9	Энергия связи нуклонов в ядре
	5.3.10	Деление и синтез ядер
6		МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА
	6.1	Измерение физических величин. Погрешности измерения
	6.2	Построение графика по результатам эксперимента
	6.3	Роль эксперимента и теории в процессе познания природы
	6.4	Анализ результатов экспериментальных исследований
	6.5	Физические законы и границы их применимости.

Приложение 1

Код раз-дела	Код контролируе-мого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	3.4.5	Самоиндукция
	3.4.6	Индуктивность
	3.4.7	Энергия магнитного поля
3.5		ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
	3.5.1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания
	3.5.2	Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс
	3.5.3	Переменный ток
	3.5.4	Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформатор
	3.5.5	Электромагнитные волны
	3.5.6	Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение
3.6		ОПТИКА
	3.6.1	Прямолинейное распространение света
	3.6.2	Закон отражения света
	3.6.3	Построение изображений в плоском зеркале
	3.6.4	Закон преломления света
	3.6.5	Полное внутреннее отражение
	3.6.6	Линзы
	3.6.7	Формула тонкой линзы
	3.6.8	Построение изображения, даваемого собирающей линзой
	3.6.9	Оптические приборы
	3.6.10	Интерференция света
	3.6.11	Дифракция света
	3.6.12	Дифракционная решетка
	3.6.13	Дисперсия света
4		ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ
	4.1	Инвариантность скорости света
	4.2	Принцип относительности Эйнштейна
	4.3	Полная энергия. Энергия покоя
	4.4	Связь массы и энергии
5		Квантовая физика
5.1		КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ
	5.1.1	Гипотеза Планка
	5.1.2	Фотоэффект
	5.1.3	Законы Столетова
	5.1.4	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
	5.1.5	Фотоны
	5.1.6	Энергия фотона
	5.1.7	Импульс фотона
	5.1.8	Дифракция электронов
	5.1.9	Корпускулярно-волновой дуализм
5.2		ФИЗИКА АТОМА
	5.2.1	Планетарная модель атома
	5.2.2	Постулаты Бора

Код раз-дела	Код контролируе-мого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
	5.2.3	Линейчатые спектры
	5.2.4	Лазер
5.3		ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА
	5.3.1	Радиоактивность
	5.3.2	Альфа-распад
	5.3.3	Бета-распад
	5.3.4	Гамма-излучение
	5.3.5	Закон радиоактивного распада
	5.3.6	Протонно-нейтронная модель ядра
	5.3.7	Заряд ядра
	5.3.8	Массовое число ядра
	5.3.9	Энергия связи нуклонов в ядре
	5.3.10	Деление и синтез ядер
6		МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА
	6.1	Измерение физических величин. Погрешности измерения
	6.2	Построение графика по результатам эксперимента
	6.3	Роль эксперимента и теории в процессе познания природы
	6.4	Анализ результатов экспериментальных исследований
	6.5	Физические законы и границы их применимости

**План
экзаменационной работы ЕГЭ 2007 года
по физике**

Обозначение заданий в работе и бланке ответов: А — задания с выбором ответа, В — задания с кратким ответом, С — задания с развернутым ответом.

Уровни сложности задания: Б — базовый (примерный интервал процента выполнения — 60%–90%), П — повышенный (40%–60%), В — высокий (менее 40%).

№	Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания	Коды проверяемых элементов содержания по «Кодификатору»	Коды проверяемых умений (п. 4 спецификации)	Уровень сложности задания	Макс. балл за выполнение задания	Примерное время выполнения задания (мин.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	A1	Равномерное и равноускоренное движение	1.1.2–1.1.5	3, 4, 7	Б	1	2
2	A2	Относительность движения, движение по окружности, работа, мощность, простые механизмы, давление	1.1.1, 1.1.6, 1.1.7, 1.4.4, 1.4.5, 1.4.9	3, 4, 7	Б	1	2
3	A3	Законы Ньютона	1.2.1, 1.2.5–1.2.8	1, 2, 4	Б	1	2
4	A4	Силы в механике	1.2.9–1.2.13	4, 7	Б	1	2
5	A5	Статика, гидростатика	1.3.1–1.3.6,	2–4, 7	Б	1	2
6	A6	Импульс, закон сохранения импульса, кинетическая и потенциальная энергии	1.4.1–1.4.3, 1.4.6, 1.4.7	2, 3, 4	Б	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	A7	Механические колебания и волны	1.5.1- 1.5.9	2, 3, 4, 7	Б	1	2
8	A8	Законы Ньютона, силы в природе	1.2.7- 1.2.13	3, 7, 8	П	1	4
9	A9	Законы сохранения импульса и механической энергии	1.4.1- 1.4.9	3, 7, 8	П	1	4
10	A10	Модели строения газа, жидкости и твердого тела. Диффузия. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа	2.1.1- 2.1.6, 2.1.10	1, 2, 3, 7	Б	1	2
11	A11	Связь между давлением и средней кинетической энергией, абсолютная температура, ее связь с кинетической энергией поступательного движения молекул. Внутренняя энергия, тепловое равновесие	2.1.7- 2.1.9, 2.1.11, 2.2.1- 2.2.3	3, 4	Б	1	2
12	A12	Изопроцессы, влажность воздуха	2.1.11- 2.1.15	2, 3, 4	Б	1	2
13	A13	Количество теплоты, изменения агрегатного состояния вещества, теплопередача	2.2.3, 2.2.4, 2.1.14- 2.1.16	1, 2, 3, 7	Б	1	2
14	A14	Работа в термодинамике, первое начало термодинамики	2.2.5, 2.2.6, 2.2.8	2-4, 7	Б	1	2
15	A15	Уравнения состояния газа, насыщенные и ненасыщенные пары, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины	2.1.10- 2.1.15 2.2.5- 2.2.8	2, 3, 7, 8	П	1	4
16	A16	Взаимодействие зарядов, электрическое поле, проводники и диэлектрики в электрическом поле	3.1.1- 3.1.3, 3.1.5, 3.1.11- 3.1.12	1, 2, 3, 7	Б	1	2
17	A17	Закон Кулона, характеристики электрического поля, конденсатор	3.1.4, 3.1.6- 3.1.10, 3.1.13, 3.1.14	2, 3, 4, 7	Б	1	2
18	A18	Законы постоянного тока, соединения проводников	3.2.1- 3.2.8	3, 4, 7, 8	Б	1	2

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7	8
19	A19	Работа и мощность тока. Электрический ток в разных средах	3.2.7– 3.2.13 3.2.3	2–4, 7	Б	1	2
20	A20	Магнитное поле. Электромагнитная индукция, свободные и вынужденные электромагнитные колебания	3.3.1– 3.3.5 3.4.1– 3.4.7, 3.5.1, 3.5.2– 3.5.4	2–4, 7	Б	1	2
21	A21	Электромагнитные волны, волновая оптика	3.5.5, 3.5.6, 3.6.10– 3.6.13	1, 2, 3, 4	Б	1	2
22	A22	Геометрическая оптика	3.6.1– 3.6.9	4, 5, 7, 8	Б	1	2
23	A23	Сила Лоренца, сила Ампера, соединения проводников, закон Ома для полной цепи, электромагнитная индукция	3.2.3 – 3.2.10, 3.3.3, 3.3.4 3.4.2, 3.4.7	4, 7, 8	П	1	4
24	A24	Электростатика, электромагнитные колебания, оптика	3.1.4– 3.1.7, 3.5.1– 3.5.3 3.6.4– 3.6.13	2, 4, 7, 8	П	1	4
25	A25	Основы СТО, постулаты Бора, корпускулярно-волновой дуализм	4.1–4.4, 5.1.1, 5.1.8, 5.1.9, 5.2.2	1–3	Б	1	2
26	A26	Линейчатые спектры, фотоны, фотоэффект	5.2.3– 5.2.4, 5.1.2– 5.1.7	2, 3, 7	Б	1	2
27	A27	Планетарная модель атома, протонно-нейтронная модель ядра, закон радиоактивного распада	5.2.1, 5.3.5– 5.3.8	1, 2, 7	Б	1	2
28	A28	Радиоактивность, ядерные реакции, энергия связи нуклонов в ядре	5.3.1– 5.3.4, 5.3.9– 5.3.10	3, 7, 8	Б	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8
29	A29	Фотоэффект, ядерные реакции, энергия связи частиц в ядре, закон радиоактивного распада	5.1.2- 5.1.4, 5.3.5, 5.3.9, 5.3.10	3, 4, 7	П	1	4
30	A30	Границы применимости физических законов и теорий, анализ результатов экспериментальных исследований, построение графика по результатам эксперимента	6.2, 6.3, 6.5, 1.1-5.3	5, 6, 7	Б	1	2
31	B1	Механика	1.1.4, 1.1.6, 1.2.1, 1.2.7, 1.2.8- 1.2.14, 1.4.3 - 1.4.8	7, 8	П	1	6
32	B2	Молекулярная физика. Термодинамика	2.1.7- 2.1.16 2.2.3- 2.2.8	7, 8	П	1	6
33	B3	Электростатика, постоянный ток, магнитное поле	3.1.3- 3.1.10, 3.2.3- 3.2.10, 3.3.3, 3.3.4, 3.4.3	7, 8	П	1	6
34	B4	Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания и волны. Оптика	3.4.1- 3.4.7 3.5.1.- 3.5.4 3.6.1- 3.6.12	7, 8	П	1	6
35	C1	Механика	1.1-1.4	7, 8	В	3	19
36	C2	Молекулярная физика. Термодинамика	2.1-2.2, 1.2.7, 1.3.6, 1.4.3, 1.4.8	7, 8	В	3	19
37	C3	Электростатика, постоянный ток, магнитное поле	3.1-3.3, 1.1.4, 1.1.7, 1.2.7, 1.4.3, 1.4.8	7, 8	В	3	19

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7	8
38	C4	Электромагнитная индукция, оптика	3.4-3.6, 1.2.7, 1.4.3, 1.4.8	7, 8	В	3	19
39	C5	Квантовая физика	5.1-5.3, 1.2.7, 1.4.3, 1.4.8, 3.1.5, 3.3.4	7, 8	В	3	19
40	C6	Комплексная задача	1.1-1.5, 2.1, 2.2, 3.1-3.6, 5.1-5.3	7, 8	В	3	21
<p>Всего заданий — 40, из них по типу заданий: А — 30, В — 4, С — 6; — по уровню сложности: Б — 24, П — 10, В — 6. Максимальный первичный балл за работу — 52. Общее время выполнения работы — 210 мин.</p>							

Справочные материалы

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

Число π	$\pi = 3,14$
Ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$
Газовая постоянная	$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
Коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$
Элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

Температура	$0 \text{ К} = -273,15^\circ\text{С}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность, кг/м³

воды	1000	алюминия	2700
древесины (сосна)	400	меди	8900
парафина	900	ртути	13600

Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)

воды	$4,2 \cdot 10^3$
алюминия	900
железа	640
меди	380
свинца	130

Удельная теплота, Дж/кг

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$

Нормальные условия: давление 10^5 Па, температура 0°C

Молярная масса, кг/моль

азота	$28 \cdot 10^{-3}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$	лития	$6 \cdot 10^{-3}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$	неона	$20 \cdot 10^{-3}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$

Учебно-методическое издание

**Одинцова Наталья Игоревна
Прояненкова Лидия Алексеевна**

ПОУРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПО ФИЗИКЕ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ

Издательство «ЭКЗАМЕН»

Гигиенический сертификат
№ 77.99.60.953.Д.013269.11.07 от 13.11.2007 г.

*Редактор Л.Д. Лаппо
Корректор Г.М. Морозова
Дизайн обложки И.Р. Захаркина
Компьютерная верстка А.Л. Бабабекова*

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 35, стр. 1.

www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;
по вопросам реализации: sale@examen.biz
тел./факс 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в соответствии с качеством диапозитивов,
предоставленных издательством
в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru

По вопросам реализации обращаться по тел.:
641-00-30 (многоканальный).

УВАЖАЕМЫЕ ПОКУПАТЕЛИ!

Книги издательства «ЭКЗАМЕН» можно приобрести
оптом и в розницу в следующих книоторговых организациях:

- Москва**
ТД «Библио-глобус» — Тел. (495) 928-43-51
ДК Медведково — Тел. (495) 476-16-90
ООО «Библиосфера» — Тел. (495) 670-52-17
«Молодая гвардия» — Тел. (495) 780-33-70
«Шаг к пятерке» — Тел. (495) 411-08-29
ГУП «Эдельвейс» — Тел. (495) 932-74-90
Сеть магазинов «Мир школьника»
- Архангельск**
АВФ-книга — Тел. (8182) 65-41-34
- Барнаул**
ООО «Летопись» — Тел. (3852) 33-60-70
- Благовещенск**
ЧП Калугин — Тел. (4162) 35-25-43
- Владивосток**
ОАО ПТДК — Тел. (4232) 63-73-18
- Волгоград**
ПБООЛ Гражданкин Н.Н. — Тел. (8442) 95-54-11
ООО «Кассандра» — Тел. (8442) 97-55-55
- Вологда**
Гросс — Тел. (8172) 72-17-43
- Воронеж**
ООО «Амитель» — Тел. (4732) 23-00-02
ООО «Риокса» — Тел. (4732) 21-08-66
- Екатеринбург**
ПО «Кримп» — Тел. (343) 369-29-25, 369-22-22
ООО «Фоллиант» — Тел. (3432) 74-45-33
ООО «Алис» — Тел. (3432) 55-10-06
- Ессентуки**
ЧП Зинченко — Тел. (87961) 5-11-28
- Ижевск**
ООО «УМК» — Тел. (3412) 78-35-04
- Иркутск**
«Продлитъ» — Тел. (3952) 24-17-77
«Антей книга» — Тел. (3952) 24-20-95
- Казань**
ООО «Аист-пресс» — Тел. (8432) 43-12-20
ООО «Тайс» — Тел. (8432) 72-34-55
- Киров**
«Книги детям» — Тел. (8332) 51-30-90
- Краснодар**
ООО «БукПрессо» — Тел. (8612) 62-55-48
ООО «Когорта» — Тел. (8612) 62-54-97
Перспективы образования — Тел. (8612) 54-25-67
- Красноярск**
ООО «Градъ» — Тел. (3912) 59-11-52
- Ленинск-Кузнецкий**
Кругозор — Тел. (38456) 3-30-97
- Мурманск**
ООО «Тезей» — Тел. (8152) 43-63-75
- Новосибирск**
ООО «Топ-книга» — Тел. (3832) 36-10-28
ООО «Модус-2» — Тел. (3832) 44-34-44
- Нижний Новгород**
«Учебная книга» — Тел. (8312) 46-38-66
Дирижабль — Тел. (8314) 33-68-82
- Оренбург**
«Фоллиант» — Тел. (3532) 77-46-92
- Пенза**
ООО «Апогей» — Тел. (8412) 49-31-21
- Пермь**
ООО «Тигр» — Тел. (3422) 45-24-37
- Петропавловск-Камчатский**
ЧП Кожан — Тел. (4152) 11-12-60
- Прокляевск**
Книжный дом — Тел. (38466) 2-02-95
- Псков**
ООО «Гелнос» — Тел. (8112) 44-09-89
- Пятигорск**
ПБООЛ Бердинкова — Тел. (87933) 3-05-86
ПБООЛ Борисковский — Тел. (87933) 9-02-53
- Ростов-на-Дону**
«Фазтон-пресс» — Тел. (8632) 65-61-64
«Магистр» — Тел. (8632) 99-98-96
- Рязань**
ТД «Просвещение» — Тел. (4912) 44-67-75
ООО «Барс» — Тел. (4912) 93-29-54
- Самара**
«Реал +» — Тел. (8462) 41-87-30
«Чакона» — Тел. (8462) 42-96-30
- Санкт-Петербург**
Дом Книга Сп-Б — Тел. (812) 449-28-74
ООО «Буквоед» — Тел. (812) 346-53-27
- Саратов**
Полиграфист — Тел. (8452) 29-43-96
ООО «Стрелец и К» — Тел. (8452) 52-25-24
«Гемера» — Тел. (8452) 64-37-37
- Смоленск**
ООО «Кругозор» — Тел. (4812) 65-86-65
ООО «Книжный мир» — Тел. (4812) 38-29-96
ООО «Эрудит» — Тел. (4812) 65-62-94
- Сыктывкар**
ООО «Коминанта +» — Тел. (8212) 24-37-36
- Тверь**
«Книжная лавка» — Тел. (4822) 33-93-03
- Тула**
«Галатей» — Тел. (4872) 35-60-87
«Система +» — Тел. (4872) 31-29-23
- Тюмень**
ООО «Друг» — Тел. (3452) 21-34-39
ООО «Знаиде» — Тел. (3452) 25-23-72
- Ульян-Удэ**
ООО «Полином» — Тел. (3012) 55-15-23
- Уфа**
ООО «Эдвис» — Тел. (3472) 82-89-65
- Хабаровск**
ООО «Мирс» — Тел. (4212) 39-49-60
- Челябинск**
ООО Интерсервис ЛТД — Тел. (3512) 21-34-53
- Череповец**
Питер Пэн — Тел. (8202) 28-20-08
- Чита**
ООО Генезис — Тел. (3022) 26-08-51
«Экслибрис» — Тел. (3022) 32-59-64
ЧП Гулин — Тел. (3022) 35-31-20
- Якутск**
ЧП Аксентук — Тел. (4112) 42-89-60
«Якутский книжный дом» — Тел. (4112) 34-10-12
- Ярославль**
Академия — Тел. (4852) 31-43-26

По вопросам прямых оптовых закупок обращайтесь
по тел. (495) 641-00-30 (многоканальный), sale@examen.biz

www.examen.biz

- Определение главных тем курса, вынесенных на экзамен
- Распределение часов на повторение той или иной темы
- Подробные разработки уроков повторения
- Обширный дидактический материал (материалы для тренировки, варианты заданий с разборами, разбор типичных ошибок)

Пособие содержит описание методики и уроков подготовки к ЕГЭ по физике.

Методика подготовки включает цели и этапы подготовки к ЕГЭ, три варианта планирования (в выпускном классе, в 9–11 классах, на элективном курсе) и методики формирования общих приемов повторения школьного курса физики. Даны подробные описания 40 уроков. Для каждого из них приведены цели, дидактические материалы, план урока с распределением времени по его этапам, описание деятельности учителя и учащихся на каждом этапе. Уроки описаны по всем разделам школьного курса физики.

Книга адресована учителям физики. Она будет полезна преподавателям подготовительных курсов, репетиторам, студентам и преподавателям педвузов.

ISBN 978-5-377-01339-6



9 785377 013396

Формирование общих приемов подготовки к ЕГЭ в разделе «Механика»

санными в таблице. Пользоваться этими методами вы учились при изучении раздела «Механика» в 9, 10 классах. Просмотрите содержание таблицы и, если требуется, задайте вопросы.

Учитель отвечает на вопросы учащихся.

Общий метод решения задач повышенного и высокого уровня

I. Установите, какому явлению соответствует ситуация задачи

1. Выделите в тексте задачи структурные элементы физического явления:
 - материальный объект, об изменении которого идет речь;
 - воздействующий объект;
 - условия взаимодействия;
 - результат взаимодействия.
2. Переведите слова текста на язык физической науки.
3. Сделайте вывод, о каком явлении идет речь в тексте задачи.

II. Постройте графическую модель явления с учетом условий задачи

1. Сделайте схематический рисунок, на котором изображены взаимодействующие объекты и условия взаимодействия.
2. Кратко запишите данные задачи.

III. Составьте уравнения, описывающие модель

1. Выберите физические законы и формулы-определения, описывающие модель.
2. Установите, входит ли искомая физическая величина в составленные уравнения, и если нет, добавьте недостающее уравнение.
3. Проверьте, равно ли число уравнений числу неизвестных величин в них, и если нет, добавьте необходимое число уравнений.

IV. Выведите из уравнений расчетную формулу

V. Рассчитайте значение искомой физической величины по формуле

Методы решения задач по механике

I. Распознавание явлений, которые соответствуют описанная в задаче ситуация

1. Выделите в условии движущиеся одно или несколько тел, с которыми происходят изменения, и их характеристики.
2. Выделите начальное состояние каждого тела и его характеристики.
3. Выделите последующие состояния тел и их характеристики.
4. Установите, какие воздействия привели к изменению состояния каждого тела на каждом участке движения.
5. Сделайте вывод о механическом явлении на каждом участке и подберите соответствующую модель.

Движение материальной точки (типовая задача №1: на второй закон Ньютона)	Движение тел, образующих замкнутую систему (типовая задача №3: на закон сохранения импульса)	Колебания пружинного и математического маятников (типовая задача №4: на расчет колебаний)	Равновесие тела с закрепленной осью вращения (типовая задача №5: на правило моментов)
1	2	3	4

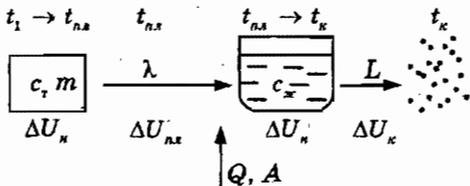
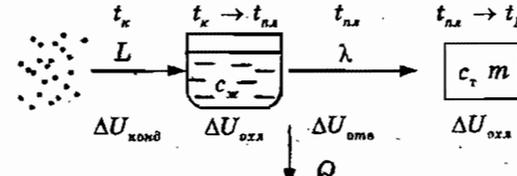
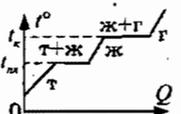
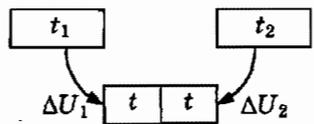
II. Построение графической модели явления с учетом условий

Метод № 1	Метод № 2	Метод № 3	Метод № 4	Метод № 5
<p>1. Примите движущееся тело за материальную точку.</p> <p>2. Выделите начальное положение тела и его характеристики. Изобразите.</p>	<p>1. Примите движущееся тело за материальную точку.</p> <p>2. Изобразите материальную точку в начальном состоянии.</p>	<p>1. Выделите взаимодействующие тела и их характеристики. Примите эти тела за материальные точки.</p> <p>2. Выберите тело отсчета.</p>	<p>1. Примите колеблющееся тело за материальную точку или маятник. Изобразите.</p> <p>2. Установите вид колебаний.</p>	<p>1. Выделите тело, которое может поворачиваться, и точку, вокруг которой возможен поворот. Изобразите.</p> <p>2. Выделите тела, действующие на поворачивающееся тело, и постройте силы воздействия.</p>

1	2	3	4	5
II. Построение графической модели явления с учетом условий				
<p>3. Выделите следующие положения тела и их характеристики. Изобразите.</p> <p>4. Выделите воздействующие тела и постройте силы воздействия.</p> <p>5. Выделите характеристики процесса изменения состояния материальной точки (\vec{v}, \vec{a}, A). Обозначьте на модели.</p>	<p>3. Изобразите материальную точку в конечном состоянии (последующих состояниях).</p> <p>4. Установите вид энергии материальной точки в каждом состоянии. Обозначьте на модели.</p>	<p>3. Установите направления движения тел до взаимодействия. Изобразите материальные точки и их характеристики (масса, скорость или импульс) до взаимодействия.</p> <p>4. Установите направления движения тел после взаимодействия. Изобразите материальные точки и их характеристики (масса, скорость или импульс) после взаимодействия.</p>	<p>3. Выделите положения колеблющегося тела и их характеристики. Изобразите.</p> <p>4. Выделите характеристики колебаний. Обозначьте.</p> <p>5. Выделите воздействующие тела и постройте силы воздействия.</p>	<p>3. Постройте плечи сил.</p> <p>4. Установите, какие силы вызывают вращение по часовой стрелке, а какие противоположное.</p>
III. Составление уравнений, описывающих модель				
<p>1. Составьте уравнение, связывающее изменение состояния и воздействие: а) выберите в качестве основного один из законов:</p>	<p>1. Составьте уравнение закона сохранения энергии для начального и конечного состояний: а) запишите выражение для</p>	<p>1. Составьте уравнение закона сохранения импульса для начального и конечного состояний: а) запишите выражение для суммарного импульса системы</p>	<p>1. Составьте уравнения, описывающие связи между выделенными характеристиками.</p>	<p>1. Составьте правило моментов для построенной модели: а) составьте выражение для момента сил, вращающих тело по часовой стрелке ($M_{\text{ср}} = \dots$);</p>

$\vec{R} = m\vec{a},$ $A = E_{k2} - E_{k1}$ $(A_{\text{тр}} = E_1 - E_2),$ $\vec{F}t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1;$ <p>б) на основе закона составьте уравнение для описанной ситуации.</p>	<p>полной механической энергии материальной точки в начальном состоянии ($E_1 = \dots$);</p> <p>б) запишите выражение для полной механической энергии материальной точки в конечном состоянии ($E_2 = \dots$);</p> <p>в) приравняйте полученные выражения ($E_1 = E_2$).</p>	<p>тел до взаимодействия ($\vec{p} = \dots$);</p> <p>б) запишите выражение для суммарного импульса после взаимодействия ($\vec{p}' = \dots$);</p> <p>в) приравняйте выражения ($\vec{p} = \vec{p}'$);</p> <p>г) выделите внешние тела, действующие на систему, и установите направление, вдоль которого систему можно считать замкнутой; изобразите координатную ось;</p> <p>д) запишите уравнение в проекциях на выбранную ось.</p>		<p>б) составьте выражение для момента сил, вращающих тело против часовой стрелки ($M_{\text{против}} = \dots$);</p> <p>в) подставьте выражения в условие равновесия ($M_{\text{по}} = M_{\text{против}}$).</p>
<p>2. Установите, входит ли искомая величина в составленные уравнения, и если нет, добавьте недостающее уравнение.</p>				
<p>3. Проверьте, равно ли число уравнений числу неизвестных величин в них, и если нет, добавьте необходимое число уравнений</p>				
<p style="text-align: center;"><i>Далее по общему плану: вывод расчетной формулы, расчет, запись ответа</i></p>				

Система знаний по теме «Агрегатные превращения вещества»

Явление	Графическая модель	Законы
<p>Нагревание и охлаждение тел, изменение их агрегатного состояния при теплопередаче и совершении работы</p>	<p>нагревание тв. тела нагревание жидкости кипение</p> <p>$t_1 \rightarrow t_{н.л.}$ $t_{н.л.}$ $t_{н.л.} \rightarrow t_к$ $t_к$</p>  <p>конденсация жидкости охлаждение кристаллизиция охлаждение жидкости кристаллизация тв. тела</p> <p>$t_к$ $t_к \rightarrow t_{н.л.}$ $t_{н.л.}$ $t_{н.л.} \rightarrow t_l$</p> 	<p>$\Delta U = \eta(Q + A)$ $Q = qm$ $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots$ $\Delta U_n = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_{пл} = \lambda m$ $\Delta U_k = Lm$</p>  <p>$\Delta U = Q$ $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots$ $\Delta U_{охл} = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_{отв} = -\lambda m$ $\Delta U_{конд} = -Lm$</p>
<p>Нагревание и охлаждение, изменение агрегатного состояния при теплопередаче между телами теплоизолированной системы (теплообмен в теплоизолированной системе)</p>	<p>m_1, c_1, λ_1, L_1 m_2, c_2, λ_1, L_1</p> 	<p>$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ $\Delta U_n = cm(t_2 - t_1)$ $\Delta U_k = \pm Lm$ $\Delta U_{пл} = \pm \lambda m$</p>

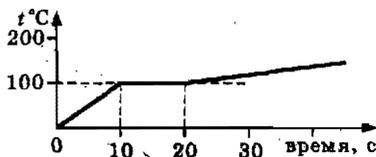


Проверка умения подбирать опорные знания

Выпишите формулировки и формулы, которые необходимо применить при выполнении следующих заданий. В ходе работы используйте таблицу «Система знаний...».

Вариант 1

A1. По графику зависимости температуры тела от времени определите удельную теплоту плавления вещества тела. Масса нагреваемого образца 2 кг. К нему подводится за 1 секунду количество теплоты 10 кДж.



- 1) 10 кДж/кг 2) 25 кДж/кг 3) 50 кДж/кг 4) 100 кДж/кг

A2. Как изменяется температура вещества от начала процесса кристаллизации до его окончания?

- 1) понижается
- 2) остается неизменной
- 3) повышается
- 4) у одних веществ повышается, у других — понижается

A3. Как отличается внутренняя энергия 2 кг водяного пара при температуре 100 °С от внутренней энергии 2 кг воды при этой же температуре? Удельная теплота парообразования воды $r = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.

- 1) энергия пара меньше на $2,3 \cdot 10^6$ Дж
- 2) энергия пара больше на $2,3 \cdot 10^6$ Дж
- 3) энергия пара меньше на $4,6 \cdot 10^6$ Дж
- 4) энергия пара больше на $4,6 \cdot 10^6$ Дж

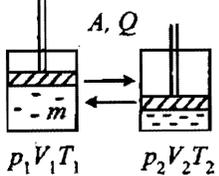
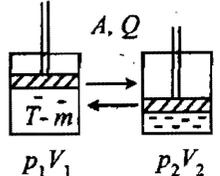
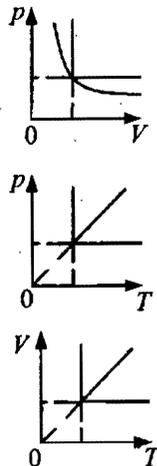
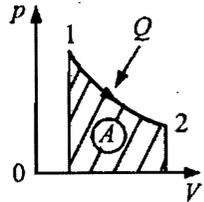
A4. Какое количество теплоты потребуется для обращения в пар 0,5 кг воды, взятой при температуре 20 °С? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кгК, удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.

- 1) $1,3 \cdot 10^6$ Дж 2) $0,6 \cdot 10^6$ Дж 3) 2 кДж 4) 2 МДж

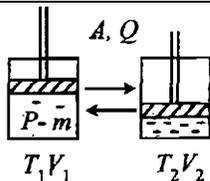
A5. В калориметре смешали 0,4 м³ воды, имеющей температуру 20 °С, и 0,1 м³ воды, имеющей температуру 70 °С. Какая температура воды установится при достижении теплового равновесия?

- 1) 26 °С 2) 30 °С 3) 40 °С 4) 51 °С

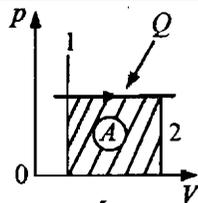
Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика»

Явление	Графическая модель	Закон
<p>1. Нагревание (охлаждение) и/или расширение (сжатие) идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы в изопроцессах:</p> <p>• изотермическом</p>	 	<p>$\Delta U = Q - A_2$, $pV = \nu RT$ $U = \frac{3}{2} \nu RT$ $U = N \bar{E}_k$ $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k, \bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$ (одноатомный) $A_{\text{газа}} = -A_{\text{внеш}}$</p> <p>$Q = A_{\text{газа}} (\Delta U = 0)$</p>  

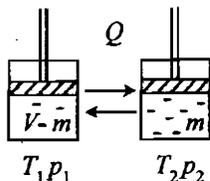
• изобарном



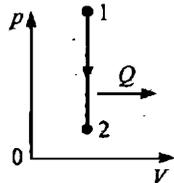
$$\Delta U = Q - p(V_2 - V_1)$$



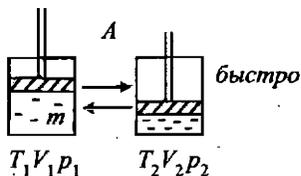
• изохорном



$$\Delta U = Q \quad (A = 0)$$

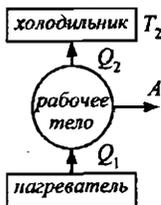


• адиабатном



$$\Delta U = -A_{\text{зага}} \quad (Q = 0)$$

2. Изменение состояния идеального газа по замкнутому циклу



$$\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$A = Q_1 - Q_2$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1} \quad \text{— цикл Карно}$$

Методы решения задач по молекулярной физике и термодинамике

I. Распознавание явлений, которым соответствует описанная в задаче ситуация

1. Выделите тела, с которыми происходят изменения.
2. Выделите начальные состояния тел.
3. Выделите последующие состояния тел.
4. Установите, какие воздействия привели к изменению состояния каждого тела.
5. Сделайте вывод о тепловом явлении и подберите соответствующую модель.

Нагревание (охлаждение), расширение (сжатие) идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы в изопроцессах		Изменение состояния идеального газа по замкнутому циклу	Изменение агрегатного состояния, нагревание (охлаждение) тел,	Теплообмен в теплоизолированной системе
(типовая задача №1: на уравнение состояния)	(типовая задача №2: на первый закон термодинамики)	(типовая задача №3: на расчет КПД тепловых двигателей)	(типовая задача №4: на расчет количества теплоты)	(типовая задача №5: на уравнение теплового баланса)
1	2	3	4	5

II. Построение графической модели явления с учетом условий

Метод № 1	Метод № 2	Метод № 3	Метод № 4	Метод № 5
<p>1. Выделите газ, состояние которого описано в задаче, и его характеристики.</p> <p>2. Выделите начальное состояние газа и его характеристики. Изобразите.</p> <p>3. Выделите последующие состояния газа и их характеристики. Изобразите.</p>	<p>1. Выделите начальное и конечное состояния газа и установите изопроцесс перехода.</p> <p>2. Выделите характеристики начального состояния газа. Обозначьте их.</p> <p>3. Выделите характеристики конечного состояния газа. Обозначьте.</p>	<p>1. Выделите изопроцессы, составляющие цикл.</p> <p>2. Для каждого процесса:</p> <p>а) сравните начальную и конечную температуру газа и сделайте вывод об изменении его внутренней энергии; обозначьте эти изменения;</p>	<p>1. Выделите тела, внутренняя энергия которых изменяется, и их характеристики.</p> <p>2. Выделите начальное состояние каждого тела и его характеристики. Изобразите.</p>	<p>1. Выделите тела, между которыми осуществляется теплообмен, и их характеристики в начальном состоянии.</p> <p>2. Выделите конечное состояние тел и его характеристики. Изобразите.</p>

		<p>б) сравните начальный и конечный объем газа и сделайте вывод о знаке совершенной газом работы; обозначьте;</p> <p>в) установите, происходил ли теплообмен, получил или отдал газ энергию в результате теплообмена и соответственно знак количества теплоты; обозначьте.</p>	<p>3. Выделите конечное состояние каждого тела и его характеристики. Изобразите.</p> <p>4. Установите агрегатные превращения вещества при переходе из начального состояния в конечное для каждого тела. Изобразите промежуточные состояния и их характеристики.</p> <p>5. Установите воздействия, приведшие к изменению состояния тел и их характеристики. Обозначьте.</p>	<p>3. Установите для каждого тела агрегатные превращения вещества при переходе из начального состояния в конечное. Изобразите промежуточные состояния и их характеристики.</p> <p>4. Обозначьте изменение внутренней энергии каждого тела в каждом процессе или внутреннюю энергию каждого газа в каждом состоянии.</p>
--	--	--	--	---

III. Составление системы уравнений, описывающих модель явления

<p>1. Составьте уравнение Менделеева-Клапейрона для каждого состояния.</p>	<p>1. Запишите первый закон термодинамики для изопроцесса.</p>	<p>1. Составьте уравнение расчета КПД цикла:</p> <p>а) Составьте выражение для работы газа за цикл.</p> <p>б) Составьте выражение для полученного за цикл количества теплоты</p>	<p>1. Составьте уравнение первого начала термодинамики:</p> <p>а) запишите первый закон термодинамики с учетом всех тел и воздействий ();</p>	<p>1. Составьте уравнение теплового баланса для построенной модели теплообмена.</p>
--	--	--	---	---