



Е. Б. Петрова М. Ю. Королев

ФИЗИКА

ПОУРОЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

10 класс

Учебное пособие
для общеобразовательных
организаций

Москва
«Просвещение»
2017

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22
ПЗ0

16+

Петрова Е. Б.
ПЗ0 **Физика. Поурочные разработки. 10 класс : учеб. пособие для общеобразоват. организаций / Е. Б. Петрова, М. Ю. Королев. — М. : Просвещение, 2017. — 238 с. — ISBN 978-5-09-034437-1.**

Пособие представляет собой методику построения учебного процесса и организации деятельности учителя и учащихся на уроках физики, разработанную в соответствии с требованиями ФГОС по реализации системно-деятельностного подхода.

Методика построена на возвращении ведущей роли эксперимента в преподавании физики и на повышении роли самостоятельной работы учащихся, в том числе исследовательской и проектной.

В книге приводится широкий набор методических средств: экспериментальные задачи, новые варианты изложения теории, различные опыты и демонстрации.

Пособие призвано помочь учителю в организации учебного процесса на уроках физики в 10 классе при преподавании по учебнику физики под редакцией А. А. Пинского и О. Ф. Кабардина.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

ISBN 978-5-09-034437-1

© Издательство «Просвещение», 2017
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2017
Все права защищены

Предисловие

Пособие представляет собой методику построения учебного процесса в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) при использовании переработанного учебника физики под редакцией А. А. Пинского и О. Ф. Кабардина.

Цель данного пособия — оказание помощи учителям в подготовке к проведению уроков. В пособии представлены лишь примерные модели уроков, которые каждый учитель может адаптировать к конкретным условиям школы с учётом особенностей отдельных учащихся и класса в целом.

Авторы попытались отразить в пособии некоторые моменты, которые, как правило, отсутствуют в структуре урока, но являются необходимыми, так как учащиеся помимо усвоения классических знаний должны получать информацию о достижениях современной науки, не только усваивать теоретические знания, но и уметь применять их на практике, в житейских ситуациях.

Более интересным и полезным для учителя материалом, как нам кажется, являются методические идеи для организации самостоятельной работы учащихся: написание рефератов, выполнение ученических исследовательских проектов и т. п. В книге представлены наиболее интересные идеи. Некоторые из них являются собственными разработками авторов, другие — результатом анализа и обобщения материалов, опубликованных учителями и преподавателями в методических журналах последних лет.

В книге использованы следующие условные обозначения:

— **У10**: Физика: 10 кл.: учеб. для общеобразоват. организаций: углублённый уровень / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Э. Е. Эвенчик и др.; под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. — М.: Просвещение, 2017. — 416 с.

— **З**: Баканина Л. П. Физика. Задачник. 10—11 классы: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений: профильный уровень / Л. П. Баканина, В. Е. Белонучкин, С. М. Козел; под ред. С. М. Козела. — М.: Просвещение, 2011. — 270 с.

— **ФП**: Физический практикум для классов с углублённым изучением физики: 10—11 кл. / Ю. И. Дик, О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов и др.; под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. — М.: Просвещение, 2002. — 157 с.

— **УО**: Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Ю. И. Дик, Ю. С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров и др.; под ред. Г. Г. Никифорова. — М.: Дрофа, 2005. — 396 с.

— **ДЭ1**: Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: пособие для учителя / под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1978. — Ч. 1. — 351 с.

Помимо перечисленных учебных пособий в тексте будут упомянуты книги и статьи, знакомство с которыми может быть полезным при разработке конкретных уроков.

Авторы выражают огромную благодарность профессору Л. В. Королёвой за ценные советы, предложения и постоянный интерес к работе над пособием.

Введение

Основной задачей учителя является пробуждение интереса учащихся к изучаемому предмету. Однако поддерживать этот интерес длительное время не так-то просто. Интерес, который возникает у учащихся в конкретной ситуации, при демонстрации эффектного опыта или в процессе рассказа о занимательном случае из истории физики, о необычном проявлении или применении явления, довольно быстро проходит. Он должен быть поддержан учителем и переведён на следующую ступень, когда у ученика должно появиться желание получать прочные знания и умения применять их на практике.

Активизировать познавательную деятельность учащихся можно различными способами: с помощью эксперимента, решения различных задач, проверки усвоения теоретического материала и т. д.

Наиболее эффективным и интересным для учащихся педагогическим приёмом являются домашние экспериментальные задачи. Решение таких задач способствует осознанному изучению курса, помогает воспитанию самостоятельности и находчивости, развивает индивидуальные творческие способности, мыслительную деятельность, интерес к предмету.

Ещё сравнительно недавно домашние опыты проводились, как правило, с использованием подручных средств, но развитие новых технологий, в частности датчиковых систем, доступных для учащихся программных средств, довольно сильно изменило техническую оснащённость этих экспериментов. Однако осталось главное: в процессе проведения домашних экспериментов по-прежнему необходимо самостоятельно планировать опыты, подбирать оборудование, обрабатывать полученные результаты. Всё это способствует формированию умения познавать окружающие явления, рассматривая их в новой ситуации.

Известно, что прочность знаний учащихся находится в прямой зависимости от их интереса к предмету. Поэтому учителю следует находить возможности поддерживать этот интерес. Двумя основными факторами, влияющими на поддержание интереса учащихся к изучению дисциплины, являются содержание учебного материала и организация учебной деятельности.

Существенным дополнением к содержанию учебника может стать новый для учащихся материал, который, например, широко обсуждается в СМИ: сведения о новых достижениях науки, присуждении престижных премий и т. п. Однако часто по этим сообщениям довольно трудно понять суть явлений и эффектов. Роль учителя в доступном и достоверном изложении такого материала чрезвычайно велика.

Интерес для учащихся представляет демонстрация практической значимости и необходимости знаний, т. е. связи между содержанием рассматриваемого материала и его ценностью для жизни, практики.

Перечислим основные идеи, на которых авторы хотели бы акцентировать внимание учителей, преподающих курс физики на углублённом уровне.

1. В основной школе учащиеся получили первоначальные знания о явлениях и их законах. В 10—11 классах эти знания должны быть дополнены и углублены, а самое главное, должны принять вид стройной системы. Для того чтобы выстроить эту систему, необходимо познакомить учащихся с методологией научного знания, с основными терминами, которыми она оперирует. Поэтому несколько первых уроков в 10 классе целесообразно посвятить знакомству с **методами научного познания и физической картиной мира**. Довольно часто в школьной практике эти параграфы относятся на самостоятельное изучение, в результате чего этот материал усваивается поверхностно. Сами учащиеся не могут в полной мере осознать значение метода познания, поэтому мы считаем, что эти уроки должны носить установочный характер. Здесь учитель должен убедительно показать учащимся значение научного метода познания не только для физики, но и для науки в целом. Именно здесь уместна демонстрация ряда красивых и ярких физических экспериментов, иллюстрирующих утверждения учителя. Самое главное, полученная информация должна постоянно использоваться и учителем, и учащимися в процессе усвоения курса физики.

2. Довольно часто авторов учебников физики упрекают в том, что дисциплина излагается на уровне середины прошлого века и мало отражены **вопросы современной физики**. С этим трудно не согласиться. Поэтому мы включили в пособие информацию о некоторых достижениях современной науки, которую можно использовать при проведении уроков.

3. Познавательная направленность учащихся носит избирательный характер. Как правило, заинтересовать учащихся могут те понятия, предметы или явления, которые представляются им важными, имеющими **практическое значение**. Поэтому в рекомендации к урокам мы постарались внести те элементы знания, которые могли бы привлечь внимание учащихся, стимулировать к более глубокому изучению физики.

4. Целесообразно регулярное проведение **демонстрационных**, по возможности эффективных, **экспериментов**.

В книге приведены ссылки на статьи, опубликованные в различных методических журналах, которые, к сожалению, не пользуются большой популярностью у учителей. А как раз там в последнее время публикуется довольно много интересных методических материалов, особенно касающихся учебного эксперимента.

Использование новых технологий позволяет теперь демонстрировать различные эффекты, визуализация которых ранее была невозможна или затруднительна. Появились новые «классики» в этой области, работы которых представляют огромный интерес для учителей физики в плане методики и техники осуществления демонстрационного эксперимента.

Тематическое планирование изучения учебного материала 10 класс

Номера уроков	Тема курса	Лаб. работы	Контр. работы	Кол-во часов
1—5	Введение Физика: познание мира и новые технологии			5
	Методы научного познания и физическая картина мира			5
6–63	МЕХАНИКА	12	4	58
7–17	Кинематика	2	1	12
18–35	Динамика	1	1	18
36–49	Законы сохранения в механике	1	1	14
50–55	Механические колебания и волны		1	6
56–63	Физический практикум	8		8
64–102	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	5	2	39
64–86	Основы молекулярно-кинетической теории	2	1	23
87–100	Основы термодинамики	1	1	14
101–102	Физический практикум	2		2
103–161	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	12	6	59
103–118	Электростатика	1	2	2
119–129	Постоянный электрический ток	3	1	11
130–138	Электрический ток в различных средах	1	1	9
139–156	Магнитные явления	2	2	17
157–161	Физический практикум	5		5
	Резерв			10
	Всего часов за 10 класс			171
	Экскурсии (внеурочное время)			4

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА (5 ч)

Урок 1. ФИЗИКА — ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА О ПРИРОДЕ. НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА. РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТА И ТЕОРИИ В ПРОЦЕССЕ ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ. РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В ФИЗИКЕ

Задачи урока	Познакомить учащихся с методом научного познания, его этапами, проиллюстрировать примерами
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 1. Эксперимент и теория в процессе познания природы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о методах научного познания, уметь интерпретировать результаты наблюдений или опытов Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, составлять конспект лекции Сформировать научное мировоззрение и уважение к науке
Основные виды деятельности учащихся	Участвовать в обсуждении роли физики в развитии научного мировоззрения, логически обосновывать свою точку зрения, воспринимать и анализировать мнения собеседников, признавая право другого человека на иное мнение. Приводить примеры исторических опытов и экспериментов, сыгравших значительную роль в обосновании теорий. Называть учёных — авторов исторических физических экспериментов. Перечислять науки, с которыми физика имеет тесную связь. Приводить примеры влияния открытий в физике на прогресс в технике и технологии производства, а также в развитии других естественных наук

Очень важно на данном уроке обсудить проблему значения науки для человечества, цели и задачи науки, которые в последнее время стали меняться.

Довольно часто в средствах массовой информации (СМИ) высказывается мнение о том, «что наука и техника не оправдали возлагавшихся на них надежд и что теперь человечеству следует отказаться от науки, которую они приравнивали к технике, и искать какой-то иной путь к лучшей жизни» (Хэндлер Ф. Зачем нам нужна наука // Химия и жизнь. — 1974. — № 8).

В качестве альтернативной точки зрения полезно привести высказывание сэра Брайана Флауэrsa: «Наука, подобно искусству, даёт выражение самым глубоким чаяниям человеческого духа и тем самым обогащает нашу жизнь. Она вносит глубокие изменения в наше представление об окружающем мире и нашем месте в нём».

Последняя часть фразы, на наш взгляд, является наиболее важной: именно помочь человеку найти своё место в окружающем мире — вот задача современной науки. В качестве домашнего чтения и материала для размышления учащимся можно предложить книги:

Лайтман М. Вавилонская башня. Последний ярус / М. Лайтман, Э. Ласло. — М.: НФ «Институт перспективных исследований» (URSS), 2011. — 240 с.

Морен Э. К пропасти? / Э. Морен. — СПб.: Алетей, 2011. — 136 с.

Необходимо сформировать у учащихся активную позицию по отношению к окружающей действительности, отношению человека к природе, которая в том числе должна заключаться в неприятии варварского расхищения ресурсов планеты, загрязнения человечеством места своего собственного обитания, безразличия к истории и собственным традициям.

После этого небольшого вступления можно перейти к усвоению учащимися метода научного познания, что сделает процесс обучения более осмысленным. Поэтому несколько первых уроков следует посвятить подробному рассказу о том, как этот метод развивался, познакомить учащихся с его основателями (здесь не обойтись без исторических фактов и примеров), а также с некоторыми историческими опытами, иллюстрирующими суть метода познания и его преимущества.

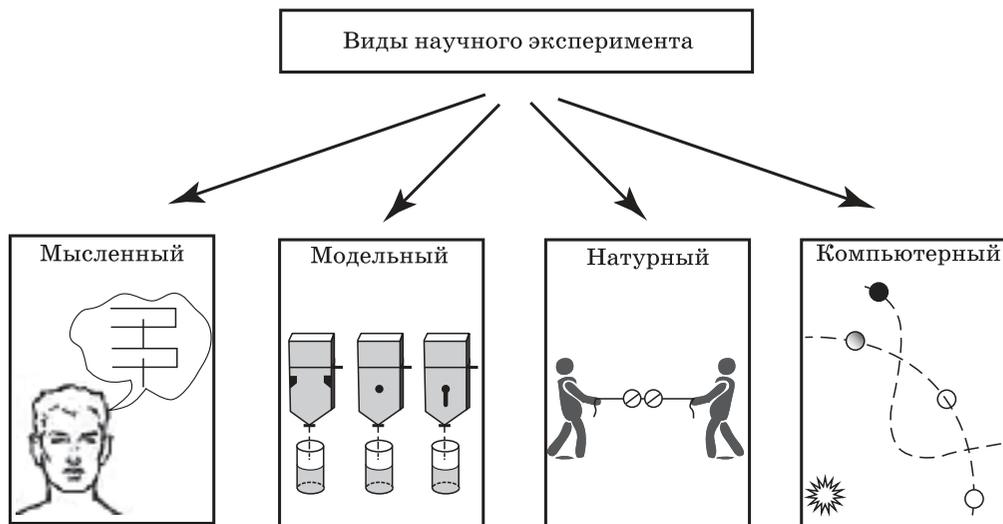


Рис. 1

На данном уроке следует показать значение эксперимента для становления физики как науки (составить схему, рис. 1), показать, как соотносятся эксперимент и теория (привести конкретные примеры).

Следует дать определения таких терминов, как наблюдение, опыт, эксперимент, гипотеза (показать на примерах возможные пути её развития), теория, и обсудить различия между ними, а также можно составить глоссарий.

Рассказать о работах Г. Галилея и их значении. Акцентировать внимание учащихся на том, почему именно Галилея считают основателем физики (использовал математику для количественного описания физических явлений; показал, что для установления предсказанных закономерностей необходимо проведение специальных экспериментов; был изобретателем ряда приборов, таких, как часы и термометр).

Для большей наглядности изложение можно сопроводить презентацией.

Домашнее задание. У10, § 1; подготовить эссе о какой-либо физической теории (темы могут быть предложены учителем или выбраны учениками самостоятельно).

Литература для учителя

1. Разумовский В. Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В. Г. Разумовский, В. В. Майер. — М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2007. — 463 с.

2. Разумовский В. Г. ФГОС и изучение физики в школе / В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Е. И. Вараксина. — М.; СПб.: Нестор-История, 2014. — 208 с.

Урок 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ ПРИРОДЫ

Задачи урока	Познакомить учащихся с методом моделирования как универсальным методом естествознания, дать представление о различных видах моделей
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 2. Моделирование явлений и объектов природы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о методах научного познания, различать основные признаки изученных физических моделей Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, составлять конспект лекции Сформировать научное мировоззрение и уважение к науке
Основные виды деятельности учащихся	Предлагать модели физических явлений. Указывать границы применимости этих моделей. Описывать методы исследований. Находить информацию о них в дополнительной литературе и Интернете. Участвовать в обсуждении достоверности этой информации

Перед началом более серьёзного изучения курса физики следует познакомить учащихся с азами **метода моделирования** явлений и объектов природы. Это необходимо по ряду причин.

Во-первых, потому, что метод моделирования позволяет выполнить требования ФГОС о реализации деятельностного подхода в обучении.

Во-вторых, потому, что научное знание имеет деятельностную природу, обуславливающую деятельностный подход в обучении как один из важнейших факторов, влияющих на построение методической системы обучения. Вместо того чтобы сообщать учащимся «готовые знания» с помощью традиционных форм и методов обучения, необходимо создать условия для моделирования ситуаций научного поиска. Процесс обучения следует приблизить к логике научных исследований. Необходимо обучить школьников обобщённым методам познания окружающего мира, одним из которых является метод моделирования.

Приведём краткий план беседы, которая может быть проведена на уроке.

Прежде всего следует пояснить, что понимается под моделированием, объяснить необходимость его использования.

Под методом моделирования подразумевается изучение объекта (оригинала) путём создания и исследования его копии (модели), сохраняющей некоторые важные для данного исследования черты, с целью получения новой информации об объекте. Использование метода моделирования, как правило, облегчает изучение имеющихся в реальном устройстве (процессе и т. п.) свойств и закономерностей.

Метод моделирования следует особо выделить среди множества научных методов исследования как метод, широко применяемый в настоящее время во всех научных областях. Моделирование как метод научного познания, «рождённый» естествознанием и опирающийся на современный математический аппарат, даёт существенный вклад в развитие современной науки.

Далее можно рассмотреть различные виды моделей: эвристические, физические, математические, натурные и т. д.

Следует отметить, что в **классической физике** научное познание обычно начиналось с наблюдения природных явлений или проведения опытов. Результаты систематизировались и обобщались. Затем выдвигалась определённая гипотеза, которая изучалась и проверялась. На основе гипотезы могла быть построена новая теория, которая постоянно подвергалась проверке на соответствие её предсказаний результатам наблюдений и экспериментов.

В **современной физике** без метода моделирования практически невозможно построить новую теорию, провести сложный эксперимент, изучить необычное явление и т. д. В современной науке (физике, космологии) процесс познания начинается часто с некоторой теоретической модельной гипотезы, на основе которой строится теория.

Все современные разделы физики посвящены построению и исследованию математических моделей различных физических объектов и явлений. Уже на первом этапе изучения сложного объекта или явления приходится строить их модели, позволяющие исследовать разные стороны данного объекта (явления), его особенности, законы функционирования и разви-

тия. Отличительной чертой исследования практических задач с помощью математических моделей является то, что в этом случае эксперимент проводится с моделью, а не с реальным объектом. Главное в моделировании — не допустить создания слишком сложных (что нередко возникает в квантовой физике, статистической физике, физике твёрдого тела, физике элементарных частиц) или слишком упрощённых моделей.

Значительные успехи биологии и химии в последнее время также связаны с разработкой и исследованием математических моделей для биологических систем и химических процессов; создаются математические модели в экологии, геологии, медицине, экономике.

Проблема обучения методу моделирования является одной из важнейших в современном учебном процессе.

Разнообразные типы моделей и виды моделирования находят применение во всех естественных науках. Данный метод позволяет:

- понять структуру различных объектов;
- научиться прогнозировать последствия воздействия на объекты исследования и управлять ими;
- установить причинно-следственные связи между явлениями.

Важная познавательная функция моделирования состоит в том, чтобы служить источником новых теорий. Нередко бывает так, что теория первоначально возникает в виде модели, дающей приближённое, упрощённое объяснение явления, и выступает как первичная рабочая гипотеза, которая может перерасти в предшественницу развитой теории. При этом в процессе моделирования возникают новые идеи и планы эксперимента, происходит открытие ранее неизвестных фактов. Такое «переплетение» теоретического и экспериментального моделирования особенно характерно для развития физических теорий.

Метод моделирования необходим:

- для развития умственных способностей;
- для более глубокого понимания содержания физики и других естественно-научных дисциплин — астрофизики, биологии, химии и т. д.;
- для формирования умения ориентироваться в потоке поступающей научной информации.

Метод моделирования как общенаучный метод исследования следует рассматривать в качестве системообразующей, стержневой идеи, объединяющей все естественно-научные дисциплины, которая способствует:

- интеграции естественно-научных знаний;
- усвоению методологии научного познания;
- формированию теоретического мышления как основы интеллектуального развития.

Метод моделирования, способствуя формированию теоретического мышления, является средством активизации мыслительной деятельности учащихся и развития таких мыслительных операций, как анализ, синтез, обобщение и конкретизация. Использование моделей позволяет формировать логическое мышление учащихся и помогает усваивать учебный материал, так как обеспечивает возможность изучать свойства объекта в идеальных условиях.

В дальнейшем при изложении материала необходимо каждый раз акцентировать внимание учащихся на моделях, которые используются при описании изучаемых явлений. Это может быть материальная точка, точечный электрический заряд и т. п. На примере материальной точки следует продемонстрировать, что любая модель имеет границы применимости, и в процессе преподавания всегда обращать на это внимание учащихся.

Демонстрации. Следует продемонстрировать учащимся различные материальные модели, имеющиеся в кабинете физики, например глобус как модель Земли, модель Солнечной системы, модель двигателя внутреннего сгорания. На этих примерах нужно показать, что модель может быть статичной и функционирующей.

Домашнее задание. У10, § 2; посмотреть фильм «От уравнения Ньютона к тайне «Бермудского треугольника», в котором научный сотрудник института теплофизики экстремальных состояний Объединённого Института высоких температур РАН Владимир Стегайлов рассказывает о том, как изучение веществ может неожиданно помочь понять самые таинственные и ранее не получившие объяснения явления природы (<http://scientificrussia.ru/lectures/ot-uravneniya-nyutona-k-tajne-bermudskogo-treugolnika>).

В тетради записать: 1) какие модели упоминаются учёным; 2) каковы границы применимости моделей, которые используются для описания веществ; 3) что дало учёным использование компьютеров.

Тема для сообщения. 3D-печать — способ быстрого создания моделей.

Пояснение. Необходимо рассмотреть схемы работы устройств, называемых 3D-принтерами (в англоязычной литературе фабберами), и применяемые технологии — струйные и лазерные. Поскольку тема сообщения обширна, в работе над ним может быть задействовано несколько учащихся класса, каждый может рассказать о какой-нибудь одной технологии.

Урок 3. НАУЧНЫЕ ГИПОТЕЗЫ

Задачи урока	Дать представление о понятии «научная гипотеза», рассказать о необходимости критического отношения к научной информации, освещаемой в СМИ
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 3. Научные гипотезы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Понимать смысл физических терминов, использованных в тексте, применять информацию из текста при решении учебно-познавательных и учебно-практических задач
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Приводить примеры физических явлений. Высказывать гипотезы для объяснения наблюдаемых явлений. Распознавать явление по его определению, описанию, характерным признакам. Участвовать во фронтальной беседе. Составлять конспект лекции

Рассмотрение понятия «научная гипотеза» чрезвычайно важно в настоящее время, так как и в Интернете, и в СМИ обсуждаются подчас фантастические гипотезы, которые даже на первый взгляд являются несостоятельными. Одним из важных результатов изучения физики должно стать формирование у учащихся умения отличать научные гипотезы от околонаучных домыслов.

Любая научная гипотеза начинается с познавательного вопроса. Вопрос выражает потребность познания, т. е. процесс перехода от незнания к знанию. Вопрос возникает тогда, когда для ответа на него уже имеются некоторые факты, вспомогательные теории или гипотезы и др. В этом смысле научная гипотеза выполняет роль связующего звена между знанием и незнанием.

Для того чтобы быть **научной**, гипотеза должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Научная гипотеза должна быть проверяемой (хотя бы в принципе), т. е. следствия, выведенные из неё путём логической дедукции, должны поддаваться опытной проверке и соответствовать (или удовлетворять) результатам опытов, наблюдений, имеющемуся фактическому материалу и т. д. Отсюда — тенденция науки придавать научной гипотезе точную логическую (математическую) формулировку, обеспечивающую включение гипотезы в качестве общего принципа в дедуктивную систему с последующим сравнением результатов дедукции с результатами наблюдений и экспериментов.

2. Научная гипотеза должна обладать достаточной общностью и предсказательной силой, т. е. объяснять не только те явления, из рассмотрения которых она возникла, но и все связанные с ними явления. Кроме того, она должна служить основой для вывода заключений о неизвестных ещё явлениях (свойство, характерное, в частности, для так называемых математических гипотез).

3. Научная гипотеза не должна быть логически противоречивой. Из противоречивой гипотезы по правилам логики можно вывести любые следствия, поэтому она заведомо лишена познавательной ценности.

Следует различать **научные** гипотезы и **рабочие** гипотезы, не претендующие на отображение «действительного положения вещей».

Рабочие гипотезы часто используются как промежуточное звено в научных построениях благодаря их дидактической ценности.

Иначе **гипотеза** может быть определена как форма развития знаний, представляющая собой обоснованное предположение, выдвигаемое с целью выяснения свойств и причин исследуемых явлений.

Как правило, гипотеза высказывается на основе ряда подтверждающих её наблюдений (примеров) и поэтому выглядит правдоподобно. Гипотезу впоследствии или доказывают, превращая её в установленный факт (например, теорию), или же опровергают (указывая контрпример), переводя в разряд ложных утверждений.

Существуют гипотезы, которые являются и недоказанными, и непровергнутыми. Они называются открытыми проблемами. В качестве примера можно привести теорему Ферма, которая в течение трёхсот лет была открытой проблемой и только в 1995 г. была доказана Эндрю Уайлсом.

На этом уроке следует подробно разобрать хотя бы один из примеров гипотез, приведённых в § 3 учебника, например гипотезу Ньютона о существовании сил всемирного тяготения.

Домашнее задание. У10, § 3.

Идеи для исследований и проектов

1. Предложите учащимся самостоятельно найти одну из гипотез в СМИ и кратко изложить её в тетради.

Пояснение. Обратите внимание учащихся на то, что информация в Интернете не всегда может быть достоверной, поэтому следует использовать сайты, которые заслуживают доверия. Для выполнения задания можно использовать сайт журнала «В мире науки» <http://www.sciam.ru/> (например, LECTORIUM), популярный сайт о фундаментальной науке www.elementy.ru и т. п.

Несколько тем предложите для примера.

2. Вы можете отыскать сами или предложить учащимся найти статьи в СМИ, которые несут в себе сомнительные предположения, и предложить объяснить, почему они не внушают доверия.

В качестве примера можно привести отрывок из статьи «На Луну можно будет добраться на самолёте» Святослава Тарасенко (рис. 2) в газете «Metro» от 03.03.2012 г.:

«Британская компания утверждает, что совершила самый серьёзный прорыв в воздухоплавании за 100 лет. Вместо шаттлов в космос отправятся лайнеры.

...Европейское космическое агентство в ходе испытаний убедилось в перспективности прорывного двигателя Sabre. Он позволит долететь из любой точки планеты в любую другую за четыре часа. Транспортное средство, которое будет им оборудовано, сможет передвигаться быстрее скорости света в 2,5 раза.

...Суть идеи в совмещении обеих технологий — реактивной и ракетной.

На Луну можно будет добраться на самолёте

Британская компания утверждает, что совершила самый серьёзный прорыв в воздухоплавании за 100 лет. Вместо шаттлов в космос отправятся лайнеры



Великобританская компания утверждает, что совершила самый серьёзный прорыв в воздухоплавании за 100 лет. Вместо шаттлов в космос отправятся лайнеры.

Британская компания утверждает, что совершила самый серьёзный прорыв в воздухоплавании за 100 лет. Вместо шаттлов в космос отправятся лайнеры.

12 тонн
Самолёт сможет поднять на высоту 10 км и пролететь 1000 км.

Самолёт сможет поднять на высоту 10 км и пролететь 1000 км.

Но до сих пор она оставалась теоретической из-за серьёзного перегрева при высоких скоростях. Заслуга британцев в том, что они создали первую в мире систему охлаждения, которая позволяет за сотые доли секунды превратить 1 тыс. градусов раскалённого воздуха в минус 150. При этом без обледенения. ...Самолёт Skylon позволяет сократить траты и брать пассажиров без особой подготовки. Полёты не будут отличаться сильно от авиарейсов. Авторы уже предлагают помощь в продумывании экспедиций на Луну и даже на Марс...»

Предложите учащимся сделать анализ этого краткого сообщения, проверить изложенную в нём информацию и оценить её с научной точки зрения.

3. Задания третьего типа могут стать для некоторых отличной идеей для коллекционирования — коллекции высказываний журналистов или вывесок и рекламных плакатов, которые можно услышать в СМИ или в других местах. Чего, например, стоит такой прогноз погоды: «На улице отличная погода. Температура — абсолютный нуль!»

Задания такого типа будут способствовать развитию критического мышления, активному использованию знаний, полученных при изучении естественно-научных предметов.

Урок 4. ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ. ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ И ЗАКОНОВ

Задачи урока	Дать представление о границах применимости физических теорий и законов, принципе соответствия
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 4. Физические законы и границы их применимости
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Выполнять логические операции анализа и синтеза, сравнения, классификации, аналогии, обобщения, отнесения к известным понятиям
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Называть физические законы. Указывать границы их применимости. Перечислять физические величины из разных разделов физики. Пользоваться справочниками и таблицами физических величин. Объяснять причины возникновения погрешностей измерений. Оценивать границы погрешностей. Находить в дополнительной литературе и Интернете информацию на заданную тему. Подготовить презентацию об истории открытия физического закона

В процессе обучения физике изменяется объект интереса учащихся. Сначала это факты, опыты, явления, затем возможность их объяснения, потом глубокое их истолкование и теоретическое обобщение на основе ведущих теоретических идей, приводящее к пониманию физической картины мира. В 10 классе учащиеся как раз приступают к последней стадии — теоретическому осмыслению фактов, опытов и явлений, в процессе которого происходит установление причинно-следственных связей между событиями и, наконец, построение физической картины мира.

Необходимо обратить внимание учащихся на роль **физических теорий и законов**. Как уже отмечалось, научное познание начинается с наблюдения природы. Результаты наблюдений подвергаются систематизации и классификации. На их основе формулируются эмпирические обобщения, т. е. замеченные в природе закономерности, причины которых пока неизвестны. Далее встаёт вопрос о причинах установленных закономерностей, что приводит к выдвижению гипотез. Если научная гипотеза подтверждается, то на её основе строится научная теория.

Большинство физических законов и теорий имеет **границы применимости**. Например, законы Ньютона справедливы только при скоростях движения тел, много меньших скорости света. При скоростях, сравнимых со скоростью света, необходимо использовать законы специальной теории относительности. Также законы Ньютона неприменимы к микрообъектам — молекулам, атомам, элементарным частицам. В микромире работают уже законы квантовой механики.

Важно, чтобы ученики понимали, что с построением физической теории развитие науки не заканчивается. Каждая физическая теория постоянно подвергается проверке с помощью новых наблюдений и экспериментов. Если их результаты не соответствуют предсказаниям теории, то необходима разработка новой, более общей теории. Далее спираль научного познания делает новый виток: от наблюдений и экспериментов через эмпирические обобщения и гипотезы к созданию новой теории.

Соотношение между старой и новой теориями устанавливается **принципом соответствия**. Он утверждает, что любая новая физическая (научная) теория включает в себя старую, хорошо проверенную теорию как предельный (частный) случай. Так, предельным случаем специальной теории относительности при малых скоростях движения тел является классическая механика.

Желательно обсудить с учащимися предыдущее домашнее задание: предложите ответить на вопросы к фильму «От уравнения Ньютона к тайне «Бермудского треугольника». На этом материале рассмотрите понятие «границы применимости физических теорий и законов».

Домашнее задание. У10, § 4; ответить на вопрос «Действует ли принцип соответствия в других естественных науках?»; привести примеры из биологии и химии.

Тема для сообщения. История развития теории сверхпроводимости.

Пояснение. Выбор этой темы неслучаен. Эту историю можно проследить на достаточно коротком отрезке времени (примерно 100 лет). История развития теории тесно связана с историей науки в России (в частности, интересно остановиться на описании жизни Л. В. Шубникова — основателя советской школы физики низких температур).

Литература для учителя

1. Бродянский В. М. От твёрдой воды до жидкого гелия (история холода) / В. М. Бродянский. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 336 с. (Научно-популярная библиотека школьника.)

2. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика: статьи, выступления / П. Л. Капица. — М.: Наука, 1977. — 354 с.

Урок 5. ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Задачи урока	Дать представление о физической картине мира, этапах построения современной физической картины мира
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 5(6) ¹ . Физическая картина мира
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Выполнять логические операции анализа и синтеза, сравнения, классификации, аналогии, обобщения, отнесения к известным понятиям Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения. Уметь использовать средства ИКТ Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Излагать основные положения современной физической картины мира. Участвовать во фронтальной беседе. Составлять конспект лекции. Осознавать ценность научного познания мира для человечества в целом и для каждого человека в отдельности, важность овладения методом научного познания для достижения успеха в любом виде практической деятельности. Использовать средства ИКТ

На этом уроке целесообразно показать этапы построения **современной физической картины мира**. Рассказать об учёных, которые внесли наибольший вклад в её построение. Материал можно представить в виде таблицы или воспользоваться программой Хронолайнер, которую можно получить на сайте «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru/>).

Исторически первой научной (физической) картиной мира была механическая картина мира. Она возникла в XVII—XVIII вв. Основой механи-

¹ Здесь и далее в нумерации параграфов первое число означает номер параграфа во втором и последующих изданиях учебника, а второе число (в скобках) — номер этого же параграфа в первом издании 2014 г. выпуска.

ческой картины мира являлась классическая ньютоновская механика — первая строгая научная физическая теория. Затем с середины XIX в. по начало XX в. в физике господствовала электромагнитная картина мира. В её основе лежала классическая электродинамика Максвелла и теория относительности Эйнштейна. Создание в 20-х гг. XX в. квантовой механики положило начало формированию неклассической (квантово-полевой) картины мира. Наконец, во второй половине XX в. начинает формироваться современная, постнеклассическая, эволюционная картина мира.

Название научной картины мира	Период господства в науке	Учёные, внёвшие основной вклад в создание картины мира	Ключевые представления картины мира о природе и её законах
1. Механическая картина мира	XVII в. — первая половина XIX в.	Г. Галилей (1564—1642), И. Ньютон (1643—1727), Л. Эйлер (1707—1783), Ж. Лагранж (1736—1813), П. Лаплас (1749—1827)	<p>— <i>Представления о материи:</i> Под материей понимается вещество, состоящее из вечных и неизменных частиц.</p> <p>— <i>Представления о движении:</i> Движение понимается как механическое перемещение тел и частиц.</p> <p>— <i>Представления о пространстве и времени:</i> Представления об абсолютном пространстве и абсолютном времени, которые не зависят от материальных тел.</p> <p>— <i>Представления о взаимодействии:</i> Рассматривается единственный вид взаимодействия — гравитация. Считается, что взаимодействие передаётся мгновенно и без материального посредника.</p> <p>— <i>Представления о причинности и закономерности:</i> Считается, что следствие из причины вытекает однозначно. Формируется концепция механического детерминизма.</p> <p>— <i>Космологические представления:</i> Считается, что Вселенная неизменна и бесконечна в пространстве и времени</p>

Название научной картины мира	Период господства в науке	Учёные, внесшие основной вклад в создание картины мира	Ключевые представления картины мира о природе и её законах
2. Электромагнитная картина мира	Середина XIX в. — начало XX в.	А. Ампер (1775—1836), М. Фарадей (1791—1867), Дж. Максвелл (1831—1879), Х. Лоренц (1853—1928), А. Эйнштейн (1879—1955)	<p>— <i>Представления о материи:</i> Появляются представления о новой форме материи — физическом поле, непрерывном в пространстве.</p> <p>— <i>Представления о движении:</i> Возникают представления о разнообразии форм движения материи (электромагнитные волны).</p> <p>— <i>Представления о пространстве и времени:</i> В специальной теории относительности возникают представления о едином пространстве—времени.</p> <p>— <i>Представления о взаимодействии:</i> Признаются два вида взаимодействий — гравитационное и электромагнитное. Возникает концепция о передаче взаимодействий с помощью физических полей.</p> <p>— <i>Представления о причинности и закономерности:</i> В электродинамике сохраняется концепция детерминизма. Однако параллельно возникают первые статистические теории.</p> <p>— <i>Космологические представления:</i> Возникают представления о происхождении Солнечной системы. Возникает научная космология</p>

Название научной картины мира	Период господства в науке	Учёные, внесшие основной вклад в создание картины мира	Ключевые представления картины мира о природе и её законах
3. Неклассическая (квантово-полевая) картина мира	20-е гг. — середина XX в.	М. Планк (1858—1947), Н. Бор (1885—1962), Э. Шрёдингер (1887—1961), В. Гейзенберг (1901—1976), П. Дирак (1902—1984), Р. Фейнман (1918—1988)	<p>— <i>Представления о материи:</i> Исчезает граница между веществом и полем. Возникают концепции корпускулярно-волнового дуализма, квантованности полей.</p> <p>— <i>Представления о движении:</i> Признаётся невозможность исчерпывающего описания движения.</p> <p>— <i>Представления о пространстве и времени:</i> Устанавливается связь между пространством—временем и материей.</p> <p>— <i>Представления о взаимодействии:</i> Возникает концепция о квантово-полевом механизме взаимодействия. Добавляются ещё два вида фундаментальных взаимодействий — сильное и слабое.</p> <p>— <i>Представления о причинности и закономерности:</i> Признаётся фундаментальная роль статистических теорий (например, квантовой механики) наряду с динамическими теориями.</p> <p>— <i>Космологические представления:</i> Происходит развитие научной космологии с опорой на физику элементарных частиц</p>

Название научной картины мира	Период господства в науке	Учёные, внёвшие основной вклад в создание картины мира	Ключевые представления картины мира о природе и её законах
4. Современная (пост-неклассическая, эволюционная) картина мира	Вторая половина XX в. — настоящее время	Г. Гамов (1904—1968), Г. Хакен (род. в 1927 г.), И. Пригожин (1917—2003) и др.	<p>— <i>Представления о материи:</i> Возникает представление о физическом вакууме как особой форме материи.</p> <p>— <i>Представления о движении:</i> Возникают представления о необратимости движения, эволюции Вселенной.</p> <p>— <i>Представления о пространстве и времени:</i> Пространство—время признаётся сложно устроенным активным элементом Вселенной.</p> <p>— <i>Представления о взаимодействии:</i> Возникают представления об объединении различных взаимодействий.</p> <p>— <i>Представления о причинности и закономерности:</i> Формируются представления о том, что статистические закономерности являются более фундаментальными, чем динамические.</p> <p>— <i>Космологические представления:</i> Окончательно формируются представления об этапах эволюции Вселенной и происходящих на каждом из них физических процессах</p>

Необходимо рассмотреть накопившиеся факты, которые каждый раз приводили к переходу на следующую ступень.

Домашнее задание. У10, § 5(6); подготовить в группах доклады о великих физиках.

МЕХАНИКА (50 ч + 8 ч физический практикум)

Первоначальные сведения о механических явлениях были получены учащимися в основной школе. В 10 классе эти знания должны быть дополнены и углублены, а главное, приведены в систему. Учащиеся должны получить представление о способах описания движения, научиться оперировать с векторными и скалярными величинами, получить представление о принципах относительности движения, симметрии пространства и времени.

Урок 1 (6). МЕХАНИКА. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Задачи урока	Познакомить учащихся с понятиями «пространство» и «время», со свойствами пространства и времени; дать определение механического движения
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать о понятиях пространства и времени и их свойствах. Знать определение механического движения</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Называть скалярные и векторные величины механики. Наблюдать и объяснять зависимость траектории движения тела от выбора системы отсчёта.</p> <p>Представлять механическое движение тела уравнениями зависимости координат и проекций скорости от времени.</p> <p>Представлять механическое движение тела графиками зависимости координат и проекций скорости от времени</p>

Предварить введение основных понятий кинематики следует краткой беседой о пространстве и времени, охарактеризовать их свойства. Свойства пространства: трёхмерность, непрерывность, неизменность свойств в различных направлениях. Свойства времени: непрерывность, одномерность, неизменность свойств в разных точках пространства.

Указать на то, что поскольку эти представления являются фундаментальными, то они не могут быть определены через другие понятия.

Определить, что называется движением вообще. Дать определение механического движения. Привести примеры. Попросить учащихся привести примеры механического движения, известные им из ранее пройденного.

Пояснить, почему мы начинаем изучение физики именно с механики: исторически она была первой естественно-научной теорией, т. е. законченной системой знаний, которая достаточно полно описывает явления в данной области. Механика в основном занимается описанием макроскопических тел, но законы механики могут применяться и для явлений других масштабов (микро-, мега-).

Демонстрации. Примеры поступательного и вращательного движения.

Домашнее задание. У10, § 6(7); просмотреть отрывок из фильма BBC «Эти загадочные животные. Причудливые способы передвижения»; заполнить таблицу.

Название движущегося объекта				
Траектория движения				
Приспособления для движения				
Приспособления для изменения направления				
Приспособления для увеличения скорости				
Приспособления для увеличения дальности полёта				
Реальные значения	скорости			
	дальности полёта			
	высоты полёта			

Кинематика (12 ч)

Урок 2 (7). ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И УРАВНЕНИЯ КИНЕМАТИКИ

Задачи урока	Сформулировать основную задачу кинематики; ввести понятие системы отсчёта; определить понятие материальной точки; познакомить с координатным способом задания положения тел в пространстве
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Уметь формулировать основную задачу кинематики, знать о понятии «система отсчёта». Уметь определять понятие материальной точки, различать основные признаки изученной физической модели

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Различать траекторию, путь и перемещение. Определять координаты, пройденный путь, скорость и ускорение тела по уравнениям и графикам зависимости координат и проекций скорости от времени. Использовать координатный способ задания положения тела в пространстве. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

При определении системы отсчёта необходимо пояснить понятие «тело отсчёта», привести примеры тел отсчёта, относительно которых будет определено положение материальной точки.

Определяя понятие материальной точки, следует акцентировать внимание учащихся на том, что **материальная точка** — это модель материального тела. Таким образом, происходит разделение объектов изучения и моделей, которое носит принципиальный характер.

Коллективно обсудить вопрос «Моделью чего является система отсчёта?».

Представить тело в виде материальной точки возможно не всегда, а в случаях, когда тело перемещается поступательно или расстояния, на которых рассматривается движение, существенно больше, чем размеры объекта исследования.

При объяснении **координатного способа** задания положения тела в пространстве обратите внимание на форму **траектории** в системах координат, связанных с разными телами отсчёта. Сохраняется ли она?

Далее предлагаем решить следующую задачу.

Задача. Из центра горизонтально расположенного вращающегося диска по его поверхности пущен шарик. Каковы траектории шарика относительно Земли и диска?

Нужно пояснить учащимся на примерах, как определяется **путь** и **перемещение** материальной точки. Обратите их внимание на то, что перемещение есть величина векторная, а путь — скалярная. Напомните правила действий с векторами.

Достаточно наглядным примером здесь служит рассмотрение стадиона, беговая дорожка которого является окружностью. Какими будут путь и перемещение спортсмена, который пробежал половину окружности? полный круг? Результат наглядно показывает разницу между рассматриваемыми понятиями.

Демонстрация. Зависимость траектории движения тела от выбора системы отсчёта.

Домашнее задание. У10, § 6(7) (до абзаца «Скорость»).

Тема для сообщения. Способы и устройства измерения времени.

Пояснение. Что лежит в основе измерения времени? Какие способы измерения времени использовались в древности? Рассмотрите конструкции некоторых из древних часов.

Идеи для исследований и проектов

Изучить устройство клепсидры. Построить действующую модель клепсидры.

Пояснение. Предполагается, что учащиеся расскажут о том, где и когда это устройство было изобретено (желательно сопроводить рассказ презентацией, анимацией). При пояснении принципа действия клепсидры следует обратить внимание на роль второго сосуда.

Урок 3 (8). ИНВАРИАНТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ В КИНЕМАТИКЕ

Задачи урока	Дать определения инвариантных и относительных величин
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 7(8). Инвариантные и относительные величины в кинематике
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать определения инвариантных и относительных величин Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Записывать и использовать классический закон сложения скоростей. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

В начале изучения нового материала следует напомнить правила работы с векторами.

Затем дать определения **инвариантных** и **относительных** величин. Проиллюстрировать их примерами.

Обсудить с учащимися **классический закон сложения скоростей** и границы его применимости.

Решить задачу 7.3 из § 7(8) учебника и обсудить её решение. Следует предложить учащимся применить закон сложения скоростей (показать их направления), а также рассмотреть движение человека в разных системах отсчёта.

Задача «Мост препятствий».

«Мост препятствий» представляет собой большой полый цилиндр без дна и крышки, расположенный горизонтально (рис. 3). Этот цилиндр приводится в движение. Человек должен войти в движущийся цилиндр с одной стороны, сделать несколько шагов по его стенкам навстречу вращению и выйти с другой. Как должен двигаться человек? Сделайте рисунок, на котором будет указана скорость движения человека. Покажите все её компоненты.

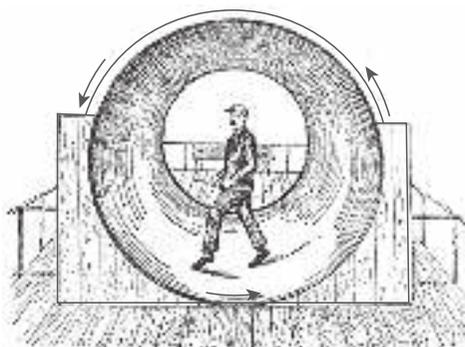


Рис. 3

При равномерном вращательном движении точки поверхности цилиндра обладают определённой скоростью. Любой предмет, попавший на поверхность вращающегося цилиндра, будет увлекаться вместе с движущейся поверхностью. В таком же положении окажутся и ноги человека, который войдёт внутрь вращающегося цилиндра. И для того чтобы человек сохранил вертикальное положение, он должен двигаться в сторону, обратную вращению, с такой же скоростью, с какой вращается цилиндр, чтобы сохранить равновесие. Поскольку надо пройти цилиндр вдоль, чтобы выйти из него через противоположное отверстие, ноги должны, кроме того, развивать некоторую скорость в направлении оси цилиндра. При согласованном движении в обоих направлениях это препятствие удаётся преодолеть.

Демонстрация. Вращающийся диск.

Домашнее задание. У10, § 7(8); З. № 1.7, 1.8.

Урок 4 (9). ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И УРАВНЕНИЯ КИНЕМАТИКИ. СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЕ

Задачи урока	Ввести понятия мгновенной скорости и ускорения (тангенциального и нормального)
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Знать о понятиях мгновенной скорости и ускорения (тангенциального и нормального)</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Представлять механическое движение тела графиками зависимости координат и проекций скорости от времени.</p> <p>Различать мгновенную и среднюю скорости.</p> <p>Определять координаты, пройденный путь, скорость и ускорение тела по уравнениям и графикам зависимости координат и проекций скорости от времени</p>

В начале изучения нового материала следует напомнить учащимся, что называется **производной**, и привести примеры операций с ней.

Затем можно по вопросам повторить понятие **скорости**, уже известное учащимся. О какой скорости говорилось в 8 классе? Как рассчитывается средняя скорость?

Далее нужно дать определение **мгновенной скорости** поступательного движения. При обсуждении понятия мгновенной скорости следует обратить внимание на характеристики векторной величины (это касается любой векторной величины): направление, значение по модулю и точку приложения.

Дать определения **равномерного** и **неравномерного движения**.

Далее можно привести анекдот, который рассказывал известный физик Ричард Фейнман. Одна девушка, ехавшая на автомобиле, была остановлена инспектором за превышение скорости. Инспектор подходит к автомобилю и говорит ей: «Мадам, скорость Вашего автомобиля только что была 60 миль в час!» (1 миля = 1,609 км.) Девушка возражает: «Не может быть! Я еду только 7 минут, часа ещё не прошло, как можно было бы успеть проехать 60 миль?» — «Мадам, я имею в виду, что если бы Вы продолжили ехать так, как сейчас, то через час смогли бы проехать эти 60 миль». — «Этого тоже не может быть. Уже через 10 миль — мой дом, и мне незачем проезжать эти 60». Учащиеся должны догадаться, о каком научном понятии девушка не имеет никакого представления.

При обсуждении равномерного прямолинейного движения часто используется **графический способ** определения перемещения. В дальнейшем также рекомендуется активно использовать графический способ решения задач, так как этот вид представления информации встречается довольно часто.

Можно привести следующий пример решения задачи из международного исследования PISA и обсудить его на уроке.

Задача 1. На графиках (рис. 4) показано среднее значение скорости ветра в четырёх различных местах на протяжении года. Какой из графиков соответствует наиболее подходящему месту для сооружения генератора, производящего энергию за счёт ветра?

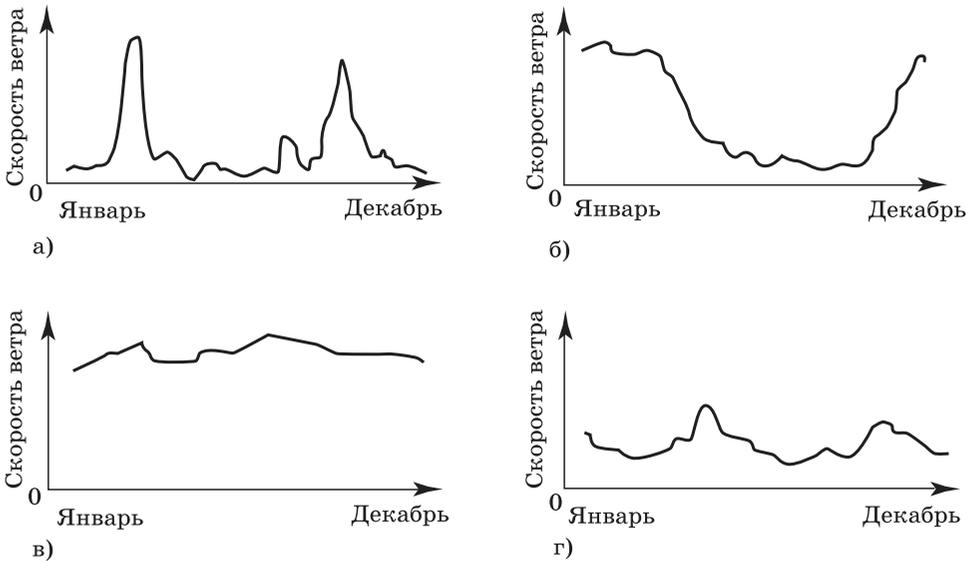


Рис. 4

На примере приведённой ниже задачи можно продемонстрировать возможности графического метода.

Задача 2. Два шарика начали одновременно и с одинаковой скоростью двигаться по поверхностям, имеющим форму, изображённую на рисунке 5. Как будут различаться скорости и время движения к моменту их прибытия в точку В? Силу трения не учитывайте.

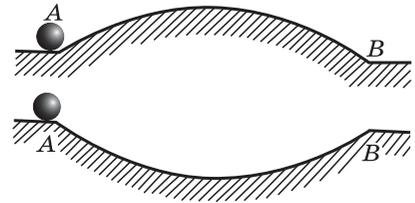


Рис. 5

Следующий этап урока следует начать с определения **ускорения**. Изобразив на доске участок произвольной криволинейной траектории, нужно показать взаимные направления **тангенциального** и **нормального** ускорений, а также показать графически, как найти полное ускорение.

При обсуждении понятия ускорения следует обратить внимание на направление тангенциального ускорения при движении с положительным/отрицательным ускорением. В качестве упражнения можно предложить на графике движения тела по параболе указать направления скоростей и ускорений на одной высоте на восходящей и нисходящей ветвях, а затем найти полное ускорение в первом и втором случаях. Каким окажется это ускорение? Ожидали ли учащиеся получить такой ответ?

Полезно дать классификацию механических движений по траектории и скорости, а также составить таблицу для расчёта основных величин.

Домашнее задание. У10, § 6(7) (до абзаца «Равномерное движение по окружности»); ответить на вопрос «Какую скорость измеряет спидометр автомобиля?».

Урок 5 (10). УРАВНЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО И РАВНОУСКОРЕННОГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Задачи урока	Продолжить формирование умения решать задачи на использование формул для равноускоренного движения; дать определение свободного падения тел; ввести принцип независимости движения; продемонстрировать графический способ определения перемещения тела
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать принцип независимости движения; уметь демонстрировать графический способ определения перемещения тела; знать определение свободного падения тел
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Использовать принцип независимости движения и графический способ определения перемещения тела. Выполнять задания, предложенные учителем

Рекомендуется провести проверочную **самостоятельную работу** (10—15 мин) по вариантам.

Вариант 1

1. Автомобиль, двигавшийся со скоростью 60 км/ч, начал тормозить. Чему будет равна его скорость через 1 мин, если ускорение торможения $0,2 \text{ м/с}^2$?
2. Шарик скатывается с жёлоба с ускорением 2 м/с^2 . Какое расстояние он пройдёт за 1 с?
3. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 40 м/с, остановился через 5 с. Определите тормозной путь автомобиля.

Вариант 2

1. Каким должно быть ускорение торможения автомобиля, чтобы он мог остановиться за 2 мин, имея первоначальную скорость 90 км/ч?
2. Велосипедист при разгоне за 5 мин проехал 600 м. С каким ускорением он двигался?
3. Пуля пробила стену толщиной 50 см, при этом её скорость уменьшилась в 3 раза. Определите время движения в стене, если первоначальная скорость пули была 750 м/с.

Далее следует определить понятие **свободного падения тела** и исследовать это явление; продемонстрировать падение тел в воздухе и в вакууме (трубка Ньютона) и независимость движения (например, с прибором Леви).

В конце урока можно решить типовую задачу.

Задача. Какие из приведённых зависимостей описывают равнопеременное движение?

- 1) $v = 3 + 2t$; 2) $s = 3 + 2t$; 3) $s = 5t^2$;
4) $s = 3t - t^2$; 5) $s = 2 - 3t + 4t^2$.

Демонстрации.

- 1) Трубка Ньютона.
- 2) Установка для демонстрации принципа независимости движений.

Домашнее задание. У10, § 6(7) (до абзаца «Равномерное движение по окружности»).

Урок 6 (11). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА»

Задачи урока	Экспериментально определить ускорение движения тела, проверить соотношение (7.6) из учебника
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь экспериментально определять ускорение движения тела
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности

Личностные	Сформировать навыки сотрудничества со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Составлять план деятельности, предвидеть возможные результаты. Измерять ускорение движущегося тела (ускорение свободного падения). Интерпретировать результаты наблюдения или опытов. Работать в группе при выполнении практического задания

Цель работы: определить значение ускорения, с которым тело соскальзывает с наклонной плоскости, и доказать, что тело при этом движется равноускоренно.

Следует обратить внимание учащихся на интервал, в котором могут лежать значения ускорения, которые они получают в эксперименте, и отметить, что эти значения никогда не могут превысить значение ускорения свободного падения.

Оборудование: штатив, направляющий жёлоб с линейкой, два герконовых датчика, каретка с магнитом, секундомер, пластиковый коврик.

Задание 1. Подготовка экспериментальной установки.

1) Укрепите направляющий жёлоб с кареткой на штативе так, чтобы её верхний край находился на высоте 18—20 см от поверхности стола. Под нижний край жёлоба подложите пластиковый коврик.

2) Установите на жёлобе с помощью магнитных держателей герконовые датчики. Первый (верхний) датчик должен быть укреплен так, чтобы установленная в самом верхнем положении каретка не запускала секундомер (секундомер должен начинать работу только в момент начала движения каретки). Второй датчик должен располагаться на расстоянии 20—25 см от первого.

3) Соедините датчики с секундомером.

Задание 2. Проведение эксперимента.

1) По шкале прибора измерьте значение перемещения s_1 , которое каретка совершит, двигаясь между датчиками.

2) Отпустите каретку и определите время её движения между датчиками (t_1). Повторите измерение 6—7 раз при неизменном расстоянии между датчиками.

3) Определите среднее время движения t_{1cp} .

4) Увеличьте расстояние между датчиками на 5 см и измерьте значение перемещения s_2 .

5) Отпустите каретку и определите время её движения между датчиками (t_2). Повторите измерение 6—7 раз при неизменном расстоянии между датчиками.

6) Определите t_{2cp} .

7) Увеличьте расстояние между датчиками ещё на 5 см и измерьте значение перемещения s_3 .

8) Отпустите каретку и определите время её движения между датчиками (t_3). Повторите измерение 6—7 раз при неизменном расстоянии между датчиками.

9) Определите $t_{\text{зср}}$.

Все результаты измерений занесите в таблицу.

s_1	t_1	$t_{1\text{ср}}$	a_1	s_2	t_2	$t_{2\text{ср}}$	a_2	s_3	t_3	$t_{3\text{ср}}$	a_3

Задание 3. Обработка полученных результатов.

1) По полученным в предыдущем задании результатам рассчитайте ускорение каретки для каждого из трёх случаев. Для расчёта используйте формулу

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

2) Сравните полученные значения ускорений с учётом погрешностей и сделайте вывод о характере движения каретки.

Домашнее задание. У10, § 6(7); закончить оформление лабораторной работы.

Урок 7 (12). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ПУТЕЙ ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ»

Задачи урока	Экспериментально определить отношение путей, проходимых телом, при равноускоренном прямолинейном движении
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь экспериментально определять ускорение тела, интерпретировать графическую информацию
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Сформировать навыки сотрудничества со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности

<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Составлять план деятельности, предвидеть возможные результаты. Измерять координаты, пройденный путь, скорость и ускорение тела, строить графики зависимости координат и проекций скорости от времени, определять отношение путей. Интерпретировать результаты опытов. Работать в группе при выполнении практического задания</p>
---	---

Цель работы: проверить один из главных признаков равноускоренного прямолинейного движения: пути, проходимые телом за чередующиеся один за другим равные промежутки времени, соотносятся как последовательность нечётных чисел.

Оборудование: штатив, направляющий жёлоб с линейкой, два герконовых датчика, каретка с магнитом, секундомер, пластиковый коврик.

Задание 1. Подготовка экспериментальной установки.

1) Укрепите направляющий жёлоб с кареткой на штативе так, чтобы её верхний край находился на высоте 18—20 см от поверхности стола. Под нижний край жёлоба подложите пластиковый коврик.

2) Установите на жёлобе с помощью магнитных держателей герконовые датчики. Определите положения точек A , B , C , D , E (рис. 6). Положение точки A соответствует такому положению датчика, которое позволяло бы запускать секундомер при начале движения каретки (соответствует примерно 6 см). Точка B отстоит на 2 см от точки A , точка C — на 6 см от точки B , точка D — на 10 см от точки C , а точка E — на 14 см от точки D . Таким образом, расстояния AB , BC , CD , DE относятся как $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 = 1 : 3 : 5 : 7$. Для измерений выбираются отрезки пути BC , CD , DE . Установите датчики в точках B и C .

3) Соедините датчики с секундомером.

Задание 2. Проведение эксперимента.

1) Проведите десять пусков каретки, каждый раз записывая показания секундомера (t_2).

2) Определите t_{2cp} .

3) Верхний датчик сместите из точки B в точку D .

4) Проведите десять пусков каретки, каждый раз записывая показания секундомера (t_3).

5) Определите t_{3cp} .

6) Верхний датчик сместите из точки C в точку E .

7) Проведите десять пусков каретки, каждый раз записывая показания секундомера (t_4).

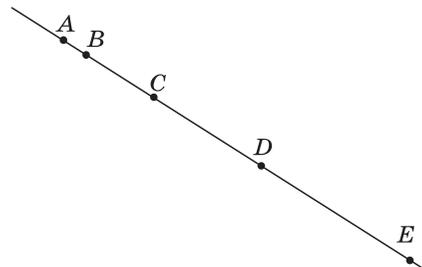


Рис. 6

8) Определите t_{4cp} .

Все результаты измерений занесите в таблицу.

s_2	t_2	t_{2cp}	s_3	t_3	t_{3cp}	s_4	t_4	t_{4cp}

Задание 3. Обработка полученных результатов.

Сравните полученные значения времени движения на втором, третьем и четвёртом участках пути и убедитесь, что они близки друг другу. Сделайте вывод о справедливости проверяемого утверждения.

После того как учащиеся выполняют лабораторную работу и получают искомое отношение, следует дать в качестве домашней работы следующее задание: доказать аналитически полученное в лабораторной работе отношение. На следующем уроке при проверке домашнего задания станет ясно, что с этим заданием многие учащиеся справились довольно легко и даже привели не один способ решения. А вот решение графическим способом удаётся найти сразу далеко не всем.

Как мы уже говорили, при изучении физики мы довольно часто используем графическое представление информации, как при анализе результатов лабораторных работ, так и при решении задач. Однако это последнее умение формируется довольно сложно. Поэтому мы всё время будем возвращаться к решению графических задач.

Сформулируем ещё раз условие задачи и приведём её графическое решение.

Задача. Докажите, что при равноускоренном движении пути, пройденные телом за равные последовательные промежутки времени, относятся как последовательность нечётных чисел.

Решение. Строим график зависимости $v = f(t)$ для равноускоренного движения (рис. 7). Вспоминаем, что путь может быть найден графически как площадь под графиком. Отмечаем равные последовательные моменты времени и находим путь, пройденный за каждый из них.

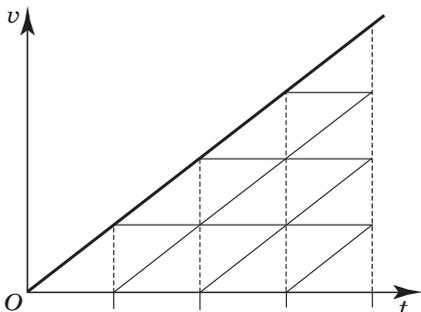


Рис. 7

Полученные на графике трапеции делим на треугольники, число которых в каждый последовательный момент времени становится больше. Если их пересчитать, то эти числа будут составлять как раз последовательность нечётных чисел.

Домашнее задание. У10, § 6(7) (до абзаца «Равномерное движение по окружности»); закончить оформление лабораторной работы; доказать аналитически и графически полученное в лабораторной работе отношение путей при

равноускоренном прямолинейном движении:

$$s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots .$$

Урок 8 (13). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на равноускоренное движение
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Уметь решать задачи на равноускоренное движение Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Составлять план собственной деятельности для достижения поставленных целей. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем. Применять уравнения кинематики для анализа процессов и явлений

Обучение учащихся решению задач на равноускоренное движение целесообразно с использованием предложенного ниже алгоритма.

Алгоритм решения задач по кинематике

1. Записать краткое условие задачи. При необходимости перевести единицы физических величин в СИ.
2. Сделать чертёж. На чертеже указать направления осей координат, удобные для данной задачи, начальные условия, направления скорости и ускорения для каждого тела системы.
3. Записать начальные условия движения тела, т. е. его координаты, проекции скорости и ускорения в момент времени $t = 0$.
4. Записать кинематические уравнения движения: $x(t)$, $v_x(t)$.
5. При необходимости использовать другие формулы кинематики.
6. Ответить на вопросы задачи.

Рекомендуем на уроке разобрать решение задач 1 и 2 из § 6(7) учебника, а также решить задачи: З. № 1.1, 1.5, 1.10.

Домашнее задание. У10, § 6(7); З. № 1.11.

Задача. Летучая рыба, выскочившая из воды под углом 20° к горизонту, достигает максимальной высоты 0,5 м и снова падает в воду в 7 м от того места, где она выскочила. Покажите, что траектория полёта летучей рыбы не совпадает с траекторией полёта свободно брошенного тела, и, следовательно, рыбы имеют приспособления для планирования, роль которых выполняют, вероятно, грудные плавники.

Вернитесь к таблице, которую вы заполняли при просмотре фильма о причудливых способах движения животных. Ответьте на вопросы: какие приспособления имеет рыба? Какие приспособления имеют другие животные, показанные в фильме?

Идеи для исследований и проектов

Изготовить приспособление, о котором говорится на с. 33 учебника. (Его проще изготовить, если в кабинете физики взять рычаг из лабораторного набора по механике, так как он уже имеет либо отверстия, просверленные с определённым шагом, либо штыри для подвешивания грузов.)

Урок 9 (14). ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ С ПОСТОЯННОЙ ПО МОДУЛЮ СКОРОСТЬЮ. ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Задачи урока	Рассмотреть движение по окружности как частный случай криволинейного движения; ввести понятия углового перемещения, угловой скорости и углового ускорения
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятия углового перемещения, угловой скорости и углового ускорения
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Изучать движение тела по окружности. Определять центростремительное ускорение шарика при его равномерном движении по окружности. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

Прежде всего нужно обратить внимание учащихся на то, что **равномерное движение по окружности** на самом деле является ускоренным, так как происходит изменение направления скорости. Нормальное ускорение в этом случае называется **центростремительным**.

Далее следует вывести выражения для расчёта центростремительного ускорения, исследуя которое можно прийти к выводу, что равномерное движение по окружности не является равноускоренным, так как при сохранении модуля центростремительного ускорения его направление постоянно изменяется.

Далее нужно ввести понятия **углового перемещения, угловой скорости и углового ускорения**.

Демонстрация. Вращающийся диск, на котором вдоль радиуса (на разном расстоянии) нанесено несколько точек. Сравнение положения этих точек, их линейных скоростей при вращении упрощает переход от линейных характеристик движения к угловым.

При объяснении материала рекомендуем установить связь между линейными и угловыми величинами.

Далее предлагаем решить следующие задачи.

Задача 1. Угловая скорость вращающегося тела изменяется по закону $\omega = At + Bt^2$, где $A = 2 \text{ рад/с}^2$, $B = 3 \text{ рад/с}^3$. На какой угол повернулось тело за время от $t_1 = 1 \text{ с}$ до $t_2 = 3 \text{ с}$?

Задача 2. Колесо радиусом $R = 10 \text{ см}$ вращается с постоянным угловым ускорением. К концу пятого оборота после начала движения линейная скорость обода $v = 1 \text{ м/с}$. Определите: а) угловое ускорение колеса; б) тангенциальное ускорение точек обода; в) нормальное и полное ускорения точек обода через $t = 20 \text{ с}$ после начала движения.

Задача 3. Материальная точка, двигаясь равноускоренно по окружности радиусом $R = 1 \text{ м}$, прошла за время $t_1 = 10 \text{ с}$ путь $S = 50 \text{ м}$. С каким центростремительным ускорением двигалась точка спустя время $t_2 = 5 \text{ с}$ после начала движения?

Задача 4. Определите линейную скорость и центростремительное ускорение точек на экваторе и на широте $\varphi = 60^\circ$. Считайте радиус Земли равным 6400 км .

Домашнее задание. У10, § 6(7); задачи 6.3, 6.8.

Уроки 10 (15) и 11 (16). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Обобщить и закрепить умение решать задачи на все виды движения
Форма уроков	Решение задач
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь решать задачи на все виды движения
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Строить графики зависимостей различных характеристик движения от времени. Применять уравнения для анализа процессов и явлений. Использовать алгоритм для решения задач по кинематике. Иллюстрировать условие задачи схематическим рисунком. Изображать векторы ускорений, скоростей. Решать задачи</p>
---	---

Виды механического движения можно систематизировать и представить на схеме, приведённой на рисунке 8. Целью уроков будет обучение учащихся решению задач на различные виды движения, которые указаны в этой схеме.

Ниже приведены условия некоторых задач, которые можно разобрать на уроке.

Задача 1. Вагон движется равнозамедленно с ускорением $a = -0,5 \text{ м/с}^2$. Начальная скорость вагона $v_0 = 54 \text{ км/ч}$. Через какое время и на каком расстоянии от начальной точки вагон остановится?

Задача 2. Поезд движется прямолинейно со скоростью $v_0 = 180 \text{ км/ч}$. Внезапно на пути возникает препятствие и машинист включает тормозной механизм. С этого момента скорость поезда изменяется по закону $v = v_0 - at^2$, где $a = 1 \text{ м/с}^3$. Определите: а) тормозной путь поезда; б) через какое время после начала торможения он остановится.

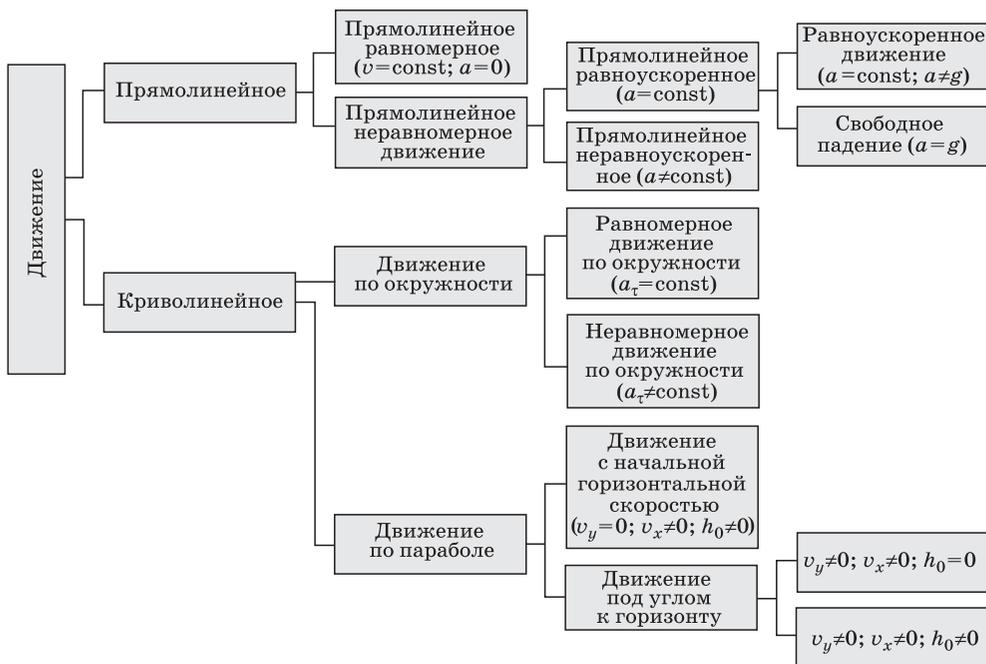


Рис. 8

Задача 3. Ракета, запущенная в вертикальном направлении, движется с ускорением $2g$ в течение 50 с работы двигателя. Пренебрегая сопротивлением воздуха и изменением величины g с высотой:

- начертите график зависимости скорости от времени $v = f(t)$ для всего времени полёта;
- определите максимальную высоту подъёма ракеты (аналитически и графически);
- рассчитайте полное время полёта от момента запуска до возвращения на Землю.

Задача 4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью v_0 . В тот момент, когда оно достигло высшей точки подъёма, из того же начального пункта с той же начальной скоростью v_0 брошено вертикально вверх второе тело. Чему равна скорость тел относительно друг друга? Сколько времени пройдёт от момента начала движения второго тела до встречи? На какой высоте произойдёт встреча?

Задача 5. Камень, брошенный горизонтально, упал на землю через $t = 0,5$ с на расстоянии $s = 5$ м от места бросания. Определите: а) высоту, с которой брошен камень; б) начальную и конечную скорости движения камня; в) уравнение траектории движения; г) нормальное и тангенциальное ускорения камня через $\tau = 0,2$ с.

Задача 6. Тело брошено в горизонтальном направлении. Через $0,5$ с после начала движения его скорость стала в $1,5$ раза больше начальной скорости. Определите начальную скорость тела.

Задача 7. Тело брошено со скоростью 15 м/с под углом 30° к горизонту. Определите нормальное и тангенциальное ускорения тела через $1,25$ с после начала движения. Чему равна дальность полёта тела?

Задача 8. Колесо начало вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 2$ рад/с². Через $t = 0,5$ с после начала движения полное ускорение колеса стало равно $a = 13,6$ см/с². Определите радиус колеса.

Задача 9. Постройте графики зависимостей $v = v(t)$ и $x = x(t)$, если зависимость $a = a(t)$ задана на рисунке 9, а $v_0 \neq 0$.

Задача 10. Постройте графики зависимостей $x = x(t)$ и $a = a(t)$, если зависимость $v = v(t)$ задана на рисунке 10.

Домашнее задание. У10, § 6(7); подготовиться к самостоятельной работе.

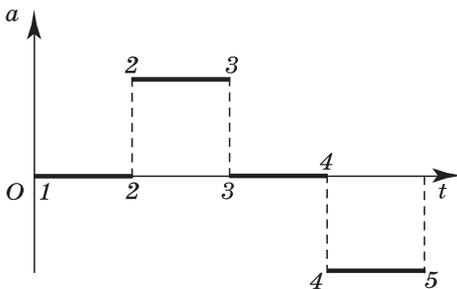


Рис. 9

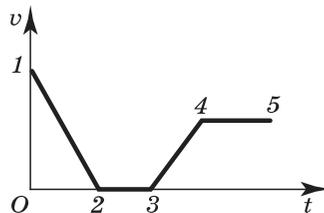


Рис. 10

Урок 12 (17). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи
Форма урока	Самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 6(7). Основные понятия и уравнения кинематики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Уметь решать задачи на все виды движения</p> <p>Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному учителем алгоритму</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей, предвидеть возможные результаты этих действий. Оценивать полученные результаты.</p> <p>Решать задачи. Использовать алгоритмы и известные уравнения движения</p>

Контроль знаний происходит в форме решения задач самостоятельной работы по вариантам.

Вариант 1

1. Движение точки по кривой задано уравнениями $x = A_1 t^3$ и $y = A_2 t$, где $A_1 = 1 \text{ м/с}^3$, $A_2 = 1 \text{ м/с}$. Определите уравнение траектории точки, её скорость и тангенциальное ускорение в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

2. Постройте графики зависимостей координаты $x = x(t)$ и ускорения $a = a(t)$, если зависимость скорости $v = v(t)$ движения тела показана на рисунке 11.

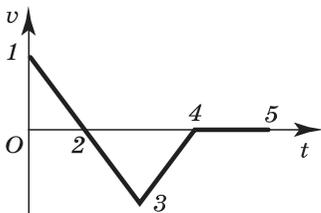


Рис. 11

3. Тело брошено со скоростью $v_0 = 10 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Определите: а) радиус кривизны траектории тела через время $t = 1 \text{ с}$ после начала движения; б) дальность полёта тела.

4. Колесо радиусом $R = 10 \text{ см}$ вращается с постоянным угловым ускорением. К концу десятого оборота после начала движения линейная скорость точек обода $v = 0,2 \text{ м/с}$. Определите: а) угловое ускорение колеса в этот момент времени; б) тангенциальное, нормальное и полное ускорения для точек обода через $t = 20 \text{ с}$ после начала движения.

Вариант 2

1. Движение двух материальных точек определяется уравнениями

$$x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2, \text{ где } A_1 = 20 \text{ м, } B_1 = 2 \text{ м/с, } C_1 = -4 \text{ м/с}^2;$$

$$x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2, \text{ где } A_2 = 2 \text{ м, } B_2 = 2 \text{ м/с, } C_2 = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент времени?

2. Постройте графики зависимостей скорости $v = v(t)$ и координаты $x = x(t)$, если зависимость ускорения $a = a(t)$ тела показана на графике рисунка 12. Считайте, что начальная скорость тела $v_0 = 0$.

3. Колесо радиусом $R = 10$ см вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 3,14$ рад/с². Определите для точек на ободе колеса к моменту времени $t = 2$ с: а) угловую и линейную скорости; б) пройденный путь и угол поворота.

4. Камень брошен горизонтально с некоторой высоты. Через 0,5 с после начала движения числовое значение скорости камня стало в 1,5 раза больше его начальной скорости. Определите начальную скорость камня (сопротивление воздуха не учитывайте).

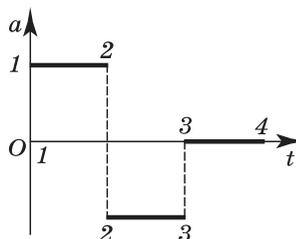


Рис. 12

Динамика (18 ч)

Урок 13 (18). ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ДИНАМИКИ. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. МАССА. ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

Задачи урока	Рассмотреть основные понятия и законы динамики: инертность, масса, взаимодействие, сила; дать определение инерциальной системы отсчёта
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики
Планируемые результаты обучения	
Предметные	Знать основные понятия и законы динамики: инертность, масса, взаимодействие, сила; уметь определять инерциальную систему отсчёта
Метапредметные	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и объяснять явление инерции. Приводить примеры проявления явления инерции в природе и технике. Распознавать явление по его определению, описанию, характерным признакам, применять имеющиеся знания для объяснения процессов и закономерностей. Измерять массу тела

Начать урок можно с небольшого исторического вступления. Рассказать об учёных — предшественниках И. Ньютона (Г. Галилее, Р. Декарте). Идея закона инерции была высказана в начале XVII в. Г. Галилеем, который первым ввёл в физику представление об «идеальном движении», т. е. о движении, свободном от всяких помех (трение, сопротивление воздуха). Декарт развил этот вывод: свободное тело стремится продолжать своё движение по прямой линии. Ньютон, опираясь на существующие идеи, сформулировал **закон инерции** в привычном нам виде.

Привести примеры **инерциальных систем** и отклонений от закона инерции. Для иллюстрации отклонений от закона инерции, вызываемых суточным вращением Земли, рекомендуется показать модель маятника Фуко, при колебаниях которого легко заметить сохранение плоскости качания маятника относительно вращающейся платформы.

Нужно указать на особенности применения понятий **инерции** и **инертности**. Обратить внимание на то, что масса одновременно является и мерой инертности тел, и мерой их способности к гравитационному взаимодействию.

Далее следует обсудить способы измерения **массы**.

Демонстрации.

1) Проявления инерции (рис. 13).

2) Демонстрация инерциальной системы отсчёта. Лёгкий маятник на тележке: тележку следует перемещать по горизонтальной поверхности равномерно, в этом случае лёгкий маятник не будет отклоняться. Возможен и другой вариант: на подвижную тележку можно поместить катушку с яркой меткой на её торце, тележку перемещают равномерно, катушка остаётся неподвижной.

Помимо демонстраций уместен показ презентации, содержащей иллюстрации к историческому введению.

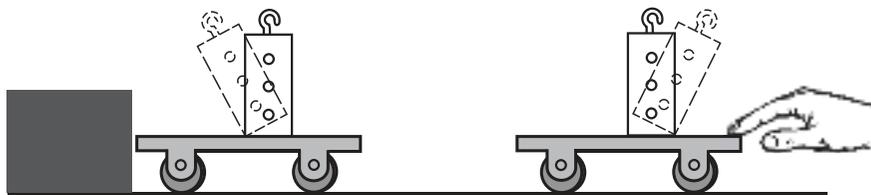


Рис. 13

Домашнее задание. У10, § 8(9).

Задание. У млекопитающих, существование которых зависит от умения быстро бегать, форма ног такова, что внизу они довольно тонкие, а мясо и мышцы сосредоточены в верхней части тел. Объясните на основе динамики вращательного движения, почему целесообразно именно такое распределение массы.

Идеи для исследований и проектов

Предложить способ сравнения и сравнить инертную и гравитационную массы тела.

Пояснение. Для определения гравитационной массы достаточно воспользоваться точными весами, а для определения инертной массы нужно привести во взаимодействие исследуемое тело, а затем воспользоваться законами Ньютона.

Урок 14 (19). ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ НЬЮТОНА

Задачи урока	Установить экспериментально закон динамики; обучить учащихся решению задач на применение законов динамики
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь экспериментально устанавливать законы динамики
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Определять массу как меру инертности тел. Измерять силы взаимодействия тел. Исследовать движение тела под действием постоянной силы. Проводить сравнение масс взаимодействующих тел. Складывать векторы двух и более сил. Находить равнодействующую сил. Проверять результат сложения опытным путём. Формулировать и объяснять законы Ньютона



Рис. 14

Сначала рекомендуем провести демонстрацию, позволяющую экспериментально установить **основной закон динамики**: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.
Демонстрация. Сравнение масс взаимодействующих тел.
 Суть демонстрации заключается в следующем: на нитях висят два шарика одинакового размера, но один тяжелее (из металла), а другой легче (из дерева). Продемонстрировать это можно с помощью динамометра. Действие на шарики осуществляется посредством перекладки, укрепленной около шариков на упругих стальных пластинах (рис. 14). Сила, действующая на шарики, одинакова, а их отклонения от равновесного положения существенно различаются (деревянный шарик отклоняется сильнее). Затем используем ту же установку, но действуем на один из шариков разными силами и видим, что отклонение шарика тем больше, чем больше действующая на него сила.

Таким образом, в первой части демонстрации показываем, что ускорение тела обратно пропорционально массе, а во втором — что оно пропорцио-

нально действующей силе. Записываем закон динамики в виде $\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$.
 Обращаем внимание учащихся на то, что сила может действовать не одна и тогда в числителе будет стоять равнодействующая всех действующих сил.

Третий закон Ньютона обычно не вызывает затруднений, поэтому стоит лишь обратить внимание на то, что силы, рассматриваемые в нём, должны быть направлены вдоль одной прямой.

Проверить понимание этого закона можно, задав учащимся следующий вопрос: можно ли найти равнодействующую сил, приложенных к разным телам?

Обучение учащихся решению задач на применение законов динамики можно начать, используя предложенный ниже алгоритм.

Алгоритм решения задач по динамике

1. Записать краткое условие задачи. При необходимости перевести единицы физических величин в СИ. Учесть начальные условия.

2. Сделать чертёж, на котором указать направления осей координат, силы, действующие на каждое тело, и направление ускорения каждого тела (известное или предполагаемое).

3. Записать второй закон Ньютона в векторной форме для каждого тела.

4. Записать второй закон Ньютона для проекций на оси координат.

5. Записать уравнения-связки для модулей ускорений тел, сил взаимодействия тел, сил реакции нитей.

6. Решить полученную систему уравнений.

7. При необходимости использовать формулы кинематики.

8. Ответить на вопросы задачи.

Решение задач — одна из форм работы при изучении физики. Довольно часто учащиеся затрудняются в её выполнении уже на первом этапе: чтении и интерпретации условия задачи. Для того чтобы продемонстрировать важность всех условий, оговариваемых в условии задачи (особенно наглядно это получается на задачах динамики), продемонстрируем, что произойдёт, если мы не укажем или не учтём чего-либо.

Рассмотрим три часто используемых условия: 1) нерастяжимость нити; 2) невесомость нити; 3) невесомость блока.

1. Иллюстрацией того, что происходит с маятником в случае растяжимости нити, является маятник, описанный В. В. Майером (Майер В. В. и др. Повышение интереса к физике при изучении математического маятника // Физика в школе. — 2009. — № 3. — С. 36). Вместо растяжимой нити здесь используется тонкая резинка. Из рисунка 15 видно, что движение маятника на резинке существенно отличается от того поведения маятника, которое обычно описывается в задачах (при нерастяжимой нити).

Пример случая нерастяжимой нити приведён в задаче 1 с решением в § 8(9) учебника.

2. Говоря о невесомости нити, например при решении задач на блоки, мы имеем в виду, что масса движущихся тел с одной и другой стороны блока остаётся неизменной.

Здесь имеет смысл рассмотреть задачу 3. № 1.55.

3. Условие невесомости блока позволяет рассматривать только движущиеся на нити тела. В противном случае мы должны записывать и уравнение движения ещё одного тела — блока.

Рекомендуется на этом уроке решить следующую задачу на блок, считая его невесомым, а позже, после изучения основного уравнения вращательного движения, решить эту же задачу с учётом массы блока, а затем сравнить получившиеся ускорения, которые будут различаться примерно в 2 раза.

Задача. Через блок перекинута нить, к концам которой подвешены грузы массами $m_1 = 100$ г, $m_2 = 110$ г. (Масса блока $M = 400$ г. Блок считайте однородным диском.) С каким ускорением будут двигаться



Рис. 15

грузы? Трение в блоке не учитывайте. Нить считайте нерастяжимой и невесомой.

В первом случае (масса блока равна нулю) ускорение получится равным $a \approx 0,5 \text{ м/с}^2$, а во втором случае ($M = 400 \text{ г}$) — $a \approx 0,25 \text{ м/с}^2$.

Домашнее задание. У10, § 8(9); задача 8.1; подготовиться к лабораторной работе № 1.

Идеи для исследований и проектов

Исследовать движение маятника, подвешенного на растяжимой нити.

Пояснение. Для этой цели удобно использовать современные технологии: снять непродолжительный видеофрагмент движения маятника, а затем воспользоваться программой видеоанализа (например, программой из коллекции цифровых образовательных ресурсов «Измеритель»). С принципами проведения видеоанализа можно ознакомиться в статье: Филиппова И. Я. Видеоанализ как современный инструмент учителя физики // Физика в школе. — 2014. — № 1.

**Урок 15 (20). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
«ИЗМЕРЕНИЕ СИЛ И УСКОРЕНИЙ»**

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять силы, действующие на тела, и соответствующие им ускорения
Форма урока	Лабораторная работа
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 1
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Уметь экспериментально определять силы и ускорения Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания Сформировать навыки сотрудничества со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять задания экспериментального характера, анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты наблюдений или опытов. Вычислять значения сил и ускорений. Вычислять значения ускорений тел по известным значениям действующих сил и масс тел

Работу следует провести по инструкции учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 16 (21). СИЛА УПРУГОСТИ. ДЕФОРМАЦИИ

Задачи урока	Исследовать природу силы упругости; рассмотреть различные виды деформации
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Оценивать значение и физический смысл коэффициента пропорциональности; знать определение деформации, различные виды деформации Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Перечислять виды деформаций. Формулировать закон Гука и применять его при решении задач. Указывать границы его применимости. Измерять жёсткость пружины. Исследовать зависимость силы упругости от деформации

Деформации играют существенную роль в жизни человека. Поэтому целесообразно рассмотреть их более подробно. В качестве небольшого вступления можно рассказать о явлении, наблюдавшемся в 1940 г. с мостом Такома-Нэрроуз. В результате действия сильного ветра (около 19 м/с) мост сильно деформировался: помимо поперечных колебаний, которые происходят довольно часто, он ещё и скручивался так, что относительно устойчивой оставалась только центральная линия конструкции. Другим примером является мост через Волгу, который также сильно деформировался в непогоду (в 2012 г.). Сохранились документальные фильмы, которые можно посмотреть на youtube.

Важнейшими видами деформации являются: всестороннее сжатие и всестороннее растяжение, продольное сжатие и продольное растяжение, сдвиг, кручение, поперечный и продольный изгибы. Все эти виды деформации, равно как и любые другие, можно свести всего к двум основным видам — продольному растяжению и сжатию, осуществлённым одновременно по разным направлениям.

Начать лучше с повторения известного учащимся закона Гука.

Демонстрации.

- 1) Измерение сил.
- 2) Зависимость силы упругости от деформации. Удлинение пружины при действии различных сил (подвешиваем грузы по 100 г: от одного до четырёх).

Интересными будут рассмотрение последовательного и параллельного соединений пружин и вывод соответствующих уравнений.

При последовательном соединении пружин сила F действует на пружины, в результате чего возникает сила упругости, которая определяется суммой удлинений пружин: $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$. Выражая удлинение каждой из пружин через $F_{\text{упр}}$ и коэффициент жёсткости k , получаем
$$\frac{F_{\text{упр}}}{k} = \frac{F_{\text{упр}}}{k_1} + \frac{F_{\text{упр}}}{k_2}.$$

Таким образом, для последовательного соединения пружин коэффициент жёсткости системы может быть найден следующим образом:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}.$$

При параллельном соединении пружин $F_{\text{упр}} = F_{\text{упр}1} + F_{\text{упр}2}$.

Выразим каждую из сил через удлинение и коэффициент жёсткости пружин (учтём, что $\Delta l = \Delta l_1 = \Delta l_2$): $k\Delta l = k_1\Delta l_1 + k_2\Delta l_2$, следовательно,

$$k = k_1 + k_2.$$

Полученные выражения можно сравнить с выражениями для последовательного и параллельного соединений проводников и конденсаторов.

Демонстрация. Последовательное и параллельное соединения пружин.

Следует ещё раз сформулировать закон Гука, установить границы применимости закона, объяснить физический смысл, а также указать размерность коэффициента пропорциональности в законе Гука.

Демонстрации.

- 1) Демонстрация упругих деформаций.
- 2) Измерение малых деформаций.
- 3) Предел упругости и остаточная деформация.

Домашнее задание. У10, § 8(9); решить задачу.

Задача. Два стержня из свинца и стали одинаковой длины и сечения соединены последовательно. Снизу к ним подвешен груз. На сколько удлинится каждый из стержней, если общее удлинение Δl составляет 1 см? Коэффициенты жёсткости для стали и свинца составляют $2 \cdot 10^7$ и $1,5 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ соответственно.

Идеи для исследований и проектов

Проверить экспериментально полученные выражения для расчёта жёсткости при последовательном и параллельном соединениях пружин.

Урок 17 (22). СИЛА ТРЕНИЯ

Задачи урока	Исследовать природу силы трения, рассмотреть различные виды сил трения
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики

<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Оценивать значение и физический смысл коэффициента пропорциональности: знать о понятии трения, различные виды сил трения</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Различать силы трения покоя, скольжения и качения. Наблюдать и описывать проявления различных сил трения. Вычислять значение силы трения скольжения при известном коэффициенте трения. Определять коэффициент трения</p>

На уроке нужно подробно рассмотреть силу трения. Силы трения по своему характеру существенно отличаются от упругих сил и сил всемирного тяготения. Отличие это состоит в том, что силы трения зависят не только от конфигурации тел, но и от относительной скорости тех тел, между которыми действуют силы трения.

Силы трения можно определить как тангенциальные силы, возникающие между соприкасающимися телами (покоящимися или движущимися относительно друг друга).

Демонстрация. Трение покоя и скольжения. Показать способы определения коэффициента трения.

Силы, действующие на твёрдые тела со стороны жидкости или газа, в которых они движутся, также называют силами трения или силами сопротивления.

Далее можно предложить решить следующую задачу.

Задача. Оборвавшиеся при бурении трубы можно поднимать с помощью устройства, показанного на рисунке 16. Стержни AB и AC шарнирно прикреплены к тросу в точке A . Подъём трубы осуществляется за счёт трения стержней о трубу. Определите условие, при котором с помощью подобного устройства можно поднимать трубы любого веса. Трос, конечно, достаточно прочен.

Демонстрация. Трение слоёв воздуха. Из плотного картона вырезают два диска (каждый радиусом примерно 10 см). Один диск закрепляют в центробежную машину, а другой на трифилярном подвесе закрепляют

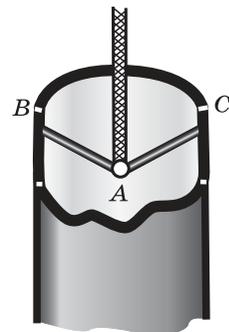


Рис. 16

в штативе так, чтобы он размещался над первым на расстоянии примерно 1 см. Затем первый диск с помощью центробежной машины приводят в движение, через некоторое время второй диск также приходит в движение.

Далее следует рассмотреть зависимость силы вязкого трения от скорости. Эта сила возникает при движении твёрдого тела в жидкости или газе, причём она зависит как от среды, так и от относительной скорости движения тела.

При малых относительных скоростях силу вязкого трения можно считать прямо пропорциональной скорости движения тела относительно среды: $f = -k_1v$, где k_1 — коэффициент сопротивления (знак «минус» указывает, что сила направлена навстречу относительной скорости). При больших относительных скоростях сила вязкого трения пропорциональна квадрату скорости: $f = -k_2v^2$.

Далее можно рассмотреть пример, иллюстрирующий это.

Демонстрация. Сложение сил, условия равновесия сил.

Решение задач: З. № 1.65, 1.35.

Демонстрации. Силы трения. Сложение сил.

Домашнее задание. З. № 1.60, 1.63, 1.69.

Тема для сообщения. Современные представления о силе трения.

Пояснение. В качестве источника информации можно использовать следующую литературу:

1. Первозванский А. А. Трение — сила знакомая, но таинственная // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 2. — С. 129—134.
2. Слободецкий И. Ш. Сухое трение // Квант. — 1970. — № 1. — С. 37—43.

Идеи для исследований и проектов

1. Исследование движения тела в вязкой среде методом Стокса.
2. Исследование сил трения.

Пояснение. Наличие современного оборудования в школьных физических кабинетах даёт возможность учащимся провести уникальные исследования, позволяющие проверить законы, которые раньше могли исследовать лишь в серьёзных научных лабораториях. Так и в этом исследовании использование датчика силы совместно с компьютером из цифровой лаборатории позволяет получить и проверить зависимости, описанные А. А. Первозванским (Первозванский А. А. Трение — сила знакомая, но таинственная // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 2).

Урок 18 (23). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на движение одиночных тел и системы тел под действием различных сил
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики

<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Уметь решать задачи на движение одиночных тел и системы тел под действием различных сил</p> <p>Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Применять алгоритм для решения задач по динамике. Иллюстрировать условие задачи схематическим рисунком. Изображать силы. Находить равнодействующую сил. Решать задачи</p>

Все виды движения (для задач динамики) можно представить в виде схемы, приведённой на рисунке 17. Целью урока будет обучение учащихся решению задач на все виды движения, указанные в этой схеме, за исключением тех, которые будут изучаться позже (обведены на схеме пунктиром).

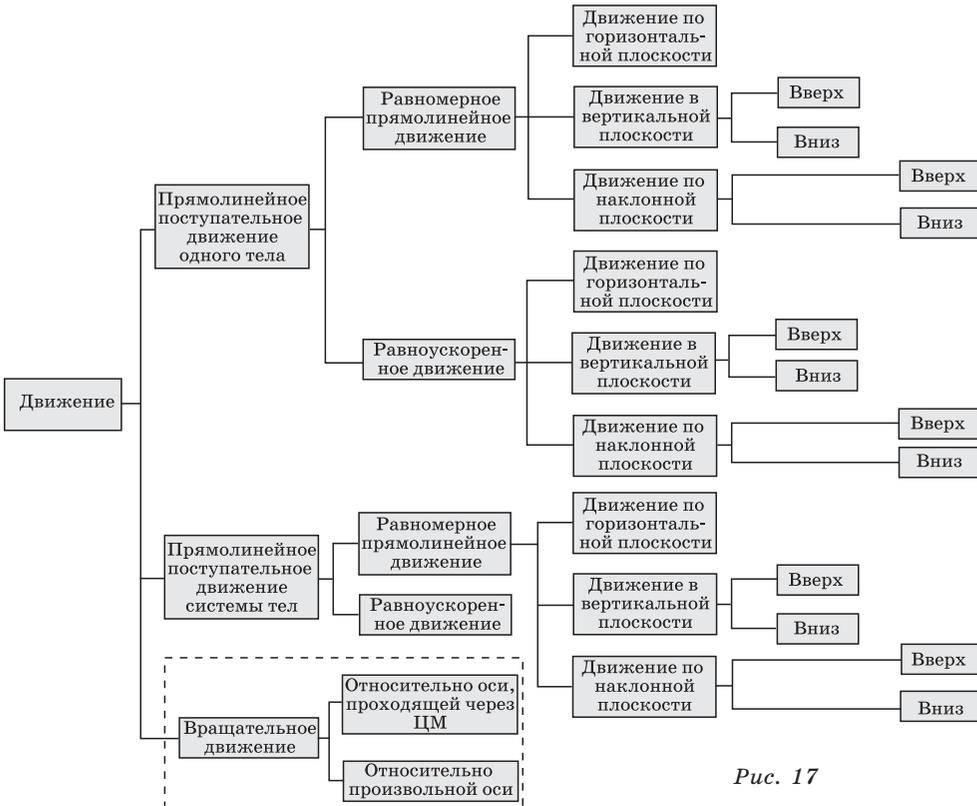


Рис. 17

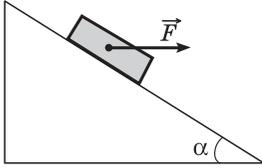


Рис. 18

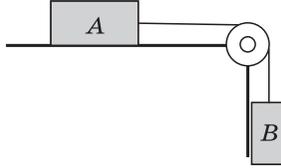


Рис. 19

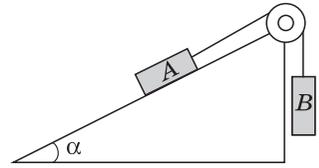


Рис. 20

Сначала можно разобрать решение **задач 2 и 3** из § 8(9) учебника.

Задача 1. Трамвай, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением $a = 0,5 \text{ м/с}^2$. Через $t = 12 \text{ с}$ после начала движения мотор трамвая выключается и трамвай движется до остановки равнозамедленно. На всём пути движения трамвая коэффициент трения $\mu = 0,01$. Определите: а) наибольшую скорость движения трамвая; б) общую продолжительность движения; в) ускорение и характер движения трамвая; г) общее расстояние, пройденное трамваем.

Задача 2. На наклонной плоскости находится тело массой $m = 50 \text{ кг}$, на которое действует горизонтально направленная сила $F = 300 \text{ Н}$ (рис. 18). Определите ускорение тела и силу, с которой оно давит на плоскость. Наклонная плоскость составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Трение не учитывайте.

Задача 3. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири A и B равной массы $M_1 = M_2 = 1 \text{ кг}$ соединены нитью, которая перекинута через блок (рис. 19). Коэффициент трения гири A о стол $\mu = 0,1$. Определите: а) ускорение, с которым движутся гири; б) натяжение нити. Трением в блоке можно пренебречь. Нить считайте невесомой и нерастяжимой.

Задача 4. Тело лежит на наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 4° . 1) При каком предельном значении коэффициента трения тело начнёт скользить по наклонной плоскости? 2) С каким ускорением будет скользить тело по плоскости, если коэффициент трения равен $0,03$? 3) Сколько времени потребуется для прохождения при этих условиях пути 100 м ? 4) Какую скорость тело будет иметь в конце этого пути?

Задача 5. Невесомый блок укреплен на вершине наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Гири A и B равной массы $M_1 = M_2 = 1 \text{ кг}$ соединены нитью, которая перекинута через блок (рис. 20). Определите: а) ускорение, с которым движутся гири; б) натяжение нити. Трением в блоке, а также трением гири A о наклонную плоскость можно пренебречь. Нить считайте невесомой и нерастяжимой.

Домашнее задание. У10, § 8(9); 3. № 1.53, 1.54.

Темы для сообщений

1. Принцип действия устройства переключения скоростей при движении велосипеда.

2. Принцип действия устройства для измерения скорости велосипеда.

Пояснение. Обычно для этого используют велокомпьютер. Он считывает информацию с датчика оборотов колеса (геркон + магнит), получая тем самым количество оборотов за единицу времени. Затем по известному диаметру колеса велокомпьютер высчитывает скорость и пройденный велосипедом путь.

Уроки 19 (24) и 20 (25). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Обучить учащихся решению задач на движение одиночных тел и системы тел под действием различных сил
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь решать задачи на движение одиночных тел и системы тел под действием различных сил
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному учителем алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять алгоритм для решения задач по динамике. Иллюстрировать условие задачи схематическим рисунком. Изображать силы. Находить равнодействующую сил. Решать задачи

Задачи: З. № 1.62, 1.66, 1.68, 1.73; **У10**, задачи 8.2—8.4.

Домашнее задание. **У10**, § 8(9); задачи 8.5—8.8; З. № 1.64, 1.67; подготовиться к самостоятельной работе.

Урок 21 (26). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи по пройденной теме
Форма урока	Самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 8(9). Основные понятия и законы динамики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь решать задачи на движение одиночных тел и системы тел под действием различных сил

<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей, предвидеть возможные результаты этих действий. Решать задачи. Применять законы динамики для анализа процессов и явлений

Контроль знаний происходит в форме решения задач самостоятельной работы по вариантам.

Вариант 1

1. Две гири массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 1$ кг соединены нитью, перекинутой через невесомый блок. Определите: а) ускорение, с которым движутся гири; б) натяжение нити. Трением в блоке можно пренебречь. Нить считайте невесомой и нерастяжимой.

2. На столе лежит деревянный брусок, к которому привязаны две нити, перекинутые через блоки, прикрепленные на краю стола. К свободным концам нити подвешены грузы, вследствие чего брусок приходит в движение и за 3 с проходит путь 0,81 м. Зная, что брусок имеет массу $m = 2$ кг, определите коэффициент трения скольжения и силы натяжения нитей.

Вариант 2

1. Наклонная плоскость, образующая угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, имеет длину $l = 2$ м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время $t = 2$ с. Определите ускорение и скорость тела в конце наклонной плоскости. Чему равен коэффициент трения тела о плоскость?

2. На гладком столе лежит брусок массой $m = 4$ кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутых через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным концам стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Определите ускорение, с которым движется брусок, и силу натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением можно пренебречь.

Домашнее задание. Повторить изученный материал.

Уроки 22 (27) и 23 (28). ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ. ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА. ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Задачи уроков	Рассмотреть прямую и обратную задачи механики, законы Кеплера, вывод закона всемирного тяготения
Форма уроков	Комбинированный урок

Текст учебника	У10. § 9(10). Прямая и обратная задачи механики
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать прямую и обратную задачи механики, законы Кеплера, закон всемирного тяготения Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Понимать и формулировать прямую и обратную задачи механики. Перечислять виды взаимодействий тел. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

После рассмотрения прямой и обратной задач механики, законов Кеплера и вывода закона всемирного тяготения следует приступить к решению задач.

Задача. Радиусы Земли и Луны равны 6378 и 1738 км соответственно, а их массы находятся в отношении 81,3 : 1. Рассчитайте ускорение силы тяжести на Луне, если на Земле оно равно 9,8 м/с².

Далее: У10, § 9 (10), разобрать решение задач 1, 2; З. № 1.192—1.196, 1.200, 1.201, 1.203—1.208.

Домашнее задание. У10, § 9(10), задачи 9.3—9.5; З. № 1.199, 1.202.

Идеи для исследований и проектов

Изучение комет

Пояснение. Это задание, на наш взгляд, представляется чрезвычайно интересным, поскольку позволяет приобщить учащихся к работе с настоящим научным оборудованием. Решение предложенной задачи на первый взгляд кажется довольно простым, но является совершенно серьёзной задачей, так как людям, которые смогли обнаружить новую комету, предоставляется возможность зарегистрировать её как своё собственное открытие. (Существует специальный сайт, на котором может зарегистрироваться каждый, кто обнаружит новую комету.) В процессе выполнения задания у учащихся может появиться вкус к научным исследованиям, что может способствовать выбору дальнейшей профессии.

Можно рекомендовать использовать материалы с сайта проекта SOHO <http://soho.nascom.nasa.gov/> и статью об исследовании движения комет: Гомулина Н. Н., Самоделкин И. Исследование движения комет // Физика для школьников. — 2012. — № 3.

Урок 24 (29). ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Задачи урока	Рассмотреть связь между силой тяготения и силой тяжести; обсудить исторический опыт Кавендиша; решить задачи по определению масс небесных тел
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 9(10). Прямая и обратная задачи механики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать связь между силой тяготения и силой тяжести, исторический опыт Кавендиша
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать и объяснять законы Кеплера. Понимать связь между силой тяготения и силой тяжести. Применять закон всемирного тяготения при расчётах сил и масс взаимодействующих тел

После рассмотрения вопросов, связанных с силами тяжести и тяготения, следует задать учащимся важный вопрос: каким образом была установлена масса Земли? Как правило, кто-то из учеников даже вспомнит точное значение этой массы, но практически никто не расскажет, откуда это известно. А ведь это чрезвычайно важный вопрос. Здесь необходимо подробно рассказать об опыте Кавендиша и его значении для науки.

Далее следует отметить, что **гравитационная постоянная G** является одной из фундаментальных постоянных. Она входит в **закон всемирного тяготения** Ньютона; она не зависит ни от свойств притягивающихся тел, ни от окружающих условий, она характеризует интенсивность самой силы гравитации.

Точное определение этой фундаментальной характеристики нашего мира чрезвычайно важно для физики и требует аккуратного измерения. Поэтому попытки более точного определения гравитационной постоянной не прекращаются до сих пор. К сожалению, результаты измерений пока не очень устраивают учёных, так как сильно различаются (и связано это с погрешностью измерений). Для того чтобы устранить эту проблему, необходимо проводить измерения различными методами (так когда-то измеряли скорость света). В последнее время появился ряд публикаций, в которых описаны новые экспериментальные методики.

1. Иванов И. Новые измерения гравитационной постоянной ещё сильнее запутывают ситуацию (<http://elementy.ru/news?newsid=432079>).

2. Иванов И. Гравитационная постоянная измерена новыми методами (<http://elementy.ru/news/430437>).

3. Иванов И. Неловкая ситуация с гравитационной постоянной (<http://igorivanov.blogspot.ru/2010/08/gravitational-constant.html>).

4. Иванов И. Атомно-интерферометрические методы (http://igorivanov.blogspot.ru/2008/02/blog-post_23.html).

Обсуждение этого эксперимента является прекрасной возможностью ещё раз обсудить значение метода погрешностей при проведении экспериментальных исследований.

Далее следует перейти к решению задач.

Задачи: 3. № 1.209, 1.210, 1.214—1.216.

Задача. Определение массы Луны.

Решение. Пусть Земля массой M_3 и Луна массой $M_{\text{Л}}$ обращаются по круговым орбитам с радиусами r_3 и $r_{\text{Л}}$ соответственно, причём $r_3 + r_{\text{Л}} = R$ (R — расстояние от Земли до Луны). Тела находятся на одной прямой, но обращаются при этом вокруг неподвижной точки (общего центра масс). Поэтому периоды обращения обоих тел одинаковы и равны T .

Рассмотрим движение одного из тел (например, Земли). Сила притяжения, действующая на Землю со стороны Луны, $F_3 = G \frac{M_3 M_{\text{Л}}}{R^2}$.

Под действием этой силы Земля движется с центростремительным ускорением $a_3 = \frac{v_3^2}{r_3}$.

Учитывая, что период обращения $T = \frac{2\pi r_3}{v_3}$ и $F_3 = M_3 a_3$, получаем $F_3 = M_3 \frac{(2\pi)^2 r_3^2}{T^2 r_3} = G \frac{M_3 M_{\text{Л}}}{R^2}$, откуда $\frac{(2\pi)^2 r_3}{T^2} = G \frac{M_{\text{Л}}}{R^2}$.

Аналогичное выражение можно получить и для Луны: $\frac{(2\pi)^2 r_{\text{Л}}}{T^2} = G \frac{M_3}{R^2}$.

Складывая эти выражения и учитывая, что $r_3 + r_{\text{Л}} = R$, находим период обращения тел: $T^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{G(M_{\text{Л}} + M_3)}$.

Отсюда выразим массу Луны: $M_{\text{Л}} = \frac{4\pi^2 R^2}{GT^2} - M_3$.

Далее можно решить и обсудить следующую задачу.

Задача. Допустим, что Земля является однородным шаром радиусом R . Постройте график зависимости ускорения свободного падения g от расстояния r с началом отсчёта в центре Земли.

(Решение приведено в книге: Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Курс физики. Механика. — М.; СПб.: Физматлит, 2001. — С. 137—139.)

Домашнее задание. Решить следующую задачу.

Задача. Достижения современной ракетной техники позволяют определить массу Луны ещё одним способом. Представьте, что запущен искусственный спутник Луны. Зная период его обращения вокруг Луны и считая массу спутника пренебрежимо малой по сравнению с массой Луны, выведите формулу для расчёта массы Луны.

Темы для сообщений

1. Современные методы измерения гравитационной постоянной.
2. Трудности, возникающие при измерении гравитационной постоянной.

Урок 25 (30). ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ

Задачи урока	Рассмотреть принцип относительности, преобразования Галилея, понятия неинерциальной системы отсчёта, силы инерции
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 10(11). Принцип относительности
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать принцип относительности, преобразования Галилея, понятия неинерциальной системы отсчёта, силы инерции
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать принцип относительности Галилея. Объяснять явления, возникающие в неинерциальных системах отсчёта. Отвечать на вопросы

Содержание урока следует логике учебника.

Решить задачу 10.3 из учебника.

Домашнее задание. У10, § 10(11), задачи 10.4, 10.6.

Урок 26 (31). ВЕС И НЕВЕСОМОСТЬ

Задачи урока	Рассмотреть понятия «вес» и «невесомость», значение силы гравитации в жизни человека и животных, невесомость и её влияние на организм человека
Форма урока	Комбинированный урок

Текст учебника	У10. § 10(11). Принцип относительности
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать понятия «вес» и «невесомость», значение силы гравитации в жизни человека и животных, влияние невесомости на организм человека</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Различать вес и силу тяжести. Объяснять причины возникновения невесомости и перегрузок. Приводить примеры.</p> <p>Выполнять задания, предложенные учителем</p>

Сначала рекомендуем повторить известное учащимся из курса физики основной школы определение **веса** тела. Если тело, подвешенное на нити или помещённое на опору, покоится либо движется равномерно и прямолинейно, то его вес по модулю равен силе тяжести: $P = mg$.

Вес тела приложен к опоре или подвесу, в отличие от него сила тяжести приложена к телу. Вес и сила тяжести имеют не только разные точки приложения, но и разную природу: сила тяжести — гравитационная сила, а вес — сила упругости.

Далее следует рассмотреть более сложную ситуацию: тело вместе с опорой или подвесом движется относительно Земли с ускорением — и выяснить, будут ли в этом случае равны вес тела и сила тяжести (У10, с. 58).

Мы видим, что вес тела может отличаться от силы тяжести. Если тело вместе с опорой или подвесом движется вниз с ускорением, которое направлено так же, как и ускорение свободного падения, то его вес меньше силы тяжести, т. е. меньше веса покоящегося тела.

Если ускорение тела равно ускорению свободного падения $a = g$, то вес тела $P = 0$. Такое состояние называется состоянием **невесомости**.

Если тело вместе с опорой или подвесом движется с ускорением, направленным противоположно ускорению свободного падения, то его вес больше силы тяжести, т. е. больше веса покоящегося тела. Увеличение веса тела, вызванное движением с ускорением, называют **перегрузкой**.

Далее можно решить задачу, продемонстрировав вышесказанное.

Задача. Чему равен вес лётчика массой 70 кг, выполняющего «мёртвую петлю», в нижней и верхней точках траектории, если радиус петли 200 м, а скорость самолёта при прохождении петли 100 м/с?

Затем следует показать значение гравитации для всех обитателей Земли, в том числе привести примеры межпредметного характера.

Стоит рассмотреть вопрос о том, каким образом человек определяет наличие или отсутствие гравитационного поля, существуют ли у нас для этого специальные сенсорные системы. Совсем недавно стало известно, что для этого существуют специальные чувствительные клетки.

Существуют клеточные и молекулярные датчики. Сейчас их изучение только началось, но уже удалось выявить существование совершенно нового органа чувств. Гравитационные физиологи уже признали существование новой сенсорной системы, реагирующей на изменение гравитации, — системы восприятия опоры. Роль новых органов чувств выполняют подошвы ног, а точнее, расположенные в них рецепторы глубокой кожной чувствительности — так называемые тельца Фатера—Пачини.

Они открыты ещё в XIX в., но их роль в гравирецепции установлена совсем недавно. Конечно, мы воспринимаем подошвами не наш вес, а силу реакции опоры, равную весу по модулю и противоположную по направлению, но физиологической сущности это не меняет. Как именно работают тельца Фатера—Пачини, пока неясно. Учёные полагают, что механическое воздействие силы реакции опоры передаётся через нервную систему и влияет на состояние определённых клеток спинного мозга.

Приведём ещё один интересный пример — адаптацию животных к различному положению в гравитационном поле. (Лиллиуайт Х. Б. Сила тяжести и кровообращение у змей // В мире науки. — 1989. — № 2. — С. 56.)

Рассмотрим змей, живущих в различных условиях: на деревьях (рис. 21, а), на земле (рис. 21, б) и в воде (рис. 21, в). Деревянные приспособлены для жизни в вертикальном положении, а живущие на земле — в горизонтальном. Водные могут находиться как в том, так и в другом положении, однако они испытывают действие ещё одной силы — силы гидростатического давления.

Обратим внимание на особенности строения системы кровообращения этих змей.

Для того чтобы понять, почему сердечно-сосудистая система так чувствительна к действию силы тяжести, построим упрощённую модель явления. Представим, что кровеносные сосуды — это цилин-

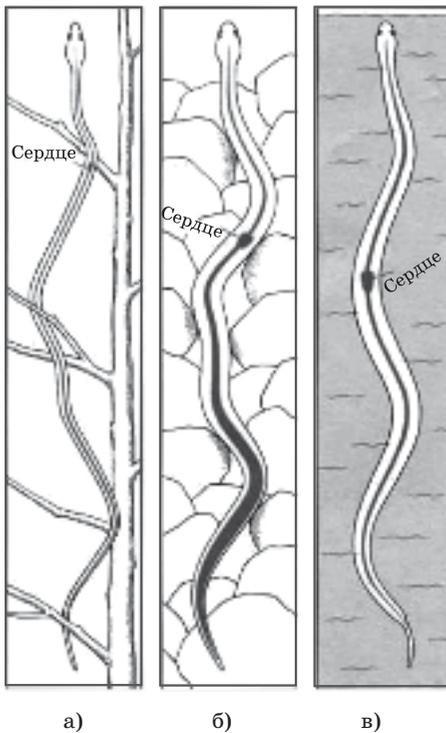


Рис. 21

дрические трубки. Если взять такую трубку (лучше резиновую), наполнить водой, закрыть её нижний конец и поместить в вертикальное положение, то вес столба воды будет меняться вдоль трубки, оказывая наибольшее действие в самой нижней части и вызывая тем самым её расширение. Давление существует в любом непрерывном столбе жидкости независимо от того, движется жидкость или нет; оно возрастает с глубиной. Если жидкость приведена в движение каким-либо насосом (как в сердечно-сосудистой системе), то её общее давление увеличивается: давление, создаваемое этим насосом (сердцем), складывается с гравитационным.

Особенностью строения кровеносной системы древесной змеи является малый диаметр сосудов и расположенное недалеко от головного мозга сердце, следовательно, оно не должно затрачивать много энергии на снабжение его кровью. Скопления же крови в нижней части не происходит, так как тело тонкое и кожа плотно прилегает, что не даёт возможности сосудам сильно деформироваться.

У змеи, живущей на земле, сердце расположено дальше от головного мозга, кровеносные сосуды достаточно широкие. Такая змея, как правило, не может находиться в вертикальном положении, так как, с одной стороны, это приведёт к недостаточному кровоснабжению мозга, а с другой — сосуды в хвостовой части могут не выдержать слишком большого гидростатического давления.

У морской змеи сердце расположено приблизительно в центральной части тела, кровеносные сосуды имеют малую упругость, так как нагрузка они почти не испытывают. Давление столба крови здесь компенсируется давлением внешнего столба жидкости.

Американскими учёными некоторое время назад был проведён эксперимент по определению изменения объёма хвоста змеи в зависимости от угла её положения относительно горизонтального. Максимальное увеличение объёма хвоста в результате накопления в нём крови наблюдалось при вертикальном положении змеи.

В эволюции у змей, живущих на земле и всегда находящихся в горизонтальном положении, не выработались приспособления, препятствующие постепенному оттоку крови в вены нижней части тела при длительном поддержании вертикального положения. Если такое положение сохранять насильственно, то приток крови к сердцу резко уменьшается и в конце концов змея погибает.

В заключение можно решить задачи 10.1, 10.2, 10.5 из учебника.

Демонстрации. Невесомость и перегрузка.

Домашнее задание. У10, §10(11); изучить информацию о проекте ZeroG. Решить следующие задачи.

Задача 1. Лифт начинает движение вниз с ускорением 2 м/с^2 . Чему равен вес стоящего в этом лифте человека массой 60 кг ?

Задача 2. С какой силой автомобиль массой 1 т давит на середину выпуклого моста, имеющего радиус кривизны 30 м ? Скорость автомобиля 72 км/ч .

Задача 3. Камень массой 400 г вращают равномерно в вертикальной плоскости на верёвке длиной 1 м со скоростью 2 м/с. Определите силу натяжения верёвки при прохождении камнем верхней и нижней точек траектории.

Урок 27 (32). УРОК-ИССЛЕДОВАНИЕ «ПУТЕШЕСТВИЕ НА МАРС»

Задачи урока	Провести анализ характеристик планеты Марс, коллективно обсудить возможность полёта на Марс, провести анализ связанных с перелётом рисков
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 10(11). Принцип относительности
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать законы динамики, тяготения, характеристики планеты Марс Уметь продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников, эффективно разрешать конфликты Уметь вести диалог с другими людьми, достигать взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения
Основные виды деятельности учащихся	Находить информацию о планете Марс в дополнительной литературе и Интернете. Оценивать достоверность этой информации. Работать с таблицами, находить в них необходимую информацию. Работать с относительными единицами физических величин. Участвовать в обсуждении роли физики в развитии научного мировоззрения, логически обосновывать свою точку зрения, воспринимать и анализировать мнения собеседников, признавая право другого человека на иное мнение. Работать в группе. Находить общие цели и сотрудничать для их достижения

Этот урок условно назовём «Путешествие на Марс».

На уроке целесообразно коллективно обсудить возможность перелёта на другие планеты и существования на них человека, риски, связанные с этим. Ведь не исключена возможность, что кто-нибудь из наших учеников сможет принять участие в таком перелёте.

Как известно, космический туризм становится реальностью, а жизнь на Марсе обсуждается как вполне реальная перспектива.

Сначала нужно собрать некоторую информацию о планете Марс. Следует дать задание учащимся изучить приведённые в таблице 1 данные и

на их основе указать массу Марса, его размер, температуру поверхности, давление, рассчитать ускорение свободного падения, оценить расстояние от Земли до Марса и рассчитать скорость полёта, исходя из времени передвижения (по оценкам специалистов, это 501 день).

Таблица 1

Параметр	Значение
Среднее расстояние от Солнца, а. е.	1,524
Сидерический период обращения, сут.	687,0
Синодический период обращения, сут.	779,9
Эксцентриситет орбиты	0,0934
Наклонение орбиты к эклиптике	1°51'
Экваториальный радиус, км	3393
Сжатие	0,0032
Масса, кг	$6,40 \cdot 10^{22}$
Масса (в единицах земной массы)	0,107
Средняя плотность, кг/м ³	$3,9 \cdot 10^3$
Ускорение силы тяжести на экваторе, м/с ²	3,71
Параболическая скорость, км/с	5,0
Период вращения	$24^h 37^m 22,6^s$
Наклон экватора к плоскости орбиты	25°12'
Визуальная звёздная величина*	-1,9
Сферическое альbedo**	0,24
Солнечная постоянная, Вт/м ²	586
Средняя эффективная температура, К	210
Температура поверхности, К***	300 (147)
Атмосферное давление у поверхности, атм	0,006
Число известных спутников (естественных)	2

* В противостоянии.

** Интегральное.

*** Первая цифра — максимальная температура (полдень, экватор), вторая — минимальная.

Далее следует проанализировать химический состав атмосферы на Марсе. Для этого нужно воспользоваться таблицей 2.

Таблица 2

Газ	Содержание, %
Водород Н ₂	—
Кислород О ₂	0,1
Озон О ₃	10 ⁻⁵
Азот N ₂	2,5
Сера S ₂	—
Двуокись углерода СО ₂	95
Водяной пар Н ₂ О	0—0,2
Окись углерода СО	0,08

Газ	Содержание, %
Метан CH_4	$4 \cdot 10^{-4}$
Аммиак NH_3	$<10^{-5}$
Двуокись серы SO_2	$<10^{-6}$
Хлористый водород HCl	$<10^{-5}$
Фтористый водород HF	$<10^{-7}$
Ацетилен C_2H_2	$<5 \cdot 10^{-4}$
Этан C_2H_6	$<4 \cdot 10^{-4}$
Фосфин PH_3	—
Инертные газы:	
He	—
Ne	—
Ar	1,5
Kr	$3 \cdot 10^{-5}$
Xe	$8 \cdot 10^{-6}$

Средняя молярная масса составляет 43,5 г/моль.

Затем нужно обсудить проблему перелёта, последствия сопровождающей его невесомости, влияние невесомости на организм человека.

Длительное пребывание человека в невесомости не просто неудобство, оно вызывает нарушение множества обменных процессов: это изменение и состава крови, и свойств костной ткани, и многое другое. В настоящее время уже разработано устройство, которое может уменьшить отрицательное влияние невесомости на организм, — специальный башмак, который имитирует опорную нагрузку. Давление на стопу оказывает сжатый воздух, нагнетаемый компрессором в ритме ходьбы или бега. Кстати, он также может помочь и тем людям, которые вынуждены длительное время придерживаться постельного режима.

После всего сказанного следует задать учащимся такой вопрос: одинаковое ли воздействие оказывается на человека в состоянии микрогравитации и невесомости? (*Ответ.* Нет, в состоянии микрогравитации внутренние органы не испытывают невесомости.)

Домашнее задание. Прочитать статью К. Э. Циолковского «Карлики и гиганты»; сделать выводы о том, как может измениться вид человека в случае длительной жизни в других условиях.

Поиск и анализ информации об особенностях возможной жизни на Марсе и подготовке марсианской экспедиции.

Сравнить те результаты, которые были получены на уроке, с тем, как описывают жизнь на Марсе писатели-фантасты: Г. Арельский («К новому Солнцу»), Л. Афанасьев («Путешествие на Марс»), братья А. и Б. Стругацкие («Ночью на Марсе»), Г. Уэллс («Существа, которые живут на Марсе»).

**Урок 28 (33). ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ.
УГЛОВОЕ УСКОРЕНИЕ. МОМЕНТ ИНЕРЦИИ.
ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ
ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА**

Задачи урока	Повторить понятия «момент силы», «плечо силы»; ввести понятия абсолютно твёрдого тела, момента инерции; научить учащихся вычислению момента инерции тел различной формы, применению теоремы Штейнера
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 11(12). Вращательное движение тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: момент силы, плечо силы, абсолютно твёрдое тело (физическая модель), момент инерции Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать понятия угловой и линейной скорости, углового и линейного ускорения. Приводить примеры неравномерного вращения. Изучать особенности вращательного движения тел. Исследовать причины, вызывающие ускорение вращения тела вокруг оси. Рассчитывать моменты инерции симметричных тел. Записывать уравнение динамики вращательного движения и применять его при решении задач. Составлять таблицу физических величин для сравнения поступательного и вращательного движения. Решать задачи

Обратить внимание учащихся на модель, которая используется при описании вращения твёрдого тела, — **абсолютно твёрдое тело** — тело, между любыми точками которого расстояние остаётся неизменным.

Обучение учащихся *решению задач на вращательное движение* целесообразно с использованием предложенного ниже *алгоритма*.

1. Сделать чертёж, на котором указать силы, действующие на каждое тело, направления моментов сил, направление углового ускорения каждого вращающегося тела.

2. Указать на чертеже направления осей координат, удобные для данной задачи, в том числе направление оси OZ , параллельной вектору углового ускорения.

3. Написать основное уравнение динамики вращательного движения в векторной форме для каждого тела, совершающего вращение.

4. Записать полученные уравнения в проекциях на оси координат.

5. Если в системе тел есть тела, совершающие также поступательное движение, написать уравнения, связывающие модули углового ускорения и ускорения поступательного движения.

6. Решить полученную систему уравнений, ответить на вопрос задачи.

Далее следует решить ещё раз **задачу** из урока 14(19), но при решении учесть массу блока. Сравнить результаты.

Затем можно предложить следующую задачу.

Задача. Маховик, момент инерции которого $I = 63,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 31,4 \text{ рад/с}$. Определите тормозящий момент M , под действием которого маховик останавливается через $t = 20 \text{ с}$.

В оставшееся время можно разобрать решение задач 1—3 из § 11(12) учебника и решить задачу 11.1, а также 3. № 1.117.

Демонстрация. Зависимость углового ускорения от момента силы и момента инерции (ДЭ1, опыт 43).

Домашнее задание. У10, § 11(12); задачи 11.2—11.5; 3. № 1.118.

Урок 29 (34). УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛ

Задачи урока	Ввести понятия центра тяжести и центра масс
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 12(13). Условия равновесия тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия центра тяжести и центра масс Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Изображать силы на схематическом рисунке. Анализировать силы, действующие на тело. Определять условия равновесия тел. Рассчитывать положение центра масс тела

Физика не должна быть скучной наукой, поэтому необходимо показывать примеры проявления её законов во всём. Следует привести некоторые примеры, которые не только являются интересными, но и в какой-то степени имеют профориентационную направленность, продемонстрировать, как физика используется архитекторами, скульпторами, спортсменами и людьми, занимающимися изучением способов повышения эффективности двигательных действий человека.



Рис. 22

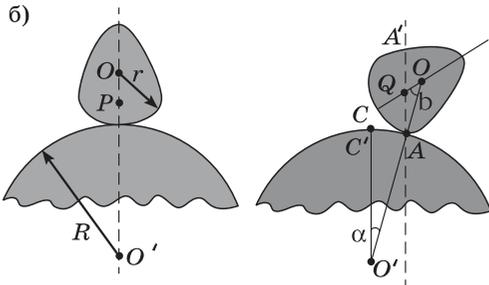


Рис. 23

Скульпторы и архитекторы постоянно используют понятие **центра масс**. На примере необычных «рваных» скульптур Бруно Каталано (рис. 22) (и см. сайт <http://udivitelno.com/creation/item/11-bruno-catalano>), а также самых известных необычных строений, таких, как Пизанская башня в городе Пизе, Невьянская башня на Урале, башня Сююмбике в Казанском кремле и др., можно рассмотреть условия равновесия тел.

Феномен качающихся скал также является широко распространённым. Так, например, в окрестностях аргентинского порта Бахия-Бланка находится так называемая качающаяся скала (рис. 23, а), которая совершает непрерывное медленное движение из стороны в сторону. Можно предположить учащимся самим установить причину подобного поведения камней. Можно рассказать, что нагрев скалы солнечными лучами, а затем её охлаждение приводят к небольшому блужданию центра тяжести (рис. 23, б).

Задачи для решения на уроке: У10, § 12(13), задачи 12.1, 12.2; 3. № 1.90, 1.92, 1.93.

Демонстрации.

- 1) Условия равновесия тел.
- 2) Рычаг с грузами.
- 3) Призма с отвесом (рис. 24).

Домашнее задание. У10, § 12(13).



Рис. 24

Урок 30 (35). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на определение характеристик вращательного движения твёрдых тел
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 12(13). Условия равновесия тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритм решения задач на определение характеристик вращательного движения твёрдых тел Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному учителем алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Изображать силы на схематическом рисунке. Анализировать силы, действующие на тело. Использовать таблицу физических величин для сравнения поступательного и вращательного движения. Решать задачи

Сначала можно решить с учащимися следующую задачу.

Задача. Пусть человек массой 70 кг прыгает вверх с места. Скорость его центра масс при отрыве от земли равна 3,5 м/с, продолжительность фазы отталкивания равна 0,1 с. Определите силу, развиваемую мышцами ног при толчке.

Затем разобрать задачу о технике прыжка в высоту способом фосбери-флоп.

Современные спортивные достижения уже так велики, что для установления новых рекордов необходимо использовать знание физических законов.

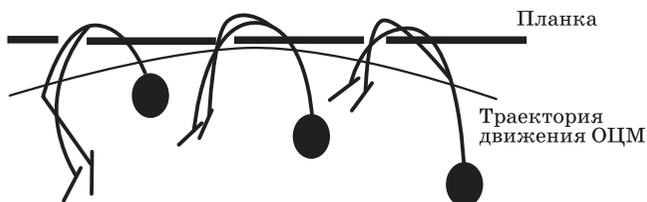


Рис. 25

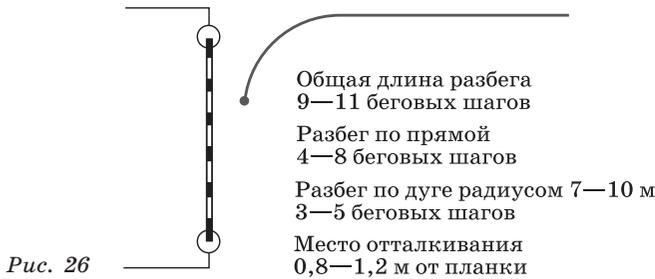


Рис. 26

Наглядной иллюстрацией этого тезиса является история изобретения прыжка в высоту способом фосбери-флоп. Этот способ был изобретён в США. В 1968 г. на летних Олимпийских играх в Мексике Дик Фосбери с помощью нового способа выиграл золотую олимпийскую награду, установив новый рекорд (2,24 метра). Основное преимущество новой техники прыжка заключается в том, что траектория общего центра масс (ОЦМ) спортсмена проходит под планкой, в то время как при способе «перекидной» — над планкой. Способом прыжка фосбери-флоп спортсмен может взять высоту, причём в течение всего прыжка его центр масс находится ниже планки на расстоянии до 20 см (рис. 25).

При совершении прыжка существенную роль играют маховые движения, совершаемые ногой (маховой ногой) и руками, которые передают телу энергию, накопленную во время разбега.

В этом прыжке используется и ещё один физический эффект.

Обратим внимание на траекторию, по которой разбегаются спортсмен: часть её — прямая, а часть — дуга окружности (рис. 26).

При разбеге по дуге возникает сила $\vec{F}_{цб}$, которая направлена в сторону планки (на рисунке 27 показаны силы, возникающие в горизонтальной плоскости). На рисунке 28 показаны скорости прыгуна в момент отталкивания: \vec{v}_0 — начальная скорость отталкивания (вылета) центра масс спортсмена; $\vec{v}_{гор}$ — горизонтальная скорость разбега; $\vec{v}_{верт}$ — вертикальная составляющая скорости отталкивания; α — угол вылета центра масс спортсмена во время отталкивания.

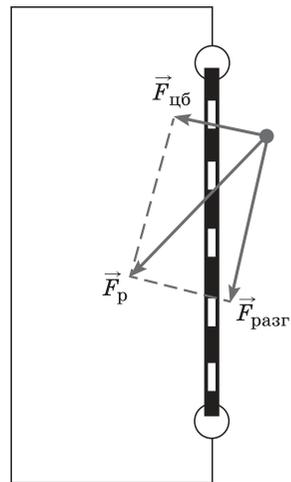


Рис. 27

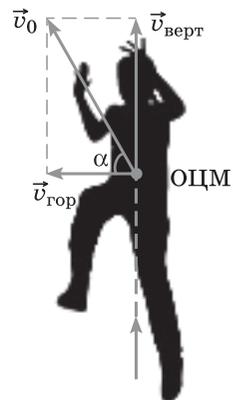


Рис. 28

Дополнительно можно разобрать задачи 1 и 2 из § 12(13) учебника.

Домашнее задание. У10, § 12(13); задачи 12.3, 12.4.

Тема для сообщения. Использование методов видеоанализа в спорте.

Пояснение. Методы видеоанализа чрезвычайно эффективны в спорте, так как для достижения наивысшего результата необходима наиболее рациональная и эффективная техника выполнения соревновательных упражнений. Наиболее объективен и содержателен биомеханический анализ.

Видеоанализ в спорте в настоящее время используется для повышения качества технического мастерства спортсменов, разработки новых моделей выполнения тех или иных движений, для совершенствования спортивной техники (<http://rud.exdat.com/docs/index-630627.html?page=18>).

Идеи для исследований и проектов

Исследовать средствами видеоанализа те упражнения, которые вы выполняете на уроках физкультуры.

===== Законы сохранения в механике (14 ч) =====

Урок 31 (36). ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ

Задачи урока	Ввести понятия: замкнутая система, импульс тела, импульс силы, реактивное движение тел
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 13(14). Закон сохранения импульса
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятия замкнутой системы, импульса тела, импульса силы, реактивного движения тел
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	<p>Определять замкнутость системы взаимодействующих тел. Приводить примеры замкнутых и незамкнутых систем.</p> <p>Измерять импульс тела.</p> <p>Формулировать закон сохранения импульса и применять его для вычисления изменений скоростей тел при их взаимодействиях.</p> <p>Приводить примеры реактивного движения.</p> <p>Моделировать реактивное движение.</p> <p>Участвовать в обсуждении значения открытия законов динамики и закона сохранения импульса для развития техники</p>

Проводим преобразование основного закона динамики $\vec{F} = m\vec{a}$, напомним учащимся определение ускорения: $\vec{F} dt = d(m\vec{v})$.

Демонстрация. Проверяем полученное соотношение с помощью установки для обрыва верхней и нижней нитей. Показываем, что если действие силы очень кратковременно, то массивное тело в силу своей инертности не успевает приобрести ускорение и происходит обрыв нижней нити, при длительном действии силы обрывается верхняя нить.

Рассматривая закон сохранения импульса, необходимо обратить внимание учащихся на границы его применимости: импульс системы тел может сохраняться в замкнутой системе или, если система замкнута, только для одного направления, которое является для этой системы замкнутым.

Далее следует рассмотреть движение тел переменной массы. В этом аспекте целесообразно привести примеры использования реактивного движения жителями морских глубин.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 13.1, 13.2; З. № 1.124, 1.129.

Демонстрация. Реактивное движение.

Домашнее задание. У10, § 13(14); задачи 13.3—13.5; З. № 1.123—1.126.

Темы для сообщений

1. История развития реактивной техники.
2. К. Э. Циолковский — основоположник космонавтики.
3. Реактивное движение в природе.

Урок 32 (37). СТОЛКНОВЕНИЕ ТЕЛ. УПРУГИЙ И НЕУПРУГИЙ УДАРЫ

Задачи урока	Изучить возможные столкновения тел (упругий и неупругий удары), сформировать умение применять закон сохранения импульса
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 13(14). Закон сохранения импульса
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать особенности упругого и неупругого ударов Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Моделировать и объяснять упругие и неупругие столкновения тел. Производить операции с векторами. Выполнять задания, предложенные учителем

Прежде всего стоит рассмотреть примеры упругих и неупругих соударений (импульсы направлены вдоль одной прямой) — **центральные** удары.

Более сложным случаем являются **нецентральные** удары, в которых импульсы не направлены вдоль одной прямой, поэтому решение таких задач окажется хорошей практикой для закрепления умения действия с векторами.

Задачи для решения на уроке: З. № 1.158, 1.160, 1.161, 1.172.

Демонстрации. Упругий и неупругий удары.

Домашнее задание. З. № 1.159, 1.163, 1.164, 1.171.

Идеи для исследований и проектов

1. Исследовать взаимодействие теннисного мяча с различными поверхностями.

Пояснение. Исследование можно провести как с реальными теннисными шариками или мячами, так и с использованием модельного эксперимента, который осуществляется в программе «Живая физика». В этой программе можно изменять характеристики поверхностей, шаров и т. п.

При исследовании соударений в реальном эксперименте лучше использовать метод видеонализа, который уже упоминался. По небольшим видеофрагментам можно подробно изучить поведение исследуемых тел и их взаимодействия.

2. Предложить различные конструкции установок для исследования соударений.

Пояснение. Возможные варианты: а) падение шара на поверхность и наблюдение за его отскоками; б) взаимодействие шара, подвешенного на нити (маятник).

Урок 33 (38). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять импульс тела, сравнивать импульсы системы тел до и после взаимодействия
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 2
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Уметь экспериментально определять импульс тела, сравнивать импульсы системы тел до и после взаимодействия
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания

<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Экспериментально определять импульс тела, сравнивать импульсы системы тел до и после взаимодействия. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты наблюдений и опытов

Работу следует провести по инструкции учебника.

Домашнее задание. У10, § 13(14); обработать результаты лабораторной работы.

Урок 34 (39). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на применение закона сохранения импульса
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 13(14). Закон сохранения импульса
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать алгоритм решения задач на применение закона сохранения импульса
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному учителем алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать закон сохранения импульса и применять его для вычисления изменений скоростей тел при их взаимодействиях. Производить операции с векторами. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

Следует решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Снаряд весом 980 Н, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нём. Какую скорость получит вагон, если он: 1) стоял неподвижно; 2) двигался со скоростью 36 км/ч в том же направлении, что и снаряд; 3) двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?

Задача 2. Тело массой 1 кг, движущееся горизонтально со скоростью 1 м/с, догоняет другое тело массой 0,5 кг и неупруго сталкивается с ним. Какую скорость получают тела, если второе тело: 1) стояло неподвижно; 2) двигалось со скоростью 0,5 м/с в том же направлении, что и первое тело; 3) двигалось со скоростью 0,5 м/с в направлении, противоположном направлению первого тела?

Задача 3. Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. Определите расстояние, на которое откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лёд равен 0,02.

Задача 4. Тело массой $M_1 = 2$ кг движется навстречу телу, масса которого $M_2 = 1,5$ кг, и неупруго сталкивается с ним. Скорости тел непосредственно перед столкновением были равны соответственно $v_1 = 1$ м/с и $v_2 = 2$ м/с. Сколько времени будут двигаться эти тела после столкновения, если коэффициент трения $\mu = 0,05$?

Задача 5. В тело массой $M = 1$ кг, лежащее на горизонтальной поверхности, попадает пуля массой $m = 0,01$ кг и застревает в нём. Скорость пули, равная $v = 700$ м/с, направлена горизонтально. Какой путь пройдёт тело до остановки, если коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,2$?

Домашнее задание. У10, § 13(14); З. № 1.128.

Урок 35 (40). ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

Задачи урока	Ввести понятие момента импульса (момента количества движения), закон сохранения момента импульса; обучить учащихся применению закона сохранения момента импульса для решения конкретных задач
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 14(15). Закон сохранения момента импульса
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятие момента импульса (момента количества движения), закон сохранения момента импульса
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Формулировать закон сохранения момента импульса и применять его при расчётах результатов взаимодействий тел в замкнутых системах. Наблюдать опыты со скамьёй Жуковского. Участвовать в обсуждении этих опытов и вращательного движения фигуристов. Решать задачи</p>
---	---

Демонстрация. Закон сохранения момента количества движения (ДЭ1, опыт 49) (прибор для демонстрации сохранения момента импульса).

Далее следует решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Человек стоит на неподвижном диске, который может вращаться вокруг вертикальной оси. Момент инерции человека и диска $I = 6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. В некоторый момент человек ловит мяч массой $m = 0,3 \text{ кг}$, летящий в горизонтальном направлении на расстоянии $R = 0,6 \text{ м}$ от вертикальной оси вращения диска. После этого диск стал вращаться с угловой скоростью $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$. Определите скорость мяча.

Задача 2. На краю свободно вращающегося горизонтального диска радиусом $R = 2 \text{ м}$ и массой $M = 200 \text{ кг}$ стоит человек массой $m = 70 \text{ кг}$ и моментом инерции относительно вертикальной оси $I_ч = 1,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Диск вращается с угловой скоростью $\omega_0 = 0,5 \text{ с}^{-1}$. 1) Определите угловую скорость диска, если человек перейдёт от края диска к его центру. 2) На сколько изменится при этом кинетическая энергия системы?

Задача 3. Как изменится период вращения Земли вокруг оси, если весь лёд на её поверхности растает? Объём льда $V_л = 2430 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$, плотность льда $\rho_л = 910 \text{ кг/м}^3$. Масса Земли примерно $M_з = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, радиус Земли $R_з = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$, период вращения Земли вокруг оси $T_з = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$.

(Для более подробного обсуждения проблемы, рассматриваемой в задаче, можно ознакомиться со статьёй: Биншадлер Р., Бентли Ч. По тонкому льду // В мире науки. — 2003. — № 4. — С. 48.)

Решение. Прежде всего найдём массу льда:

$$m_л = \rho_л V_л, \quad m_л = 2,2 \cdot 10^{19} \text{ кг}.$$

Первоначально момент инерции системы можно рассчитать как момент инерции шара: $I_{ш} = \frac{2}{5} M_з R_з^2$.

После того как весь лёд растает, система будет представлять собой шар, окружённый водяной оболочкой примерно того же радиуса. При расчёте момента инерции следует учесть оба тела:

$$I_2 = I_{ш} + I_{сф}, \quad \text{или} \quad I_2 = \frac{2}{5} M_з R_з^2 + \frac{2}{5} m_л R_з^2.$$

Теперь необходимо записать закон сохранения момента импульса:

$$I_{ш} \omega_1 = I_2 \omega_2.$$

Подставим в это выражение известные величины и учтём, что $\omega = \frac{2\pi}{T}$:

$$\frac{2}{5} M_3 R_3^2 \frac{2\pi}{T_1} = \left(\frac{2}{5} M_3 R_3^2 + \frac{2}{3} m_{\text{л}} R_3^2 \right) \frac{2\pi}{T_2}.$$

Преобразуем полученное выражение:

$$M_3 \frac{1}{5T_1} = \left(\frac{1}{5} M_3 + \frac{1}{3} m_{\text{л}} \right) \frac{1}{T_2},$$

откуда получим период вращения

$$T_2 = \left(\frac{M_3}{5} + \frac{m_{\text{л}}}{3} \right) \frac{5T_1}{M_3}, \quad T_2 = 86 \, 401 \text{ с},$$

т. е. период увеличится на 1 с.

В оставшееся время можно решить задачи 14.1—14.3 из учебника.

Домашнее задание. У10, § 14(15); З. № 1.120—1.122.

Идеи для исследований и проектов

Физические основы фигурного катания и танца.

Пояснение. По ссылке <http://www.twizzle.ru/video/> посмотрите видеофрагменты и опишите с точки зрения физики наблюдаемые вращения. Приведите соответствующие выкладки.

Урок 36 (41). КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ. КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

Задачи урока	Ввести понятия кинетической энергии поступательного движения, кинетической энергии вращательного движения; установить связь между энергией и работой
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 15(16). Закон сохранения энергии в механических процессах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия кинетической энергии поступательного движения, кинетической энергии вращательного движения, связь между энергией и работой
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	<p>Определять работу силы и изменение кинетической энергии тела, сравнивать их.</p> <p>Вычислять работу силы и изменение кинетической энергии тела под действием этой силы.</p> <p>Вычислять кинетическую энергию и её изменение при вращательном движении</p>

После рассмотрения **кинетической энергии** следует перейти к вопросу о **механической работе** сил. Нужно определить условия, при которых работа положительна, отрицательна и равна нулю. Провести расчёт работы сил реакции опоры, трения и тяжести.

Обратить внимание учащихся на аналогию между импульсом силы $F\Delta t$, которая является временной характеристикой, и работой $F\Delta s$, являющейся пространственной характеристикой.

Рассматривая работу различных механических сил, можно убедиться в том, что силой реакции опоры работа не совершается, а работа силы тяжести не зависит от траектории движения. В частности, неважно, как вы поднимаете груз на определённую высоту: вертикально вверх или по наклонной плоскости.

Далее следует перейти к решению задач.

Задача 1. Обруч и диск имеют одинаковую массу M и катятся без скольжения с одинаковой линейной скоростью v . Кинетическая энергия обруча $E_{к1} = 40$ Дж. Определите кинетическую энергию $E_{к2}$ диска.

Задача 2. Медный шар радиусом $R = 10$ см вращается со скоростью, соответствующей частоте $\nu = 2$ об/с, вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара в 2 раза? Плотность меди $\rho = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

Задача 3. Определите линейные ускорения движения центров тяжести: а) шара; б) диска и в) обруча, скатывающихся без скольжения с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости равен 30° , начальная скорость всех тел равна нулю.

Задача 4. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом $R = 2$ м, стоит человек массой $m_1 = 80$ кг. Масса платформы $m_2 = 240$ кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. Пренебрегая трением, определите, с какой угловой скоростью ω будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль её края со скоростью $v = 2$ м/с относительно платформы.

Домашнее задание. У10, § 15(16); решить следующие задачи.

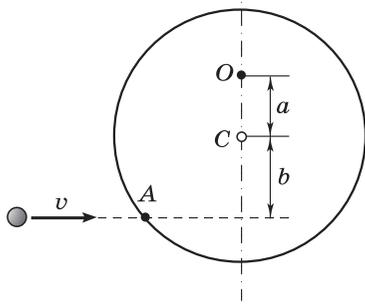


Рис. 29

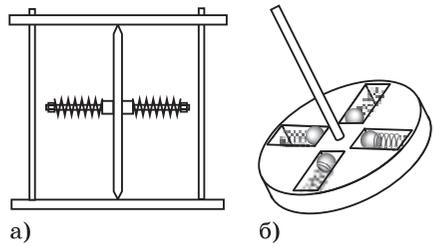


Рис. 30

Задача 1. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой $m = 0,4$ кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью $v = 20$ м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии $r = 0,8$ м от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью ω начнёт вращаться скамья Жуковского с человеком, поймавшим мяч, если суммарный момент инерции человека и скамьи $I = 6$ кг \cdot м²?

Задача 2. Однородный диск массой $m_1 = 0,2$ кг и радиусом $R = 20$ см может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси Z , перпендикулярной плоскости диска и проходящей через точку C (рис. 29). В точку A на образующей диска попадает пластилиновый шарик, летящий горизонтально (перпендикулярно оси Z) со скоростью $v = 10$ м/с, и прилипает к его поверхности. Масса шарика $m_2 = 10$ г. Определите угловую скорость ω диска и линейную скорость u точки O на диске в начальный момент времени. Вычисления выполните для следующих значений a и b : 1) $a = b = R$; 2) $a = R/2$, $b = R$.

Идеи для исследований и проектов

1. Предложить конструкцию двух волчков, которые при одинаковых форме, размерах и массе, будучи запущенными с одной и той же скоростью, могли бы за счёт своей энергии совершать разную работу по преодолению силы трения, т. е. вращались бы разное время¹.

Пояснение. Решение задачи заключается в том, чтобы при сохранении общей массы волчка перераспределить эту массу внутри заданной формы, устраивая полости, надевая на волчки обручи и т. п.

2. Предложить конструкцию прибора для демонстрации закона сохранения момента импульса.

Пояснение. Явлений, подчиняющихся закону сохранения момента импульса, может быть найдено множество. Каждое из них может быть заложено в качестве идеи в конструкцию прибора.

¹ См.: Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1966.

Рассмотрим два возможных варианта:

а) Крестовина со сходящимися грузами (рис. 30, а). На подставке укреплена рама, в которую на подшипниках вставлена крестовина (вертикальная её часть является осью вращения относительно рамы). На её горизонтальную часть насажены два симметричных груза (равные по массе и размерам). Грузы одинаковыми пружинами прижимаются к вертикальной оси. При вращении крестовины грузы расходятся, сжимая пружины. По мере уменьшения угловой скорости крестовины (за счёт силы трения) грузы смещаются к центру, уменьшается момент инерции системы, а угловая скорость вращения остаётся примерно постоянной. Таким образом, за счёт постоянного изменения положения грузов относительно вертикальной оси довольно долго удаётся наблюдать их вращение.

Массу грузов можно определить по формуле $-kx = mR\omega^2$ в зависимости от длины R плеча, начальной скорости и упругости k пружины.

б) Волчок с регулятором угловой скорости (рис. 30, б). Он работает по принципу, описанному в п. «а», но конструктивно выполнен в виде волчка. В теле волчка высверлено четыре радиальных отверстия, в которые вставляются сначала одинаковые шарики, а затем пружинки. После этого отверстия закрываются обрубком.

Тема для сообщения. Использование закона сохранения момента импульса при выполнении спортивных упражнений.

Урок 37 (42). ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ТЕЛА В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Задачи урока	Ввести понятие потенциальной энергии, познакомиться с принципом минимума потенциальной энергии
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 15(16). Закон сохранения энергии в механических процессах
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятие потенциальной энергии, принцип минимума потенциальной энергии
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Формулировать принцип минимума потенциальной энергии. Вычислять потенциальную энергию тел в гравитационном поле. Формулировать и пояснять закон сохранения механической энергии. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем</p>
---	--

Следует обратить внимание учащихся на то, что **потенциальная энергия** тела зависит от выбора нулевого уровня для её отсчёта, однако изменение потенциальной энергии является величиной постоянной в любой инерциальной системе отсчёта.

Разобрать примеры решения задач 1—5 из § 15(16) учебника.

Демонстрации.

- 1) Взаимные превращения потенциальной и кинетической энергий.
- 2) Изменение энергии тел при совершении работы.

При выполнении демонстрации запускайте шар по наклонной направляющей (рис. 31) с различных высот. Обратите внимание учащихся на то, что при движении шара с высоты 2 он вряд ли пройдёт верхнюю точку петли без отрыва (хотя теоретически это возможно). Обсудите, почему это происходит.

Используя данные демонстрационного эксперимента, решите задачу на расчёт силы трения при движении шара.

Задача. В известном устройстве для демонстрации, которое состоит из одинаковых шаров (рис. 32), подвешенных на нитях равной длины, расстояния между соседними шарами малы. Что произойдёт, если отклонить крайний шар и отпустить? если сделать это сразу с двумя шарами? Ответ обоснуйте.

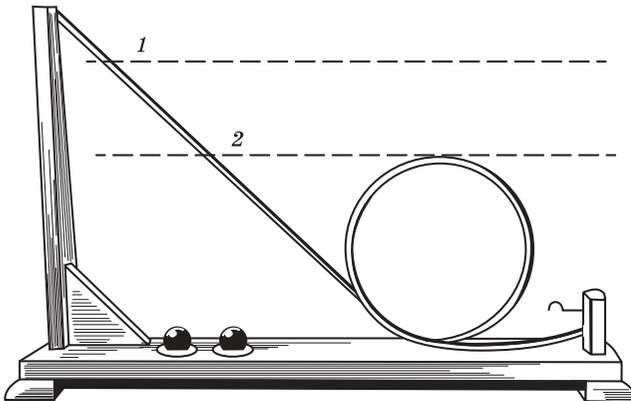


Рис. 31

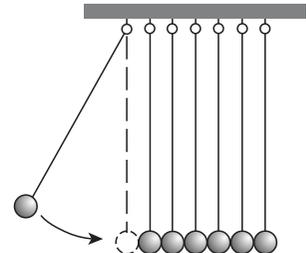


Рис. 32

Решение. Пусть будет отклонено и отпущено несколько (n_1) шаров, двигающихся совместно (слитно) со скоростью v_1 . При этом отскочит некоторое число (n_2) шаров со скоростью v_2 . Согласно законам сохранения импульса и энергии можно записать следующие соотношения:

$$\begin{aligned} n_1 m v_1 &= n_2 m v_2, \\ \frac{1}{2} n_1 m v_1^2 &= \frac{1}{2} n_2 m v_2^2. \end{aligned}$$

После сокращения получим

$$n_1 v_1 = n_2 v_2, \quad (1)$$

$$n_1 v_1^2 = n_2 v_2^2. \quad (2)$$

Возведём равенство (1) в квадрат и разделим его на равенство (2). Получим $n_1 = n_2$. Это означает, что количество шаров, отскочивших после удара, будет таким же, как и количество отклонённых шаров.

При изучении темы «Вращательное движение» уже была рассмотрена задача о скатывающемся цилиндре. Она была решена на основе второго закона Ньютона и основного уравнения вращательного движения. При изучении темы «Закон сохранения энергии» полезно рассмотреть эту же задачу снова, продемонстрировав другой подход к её решению. Внимательно сравнивая два способа решения этой задачи, можно прийти к выводу, что значительно проще её решение на основе закона сохранения энергии.

Задача. Скатывающиеся цилиндры.

Какой цилиндр скатится с наклонной плоскости быстрее — сплошной или полый? Считайте, что геометрические размеры и массы цилиндров одинаковы.

Решение. Рассмотрим движение сплошного цилиндра. Поскольку сила трения качения работы не совершает (трением качения пренебрегаем), полная энергия цилиндра остаётся постоянной. В начальный момент кинетическая энергия $E = 0$, потенциальная энергия $U = mgh$. В конце скатывания потенциальная энергия становится равной нулю, зато возрастает кинетическая энергия. Суммарная кинетическая энергия поступательного

и вращательного движения $E = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I_c \omega^2}{2}$.

Так как скольжение отсутствует, линейная v_c и угловая ω скорости связаны соотношением $v_c = \omega R$, где R — радиус цилиндра, откуда $\omega = \frac{v_c}{R}$.

Момент инерции сплошного цилиндра $I_c = \frac{mR^2}{2}$. Подставив эти соотношения в выражение для кинетической энергии, получим

$$E = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{mR^2}{2} \frac{v_c^2}{R^2} = \frac{3}{4} m v_c^2.$$

Полная энергия в начале и конце скатывания должна быть одинакова:

$$\frac{3}{4} m v_c^2 = mgh, \quad \text{откуда} \quad v_c = \sqrt{\frac{4}{3} gh}.$$

Сравним результат с полученным тем же способом для полого цилиндра. Для этого подставим значение момента инерции $I_{\text{ц}} = mR^2$ полого цилиндра в выражение для полной кинетической энергии:

$$E = \frac{mv_{\text{ц}}^2}{2} + \frac{1}{2}mR^2 \frac{v_{\text{ц}}^2}{R^2} = mv_{\text{ц}}^2.$$

Отсюда $mv_{\text{ц}}^2 = mgh$, и, следовательно, $v_{\text{ц}} = \sqrt{gh}$.

Таким образом, скорость полого цилиндра оказалась больше. Этот же результат легко получить в эксперименте.

Далее следует предложить учащимся следующие задачи для самостоятельного решения.

Задача 1. Горизонтальная платформа массой 80 кг и радиусом 1 м вращается с угловой скоростью, соответствующей частоте 20 об/мин. В центре платформы стоит человек и держит в расставленных руках гири. Какое число оборотов в минуту будет делать платформа, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от 2,94 до 0,98 кг·м²? Во сколько раз увеличится кинетическая энергия платформы?

Задача 2. На горизонтальную ось насажены маховик и лёгкий шкив радиусом $r = 0,05$ м. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой $m = 0,4$ кг. Опускаясь равноускоренно, груз проходит путь $s = 1,8$ м за время $t = 3$ с. Определите момент инерции маховика.

Задача 3. На барабан радиусом $R = 0,5$ м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой $M_1 = 10$ кг. Определите момент инерции барабана, если известно, что груз опускается с ускорением $a = 2,04$ м/с².

Демонстрации.

1) Взаимные превращения потенциальной и кинетической энергий. Изменение энергии тел при совершении работы.

2) Закон сохранения импульса тела.

Домашнее задание. У10, § 15(16); задачи 15.1, 15.3—15.5; З. № 1.151.

Идеи для исследований и проектов

Исследовать ситуацию, описанную в задаче 15.2 учебника, теоретически и экспериментально.

Урок 38 (43). ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Задачи урока	Ввести понятие потенциальной энергии упругой деформации
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 15(16). Закон сохранения энергии в механических процессах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятие потенциальной энергии упругой деформации

Метапредметные	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
Личностные	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Определять потенциальную энергию упруго деформированного тела по известной деформации и жёсткости тела. Формулировать и применять закон сохранения механической энергии при расчётах результатов взаимодействий тел с гравитационными силами и силами упругости

На этом уроке рекомендуем рассмотреть потенциальную энергию **упруго деформированных** тел.

Как известно, деформированные тела, например растянутая пружина, также способны совершать работу. В § 15(16) показана связь работы силы тяжести с энергией. Покажем теперь, как связана с энергией работа силы упругой деформации.

Запишем **закон Гука**: $F_{\text{упр}} = -k\Delta x$.

Действительно, если к растянутой пружине прикрепить какое-либо тело, то пружина будет действовать на него с некоторой силой, в результате чего тело начнёт смещаться. Следовательно, будет совершена работа. Для того чтобы исключить из рассмотрения силу тяготения, перейдём к рассмотрению пружины, размещённой горизонтально.

Сила, с которой пружина действует на тело (рис. 33), не является постоянной, поэтому для вычисления работы воспользуемся графическим методом. Построим график зависимости модуля силы упругости $|\vec{F}_{\text{упр}}| = k\Delta x$ от координаты, которая является прямой линией (рис. 34).

Площадь выделенного треугольника под графиком равна максимальной работе, которую может совершить пружина:

$$A = \frac{1}{2} kx \cdot x = \frac{kx^2}{2}.$$

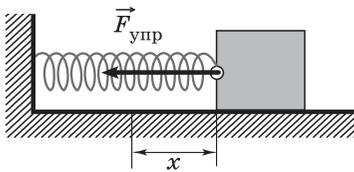


Рис. 33

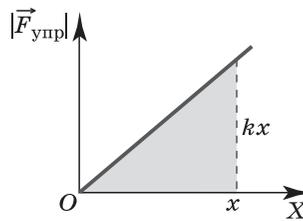


Рис. 34

Покажем, что эта работа не зависит от траектории движения тела. Для этого рассмотрим работу на малом участке перемещения $\Delta \vec{r}$ при движении по произвольной траектории (рис. 35).

В данном случае работа $\Delta A = kx \cdot \Delta r \cos \alpha = kx \cdot \Delta x$ (где $\Delta x = \Delta r \cos \alpha$) определяется изменением деформации x пружины, т. е. не зависит от траектории движения тела.

Таким образом, силы упругости, подчиняющиеся закону Гука, являются потенциальными, а потенциальную энергию деформированной пружины

можно определить по формуле $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$.

Нулевой уровень потенциальной энергии соответствует длине недеформированной пружины.

Теперь выразим потенциальную энергию $E_{\text{п}}$ через силу упругости $F_{\text{упр}}$ и жёсткость k : $E_{\text{п}} = \frac{F_{\text{упр}}^2}{2k}$.

Из этой формулы видно, что, растягивая с одной и той же силой разные пружины, мы сообщаем им различный запас потенциальной энергии: чем жёстче пружина, т. е. чем больше её упругость, тем меньше потенциальная энергия; и наоборот: чем мягче пружина, тем больше энергия, которую она запасёт при данной растягивающей силе. Это можно представить наглядно, если учесть, что при одинаковых действующих силах растяжение мягкой пружины больше, чем жёсткой, а потому больше и произведение силы на перемещение точки приложения силы, т. е. совершенная работа.

Эта закономерность имеет большое значение, например, при устройстве различных рессор и амортизаторов: при посадке на землю самолёта амортизатор шасси, сжимаясь, должен произвести большую работу, гася вертикальную скорость самолёта. В амортизаторе с малой жёсткостью сжатие будет больше, зато возникающие силы упругости будут меньше и самолёт будет лучше предохранён от повреждений. По той же причине при тугой накачке шин велосипеда дорожные толчки ощущаются резче, чем при слабой накачке.

Подсчитаем, какую минимальную работу следует совершить, чтобы пружину жёсткостью k растянуть на длину x (рис. 36).

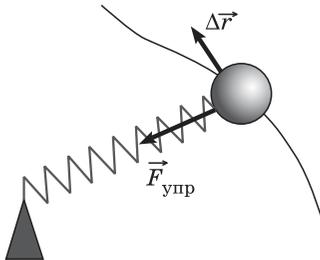


Рис. 35

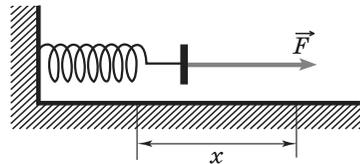


Рис. 36

Чтобы деформировать пружину, к ней необходимо приложить внешнюю силу. Очевидно, что эта работа будет минимальна в том случае, если внешняя сила в любой точке будет равна силе упругости, действующей со стороны пружины. Поэтому работа этой силы будет $A = \frac{kx^2}{2}$.

Каков же физический смысл потенциальной энергии деформированного тела? Потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе, которую совершает сила упругости при переходе тела в состояние, в котором деформация равна нулю.

Далее следует решить совместно с учащимися следующие задачи.

Задача 1. К концу сжатия на 3 см пружины детского пружинного пистолета приложенная к ней сила была равна 20 Н. Определите потенциальную энергию сжатой пружины.

Задача 2. На рисунке 37 изображён график зависимости потенциальной энергии E_p пружины от её деформации x . Чему равна потенциальная энергия пружины при смещении её конца на 2 см от положения равновесия?

Задача 3. Длина недеформированной пружины 15 см. В результате деформации её длина удвоилась. Какой запас энергии получила пружина, если её жёсткость 400 Н/м?

Задача 4. На рисунке 38 приведён график зависимости удлинения пружины от растягивающей силы. Определите потенциальную энергию пружины, растянутой на 8 см.

Задача 5. К пружине, верхний конец которой закреплён, подвешено тело массой 18 кг. При этом длина пружины 10 см. Когда же к ней подвесили тело массой 30 кг, её длина стала 12 см. Вычислите работу, которую совершает внешняя сила при растяжении пружины от 10 до 15 см. Какую работу совершает при этом сила упругости?

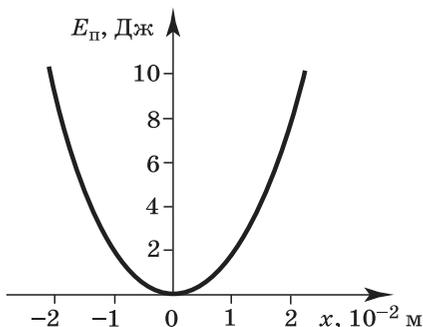


Рис. 37

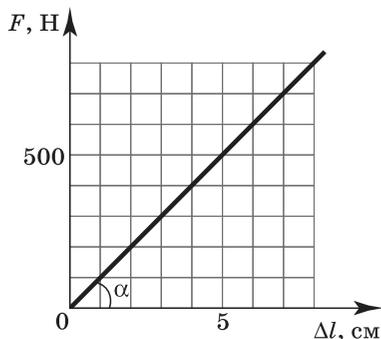


Рис. 38

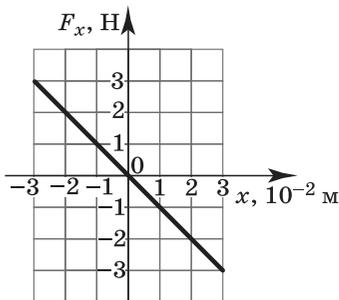


Рис. 39

Задача 6. На рисунке 39 изображён график зависимости проекции силы упругости пружины от её деформации. Определите работу силы упругости, если пружина удлинилась из недеформированного состояния на 3 см.

Домашнее задание. У10, § 15(16); 3. № 1.130, 1.131.

Темы для сообщений. Упругие аккумуляторы энергии (объяснение принципа действия устройств на основе физических знаний).

Пояснение. Можно предложить рассказать о пружинных двигателях для различных механизмов, о гидравлических машинах со встроенным гидроаккумулятором с пружинным двигателем, о путях повышения энергоёмкости «упругих» аккумуляторов.

Уроки 39—41 (44—46). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Обучить учащихся решению задач на применение законов сохранения импульса, энергии и момента импульса
Форма уроков	Решение задач
Текст учебника	У10. § 13(14). Закон сохранения импульса. § 14(15). Закон сохранения момента импульса. § 15(16). Закон сохранения энергии в механических процессах
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать алгоритмы решения задач на применение законов сохранения импульса, энергии и момента импульса
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Определять работу силы и изменение кинетической энергии тела под действием этой силы. Вычислять кинетическую энергию и её изменение при вращательном движении. Применять закон сохранения механической энергии при расчётах результатов взаимодействий тел гравитационными силами и силами упругости. Решать задачи



Рис. 40

Все понятия и законы изученной темы «Законы сохранения» можно систематизировать и представить в виде схемы, приведённой на рисунке 40. Целью уроков будет обучение учащихся решению задач на применение законов сохранения, указанных в этой схеме.

Далее следует решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Самолёт поднимается и на высоте $h = 5$ км достигает скорости $v = 360$ км/ч. Во сколько раз работа, совершаемая при подъёме против силы тяжести, больше работы, совершаемой при увеличении скорости самолёта?

Задача 2. Колесо, вращаясь в течение 1 мин равномерно, при торможении снизило частоту вращения с 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса $2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Определите: 1) угловое ускорение колеса; 2) тормозящий момент; 3) работу торможения.

Задача 3. Груз массой $M = 100$ кг равномерно поднимают по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения скольжения между грузом и плоскостью $\mu = 0,3$. Длина наклонной плоскости $l = 2$ м. Определите: 1) силу тяги; 2) работу по подъёму груза на наклонную плоскость за время $t = 2$ с; 3) энергию груза в конце подъёма.

Задача 4. Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, который подвешен на очень лёгком жёстком стержне, и застревает в нём. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара, расстояние от точки подвеса стержня до центра шара 1 м. Определите скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился от удара пули на угол $\alpha = 30^\circ$.

Задача 5. С какой начальной скоростью надо бросить мяч с высоты h , чтобы он подпрыгнул на высоту $2h$? Удар упругий. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Задача 6. Используя формулы равноускоренного движения тела $v = v_0 + at$ и $s = v_0t + at^2/2$, докажите, что после умножения уравнения $F = ma$, выражающего второй закон Ньютона, на перемещение s полученное соотношение позволит определить изменение кинетической энергии.

Задача 7. На основе соответствующих выражений для потенциальной энергии получите значения силы упругости и силы всемирного тяготения.

Задача 8. На основе выражений $m_2v_2 - m_1v_1 = F(t_2 - t_1)$ для определения импульса запишите формулу для изменения момента импульса.

Дополнительные задачи: 3. № 1.166—1.170, 1.177—1.180, 1.185.

Домашнее задание. У10, § 13(14)—15(16); подготовиться к самостоятельной работе.

Урок 42 (47). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи по пройденной теме
Форма урока	Самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 13(14)—15(16)
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на применение законов сохранения импульса, энергии и момента импульса Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи. Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей. Оценивать полученные результаты

Контроль знаний происходит в форме решения задач **самостоятельной работы** по вариантам.

Вариант 1

1. Мяч массой $m = 150$ г ударяется о гладкую стенку под углом $\alpha = 30^\circ$ к ней и отскакивает без потери скорости. Определите среднюю силу F , действовавшую на мяч со стороны стенки, если скорость мяча $v = 10$ м/с, а продолжительность удара $\Delta t = 0,1$ с.

2. Мяч бросают с высоты $h = 7,5$ м на гладкий пол. Какую скорость нужно сообщить мячу, чтобы после двух ударов о пол он поднялся до первоначальной высоты, если при каждом ударе мяч теряет 40% энергии?

3. Камень массой 50 г, брошенный под углом к горизонту с высоты 20 м над поверхностью земли со скоростью 18 м/с, упал на землю со скоростью 24 м/с. Определите работу по преодолению сил сопротивления воздуха.

Вариант 2

1. Снаряд массой $m = 50$ кг, летящий со скоростью $v = 800$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали, попадает в платформу с песком и застревает в нём. Определите скорость u платформы после попадания снаряда, если её масса $M = 16$ т.

2. Сила $F = 0,5$ Н действует на тело массой $m = 10$ кг в течение времени $t = 2$ с. Определите конечную кинетическую энергию E_k тела, если начальная кинетическая энергия равна нулю.

3. Падающим с высоты $h = 1,2$ м грузом забивают сваю, которая от удара уходит в землю на глубину $s = 2$ см. Определите среднюю силу $F_{\text{ср}}$ удара и его продолжительность τ , если масса груза $M = 5 \cdot 10^2$ кг, масса сваи много меньше массы груза.

Домашнее задание. У10, § 13(14)—15(16).

Уроки 43 (48) и 44 (49). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма уроков	Выполнение тестовых заданий
Текст учебника	У10. Повторение раздела «Механика»
Планируемые результаты обучения	<p>Уметь применять полученные знания при выполнении тестовых заданий по механике</p> <p>Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<i>Предметные</i>	
<i>Метапредметные</i>	
<i>Личностные</i>	
Основные виды деятельности учащихся	Применять законы сохранения импульса, момента импульса и энергии для анализа процессов и явлений. Решать задачи

В процессе повторения материала рекомендуем выполнить тестовые задания в конце Главы 1 (за исключением задания 12), получить ответы и обсудить правильные решения и типичные ошибки.

Домашнее задание. Завершить выполнение тестовых заданий; повторить § 6(7), § 15(16).

═══════ Механические колебания и волны (6 ч) ═══════

Урок 45 (50). МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ. СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Задачи урока	Ввести понятия: колебательная система, гармонические колебания, характеристики колебательного движения; классифицировать колебания, дать определения свободных и вынужденных колебаний
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 17. Механические колебания
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: колебательная система, гармонические колебания, характеристики колебательного движения; классифицировать колебания, определять свободные и вынужденные колебания Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
<i>Метапредметные</i>	
<i>Личностные</i>	
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и описывать колебательные движения. Объяснять превращения энергии при колебаниях математического и пружинного маятников. Осуществлять запись колебательного движения. Исследовать зависимость периода колебаний математического маятника от его длины, массы и амплитуды колебаний. Вычислять период колебаний. Исследовать зависимость периода колебаний пружинного маятника от его массы и жёсткости пружины. Вычислять период колебаний

Демонстрации.

1) Математический маятник, пружинный маятник, поплавок в воде, другие варианты маятников.

2) Свободные колебания груза на нити и на пружине. Запись колебательного движения. (В. В. Майер¹ предлагает для записи колебаний ис-

¹ См.: Майер В. В., Демьянова О. Н. Опыты по записи колебаний маятников // Физика в школе. — 2009. — № 3. — С. 39—41; Майер В. В. Механические колебательные системы // Физика (ПС). — 2011. — № 4. — С. 21—25.

пользовать магнитный планшет, информация на котором записывается и стирается магнитными карандашом и ластиком.)

После получения выражения для периода колебаний математического маятника рекомендуется проверить это выражение. Завяжите на нити небольшие узелки или поставьте метки на расстояниях, соответствующих $1/2$ и $1/4$ длины. Совместите точку подвеса с первым узелком (или отметкой), закрепите и запустите маятник. Затем повторите опыт, подвесив маятник на высоте второго узелка (или отметки). Обратите внимание учащихся на изменение периода колебаний, которое достаточно хорошо заметно.

Аналогично следует поступить и с пружинным маятником. Для этого заранее рассчитывают число витков пружины и закрепляют её таким образом, чтобы «работало» соответствующее количество витков.

При введении понятия фазы колебаний рекомендуем провести аналогию между колебательными и вращательными движениями.

Демонстрация. Связь гармонического колебания с равномерным движением по окружности (ДЭ1, опыт 55).

Для демонстрации затухающих колебаний рекомендуем сначала рассмотреть колебания пружинного маятника в воздухе. Так как воздух — среда, имеющая малую плотность, то колебания могут наблюдаться в течение некоторого времени. Затем можно сделать диск из плотной бумаги, поместить его на колеблющееся тело сверху, увеличивая тем самым площадь его поперечного сечения, и понаблюдать более быстрое затухание колебаний. Подставив аккуратно под колеблющийся маятник, предварительно сняв с него диск, сосуд с водой, можно заметить, что в воде, плотность которой существенно больше плотности воздуха, колебания затухают практически сразу. Таким образом, можно убедиться в том, что чем плотнее среда, тем быстрее затухание.

В качестве упражнения на расчёт периода колебаний математического маятника можно решить следующую задачу.

Задача. Считая Землю однородным шаром, рассчитайте период колебаний математического маятника длиной l вблизи центра Земли и на вершине горы высотой h . Постройте зависимость периода колебаний маятника от расстояния. Сравните периоды колебаний маятника на Земле, на Луне, на Марсе.

Решение. Известно, что для математического маятника период колебаний может быть рассчитан по формуле $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, где g — ускорение свободного падения на поверхности Земли, в остальных случаях (внутри Земли или при удалении от неё) ускорение будем обозначать как $g(r)$. Рассчитаем эту величину для $0 < r < R$, $r \geq R$, где R — радиус Земли.

1) Зная массу Земли M , рассчитаем её плотность ρ :

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho, \quad \rho = \frac{3}{4} \frac{M}{\pi R^3}.$$

Выделим внутри Земли некий шар радиусом r , центр которого совмещён с центром Земли. Его масса $M(r) = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$.

Согласно закону всемирного тяготения на любое тело массой m действует сила $F = G \frac{M(r)m}{r^2} = \frac{4}{3}G\rho r m$, где G — гравитационная постоянная.

Сила тяжести, действующая на любое тело, находящееся в воображаемой шахте, равна $mg(r) = \frac{4}{3}G\rho r m$, откуда $g(r) = \frac{4}{3}G\rho r$, где $r \leq R$.

Период колебаний маятника при $0 < r < R$

$$T = \sqrt{\frac{3\pi l}{G\rho r}}.$$

2) Для любого тела, находящегося на поверхности Земли и выше, $mg = G \frac{Mm}{r^2}$, где $r = R + h$.

Следовательно, $g(r) = \frac{GM}{r^2}$, где $r \geq R$.

Период колебаний маятника $T = 2\pi r \sqrt{\frac{l}{GM}}$.

Аналогичным образом можно найти период колебаний математического маятника на Луне и Марсе.

Задача¹. Как по изменению периода колебаний односекундного маятника, помещённого вблизи месторождения руды, оценить объём месторождения, если известна плотность руды $\rho_1 = 8000$ кг/м³? Средняя плотность Земли $\rho_3 = 5500$ кг/м³.

Решение. Для оценки будем считать, что месторождение имеет шарообразную форму и находится у поверхности Земли. Тогда тяготение, создаваемое этим месторождением, эквивалентно тяготению шара плотностью $\rho = (\rho_1 - \rho_3) = 2500$ кг/м³. Шар плотностью ρ и радиусом r сообщает телам, находящимся на его поверхности, ускорение $a = \frac{4}{3}G\rho r$. В отсутствие

месторождения период колебаний маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, при наличии ме-

сторождения — $T' = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$. Относительное изменение периода колеба-

ний можно определить как $\frac{T - T'}{T} \approx \frac{a}{2g} = \frac{2\rho r G}{3g}$.

$$\text{Тогда } r = \frac{3g}{2\rho r G} \frac{(T - T')}{T}.$$

¹ См.: Капица П. Л. Понимаете ли вы физику? / П. Л. Капица. — М.: Знание, 1969.

Отсюда объём месторождения

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{3g}{2\pi\rho G} \right) \left(\frac{T-T'}{T} \right)^3 = \frac{9}{2\pi^2} \left(\frac{g}{\rho G} \right)^3 \left(\frac{T-T'}{T} \right)^3.$$

Подставив $T = 1$ с, $\rho = 2,42$ см², $g = 10^3$ см/с, получим объём месторождения $V = 8 \cdot 10^{29} (T - T')^2$ см³.

Дополнительные задачи для решения на уроке: У10, задачи 17.1—17.3.

Домашнее задание. У10, § 17; З. № 1.235, 1.236, 1.239.

Темы для сообщений. Роль и значение периодических процессов в природе.

Идеи для исследований и проектов

Сконструировать модель сейсмографа Голицына и продемонстрировать принцип его действия.

Урок 46 (51). ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ. РЕЗОНАНС. АВТОКОЛЕБАНИЯ

Задачи урока	Ввести понятия: вынужденные колебания, резонанс, автоколебания; обсудить превращения энергии, происходящие при свободных колебаниях
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 17. Механические колебания
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятия: вынужденные колебания, резонанс, автоколебания, превращения энергии при свободных колебаниях
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и описывать вынужденные колебания и автоколебания. Наблюдать и объяснять явление возникновения резонанса при механических колебаниях. Приводить примеры из жизни. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

При рассмотрении резонанса необходимо обратить внимание на обсуждение условия возникновения резонанса, которое часто определяется как

равенство частоты вынуждающей силы и собственной частоты, что не является верным. Также часто возникают ошибки и при изображении резонансных кривых. Подробно об этом можно прочитать в статье Ш. Г. Зиятдинова «Немного о резонансе» (Физика в школе. — 2014. — № 6. — С. 29—36).

Задачи для решения на уроке: З. № 1.237, 1.238, 1.241.

Демонстрации. Вынужденные колебания. Резонанс. Автоколебания.

Домашнее задание. У10, § 17; З. № 1.225—1.228.

Темы для сообщений. Акустические свойства архитектурных сооружений.

Пояснение. Можно рассказать о странных с точки зрения акустики сооружениях, таких, как шепчущие галереи, погребальные камеры, об опытах Р. Вуда в одном из театров. Известно, что внутренние органы человека имеют резонансные частоты 4—7 Гц, поэтому в помещении с резонансными частотами, близкими к указанным, у человека возникает сильное неясное чувство тревоги. Так действуют на человека инфразвуковые частоты, которые в то же время воспринимаются ухом.

Идеи для исследований и проектов

Резонатор Гельмгольца (акустический резонатор).

Пояснение. Резонаторы Гельмгольца ещё можно найти в некоторых кабинетах физики. Кроме того, их можно сделать самостоятельно.

Урок 47 (52). МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

Задачи урока	Ввести понятие волны, её характеристики; записать и проанализировать уравнение гармонической волны; продемонстрировать свойства механических волн
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 18. Механические волны
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятие волны, её характеристики, уравнение гармонической волны, свойства механических волн Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

Демонстрации.

- 1) Поперечные и продольные волны (школьная волновая машина).
- 2) Отражение и преломление волн, дифракция и интерференция волн (прибор Шахмаева).
- 3) Частота колебаний и высота тона звука.
- 4) Пружина для демонстрации волнового движения.

Домашнее задание. У10, § 18; решить задачу.

Задача. На дне океана на расстоянии 1200 км от берега произошло землетрясение. В результате резкого подъёма и опускания земной коры на поверхности воды образовались волны цунами, скорость которых составляет 70 км/ч. Сколько времени будет у жителей для спасения после объявления тревоги береговой сейсмической службой? Скорость сейсмических волн 3 км/с.

Темы для сообщений

1. Поперечные и продольные волны как принцип движения.

Пояснение. Передвижение дождевого червя аналогично распространению продольной волны: в месте, где возникает мышечное напряжение, тельце червя сжимается и уплотняется, цепляясь за почву щетинками. Уплотнившаяся часть волнообразно продвигается по тельцу червя.

Способы передвижения змей схожи с распространением поперечных волн, причём в зависимости от условий змеи совершают волнообразные движения не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальной (волна напоминает движение штопором). Преимущества того или иного способа передвижения имеют под собой физическую основу, они и должны быть отражены в сообщении.

2. Улитка-гастропод и её уникальный способ передвижения.

3. Подводные и воздушные звуковые каналы.

Пояснение. Исследованиями подводных звуковых каналов занимался учёный М. Юинг из Океанографического института Вудс-Хоул. Юинг первым обнаружил существование такого канала. Впоследствии канал был назван каналом звуколокации.

В 70-х гг. прошлого века учёные, занимавшиеся изучением морских обитателей, предположили, что китообразные используют подводный звуковой канал для коммуникации.

4. У всех ли животных и птиц уши находятся в одной плоскости?

Пояснение. Вопрос может показаться не очень серьёзным на первый взгляд. Однако, если разобраться в назначении бинауральной системы, становится ясным, что парный орган слуха нужен для точного определения источника звука. В случае если охотник и добыча находятся в разных плоскостях, то появляется необходимость усовершенствования привычной системы. Так, у совы-сипухи слуховое отверстие левого уха примерно на сантиметр выше слухового отверстия правого уха.

5. Типы сейсмических волн.

6. Виды землетрясений.

7. Первый сейсмограф и принцип его действия.

8. Современные сейсмографы: различные виды сейсмографов и физические законы, лежащие в основе принципа действия каждого из них.

9. Почему животные чувствуют землетрясения? Какие «сейсмографы» они используют?

Идеи для исследований и проектов

Сделать модель слуховой системы человека.

Пояснение. Для этого достаточно воспользоваться программой для записи и анализа звука, компьютером со входом для микрофона (или, что удобнее, с двумя микрофонными входами, один из которых можно включить через USB).

Урок 48 (53). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач по теме «Колебания и волны»
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 17. Механические колебания. § 18. Механические волны
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать алгоритмы решения задач на колебания и волны
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем. Применять физические законы для анализа процессов и явлений

Начать урок можно с решения задач из задачника, например 3. № 1.229—1.231, 1.233, 1.242.

Далее можно рассмотреть интересную задачу «Гравитационный поезд». Идея гравитационного поезда была предложена Р. Гуком ещё в XVII в. Основным преимуществом этой системы является минимум энергетических затрат. Если считать, что трение отсутствует и плотность планеты равномерна, то неважно, какие две точки соединены тоннелем. Даже если он проходит через центр Земли, время путешествия составит 42 мин 12 с. Эта, казалось бы, фантастическая идея неоднократно рассматривалась и в более позднее время.

Определим время путешествия из начальной точки до конечной в тоннеле, проходящем через

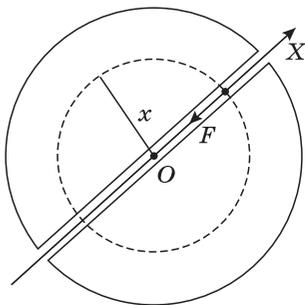


Рис. 41

центр Земли. В случае произвольного направления тоннеля конечный результат будет таким же, усложнятся лишь промежуточные формулы. Направим ось X вдоль тоннеля (рис. 41) и поместим начало координат в центр Земли. Пусть в произвольный момент времени расстояние от поезда до центра Земли x . Разобьём мысленно весь объём Земли на тонкие сферические слои с центром в точке O . Можно показать (сделайте это самостоятельно), что любой слой с радиусом, бóльшим x , действовать на поезд не будет, а слой с радиусом, меньшим x , будет действовать с силой F , равной силе притяжения между шаром радиусом x и поездом. Если плотность Земли ρ , то масса такого шара $M = \frac{4}{3}\pi x^3 \rho$.

По закону всемирного тяготения $F = G \frac{Mm}{x^2} = \frac{4}{3}G\pi\rho m x$, где m — масса поезда; G — гравитационная постоянная.

Для любого тела массой m_0 на поверхности Земли можно записать: $m_0 g = G \frac{4\pi\rho m_0 R^3}{3R^3}$, откуда $g = \frac{4}{3}G\pi\rho R$.

Тогда $F = \frac{mg}{R}x$.

Запишем уравнение движения поезда в проекциях на ось X :

$$mx'' = -F.$$

Подставив сюда выражение для F и упростив, получим дифференциальное уравнение гармонических колебаний для координаты x поезда:

$$x'' + \frac{g}{R}x = 0.$$

Отсюда следует, что поезд в тоннеле будет совершать гармонические колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ и достигнет противоположной стороны Земли через время

$$t = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 2532 \text{ с} = 42 \text{ мин } 12 \text{ с}.$$

Возможно, идею гравитационного поезда можно будет реализовать на Луне или Марсе, где недра имеют более низкую температуру.

Демонстрация. Модель гравитационного поезда.

Пояснение. Для демонстрации необходимо взять стеклянную трубу или трубу из оргстекла и стальной шарик диаметром, близким к диаметру трубы. На трубу надеть кольцевой ферритовый магнит, расположив его на середине трубы. Опущенный в трубу стальной шарик будет совершать колебания, похожие на гипотетические колебания гравитационного поезда.

Домашнее задание. У10, § 17, 18; З. № 1.232, 1.234, 1.243. Рассчитать время движения гравитационного поезда между двумя любыми точками Луны, Марса. (По расчётам путешествие между двумя любыми точками Луны составит 54 мин 8 с, а Марса — 49 мин 45 с.)

Урок 49 (54). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач по теме «Колебания и волны»
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 17. Механические колебания. § 18. Механические волны
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на колебания и волны Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем. Применять физические законы для анализа процессов и явлений

Задача 1. При температуре $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ период колебаний маятника $T_1 = 2$ с. Как изменится период колебаний, если температура возрастёт до $\theta_2 = 30^\circ\text{C}$? Коэффициент линейного расширения материала маятника $\alpha = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. (Ответ. Возрастёт в 1,0000093 раза.)

Задача 2. Эхо, вызванное ружейным выстрелом, дошло до стрелка через время $t = 4$ с после выстрела. На каком расстоянии s от стрелка находится преграда, от которой произошло отражение звука? Скорость звука в воздухе $v = 340$ м/с. (Ответ. $s = \frac{vt}{2} = 660$ м.)

Задача 3. Чему равна частота ν звуковых колебаний в стали, если расстояние между ближайшими точками звуковой волны, различающимися по фазе на $\varphi = 90^\circ$, составляет $l = 1,54$ м? Скорость звука в стали $v = 5000$ м/с. (Ответ. $\nu = \frac{v}{4l} = 812$ Гц.)

Задача 4. Чему равна разность фаз φ между двумя точками звуковой волны, отстоящими друг от друга на расстоянии $l = 25$ см, если частота колебаний $\nu = 680$ Гц? Скорость звука в воздухе $v = 340$ м/с. (Ответ. $\varphi = \frac{2\pi}{2} = 180^\circ$.)

Задача 5. Длина волны звуковых колебаний частотой ν в первой среде λ_1 , а во второй λ_2 . Как изменяется скорость распространения этих колебаний при переходе из первой среды во вторую, если $\lambda_1 = 2\lambda_2$? (Ответ. При переходе волн из первой среды во вторую частота колебаний не изменяется. Так как скорость $v = \nu/\lambda$, то $v_1 = 2v_2$.)

Домашнее задание. У10, § 17, 18; подготовиться к самостоятельной работе.

Урок 50 (55). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи
Форма урока	Самостоятельная работа
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать алгоритмы решения задач на колебания и волны
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи. Применять физические законы для анализа процессов и явлений. Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей. Оценивать полученные результаты

Разобрать и проанализировать тестовое задание А12 в конце Главы 1 учебника.

Контроль знаний происходит в форме **решения задач** по вариантам.

Вариант 1

1. Один из маятников за некоторое время совершил $n_1 = 10$ колебаний. Другой за то же время совершил $n_2 = 6$ колебаний. Разность длин маятников $\Delta l = 16$ см. Чему равны длины l_1 и l_2 маятников?

2. Определите кинетическую энергию E_k математического маятника массой $m = 200$ г в положении, соответствующем углу отклонения $\alpha = 15^\circ$, если частота колебаний маятника $\nu = 0,5\text{с}^{-1}$. Считайте потенциальную энергию маятника в положении равновесия равной нулю.

3. Звуковые колебания распространяются в воде со скоростью $v_1 = 1480$ м/с, а в воздухе со скоростью $v_2 = 340$ м/с. Во сколько раз изменится длина звуковой волны при переходе звука из воздуха в воду?

Вариант 2

1. Маятник представляет собой упругий шарик, прикрепленный к концу нити, имеющей длину l . При колебаниях шарик сталкивается с упругой массивной стенкой в моменты, когда нить занимает вертикальное положение. Определите период T колебаний маятника. Длительностью столкновения можно пренебречь.

2. Определите потенциальную энергию E_n математического маятника массой $m = 200$ г в положении, соответствующем углу отклонения $\alpha = 10^\circ$, если частота колебаний маятника $\nu = 0,5\text{с}^{-1}$. Считайте потенциальную энергию маятника в положении равновесия равной нулю.

3. Чему равна скорость v звука в воде, если длина звуковой волны, вызванная колебаниями с периодом $T = 0,005$ с, равна $\lambda = 7,175$ м?

Уроки 51—58 (56—63)

1. Изучение движения тела, брошенного горизонтально.
2. Изучение движения тела по окружности.
3. Исследование зависимости ускорения тела от его массы.
4. Изучение движения системы связанных тел.
5. Изучение закона сохранения импульса.
6. Исследование превращения потенциальной энергии упругой деформации в кинетическую энергию.
7. Измерение ускорения свободного падения с помощью маятника.
8. Измерение длины звуковой волны и скорости звука.

Время проведения лабораторного практикума каждый учитель в зависимости от своего учебного плана устанавливает самостоятельно.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

(37 ч + 2 ч физический практикум)

Основы молекулярно-кинетической теории (23 ч)

Урок 1 (64). ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Задачи урока	Повторить известные учащимся сведения о строении вещества, тепловом движении молекул; ввести понятия о статистическом и термодинамическом методах изучения свойств вещества; показать практическое значение знаний по молекулярной физике; ввести понятия атомной единицы массы, количества вещества, молекулярной массы; дать определения диффузии, броуновского движения; установить связи между новым материалом и курсом химии
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 19. Основные положения молекулярно-кинетической теории
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать о строении вещества, тепловом движении молекул, статистическом и термодинамическом методах изучения свойств вещества, понятия: атомная единица массы, количество вещества, молекулярная масса; знать определения диффузии, броуновского движения</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Объяснять суть атомистической теории строения вещества. Приводить доказательства её справедливости. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения по истории развития атомистической теории строения вещества.</p> <p>Давать определения диффузии, броуновского движения. Называть связи между физикой и химией.</p> <p>Работать в паре.</p> <p>Называть примерные значения размеров атомов и молекул. Формулировать закон Авогадро</p>

В основе современных представлений о строении вещества лежит **молекулярно-кинетическая теория (МКТ)**, согласно которой вещество имеет дискретную структуру — состоит из мельчайших частиц: атомов и молекул. Наиболее простыми из них являются атомы, которые ещё обладают и определёнными химическими свойствами вещества. А вот составные части атома — электроны и ядро — этими свойствами не обладают.

О размерах атомов можно судить по самому маленькому из них — атому водорода. Он имеет поперечные размеры 10^{-10} м и массу около $1,7 \cdot 10^{-27}$ кг.

Основное положение МКТ строения вещества, вытекающее из опытных фактов, заключается в том, что атомы и молекулы, из которых состоят все макроскопические тела, находятся в состоянии непрерывного хаотичного движения.

В XIX в. на основе многолетних наблюдений явлений и экспериментов были сформулированы три основных положения МКТ:

1. Вещество состоит из частиц.

Демонстрация. Изменение объёма при сливании воды и спирта.

Для демонстрации нужно взять два мерных цилиндра по 100 мл (или другие сосуды, имеющие достаточно узкую форму для того, чтобы эффект был заметен). В один из них налить воду, в другой — спирт в равных объёмах. Затем в цилиндр с водой перелить спирт. При этом будет видно, что в результате смешивания суммарный объём жидкости уменьшится (примерно на 5%).

Этот эксперимент, возможно, уже показывали учащимся в основной школе, однако его следует повторить, его демонстрация не займёт много времени, а обсуждение проблемы строения вещества станет более предметным.

2. Частицы вещества находятся в непрерывном тепловом движении.

Наиболее убедительным фактом, наглядно демонстрирующим и подтверждающим хаотичное поведение теплового движения и зависимость интенсивности этого движения от температуры, является броуновское движение.

Английский ботаник Р. Броун в 1827 г. впервые наблюдал хаотичное движение спор плауна.

МКТ броуновского движения была создана А. Эйнштейном только в 1905 г.

Если наблюдать за несколькими частицами, находящимися рядом, то можно заметить, что:

1) движение частиц не согласовано; это значит, что нет перемещения потоков жидкости; частицы независимы друг от друга;

2) с увеличением температуры интенсивность этого движения растёт, с понижением падает.

Вывод. Движение частиц происходит под действием ударов, получаемых ими от молекул жидкости.

Демонстрации. Диффузия газов. Диффузия жидкостей.

При изучении в классе броуновского движения желательнее привести образное описание этого явления, данное немецким физиком Р. В. Полем

в книге «Механика, акустика и учение о теплоте»: «Немногие физические явления способны так увлечь наблюдателя, как броуновское движение. Здесь наблюдателю позволяется заглянуть за кулисы совершающегося в природе. Перед ним открывается новый мир, безостановочная, ошеломляющая сутолока совершенно необозримого числа особей. Быстро, как стрела, пролетают в поле зрения мельчайшие частички, дикими зигзагами бросаясь из стороны в сторону. Важно и медленно подвигаются более крупные частицы, но и они постоянно меняют направление. Большие частицы толкуются практически на одном месте. Их зубцы и углы ясно указывают на вращение около осей с постоянно меняющимся направлением. Нигде нет ни следа системы или порядка. Господство беспорядочного, слепого случая — вот какое сильное, подавляющее впечатление производит эта картина на всякого непредубеждённого наблюдателя. Броуновское движение принадлежит к значительнейшим явлениям в области современного естествознания. Никакое словесное описание не может даже приблизительно заменить действие собственного наблюдения» (Поль Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте / Р. В. Поль. — М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957. — С. 169).

Демонстрация. Механическая модель броуновского движения.

Существуют различные модели демонстрации броуновского движения. Однако в настоящее время появилась возможность демонстрировать не только механическую модель, но и реальное поведение броуновских частиц. Для такого демонстрационного эксперимента используется цифровой микроскоп или камера, которая может быть вставлена в обычный оптический микроскоп вместо окуляра. Полученное изображение с камеры может быть подано на проектор посредством компьютера, а затем спроецировано на доску. Эта техника позволяет показать реальный опыт в демонстрационном виде, что даёт возможность обсудить поведение броуновских частиц и его особенности.

Требования к проведению эксперимента: наличие устойчивой поверхности для размещения микроскопа (объект исследования чрезвычайно чувствителен к внешним сотрясениям, на поведение частиц может влиять даже близко проходящий городской транспорт). Требуется подбор вещества броуновской частицы, например, акварельных красок (размеры частиц и их видимость часто зависят от цвета акварели).

3. Частицы вещества взаимодействуют друг с другом.

Демонстрация. Взаимодействие свинцовых цилиндров.

Задачи для решения на уроке: У10, § 19, разбор решения задач 1, 2; задачи 19.1—19.5.

Домашнее задание. У10, § 19; задачи 19.6—19.8.

Идеи для исследований и проектов

1. Оценка размеров молекул. У10, с. 111 или ФП, с. 40.

2. Исследование диффузии жидкости оптическим методом.

Пояснение. Этот эксперимент показывает учащимся универсальность некоторых методов исследования в физике.

Темы для сообщений

1. Развитие представлений о строении вещества.
2. Каково значение диффузии в процессе проникновения питательных веществ в кровь?

Урок 2 (65). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач по теме «Основные положения МКТ»
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 19. Основные положения молекулярно-кинетической теории
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на тему «Основные положения МКТ» Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Использовать сведения из молекулярно-кинетической теории для объяснения конкретных явлений природы. Применять закон Авогадро для решения задач. Решать задачи

Следует обсудить с учащимися следующие ситуации:

1) В 1883 г. в Индонезии на острове Кракатау произошло сильнейшее извержение вулкана, наполовину разрушившее остров и выбросившее в атмосферу огромное количество мельчайшей пыли. Присутствие пыли в атмосфере после этого извержения обнаруживалось в течение нескольких лет. Жители многих стран в эти годы наблюдали необыкновенно интенсивные зори. Почему столь продолжительное время пыль держалась в воздухе?

Пояснение. Главной причиной того, что взвешенные частицы долго не выпадают в осадок, является тепловое (броуновское) движение частиц. При уменьшении объёма частицы уменьшается и её масса. При очень малых размерах частицы её вес становится соизмеримым с силой неравномерного давления — суммарного импульса молекул. При размерах менее 0,1 мкм частицы находятся в более или менее устойчивом взвешенном состоянии.

2) Запуск искусственных спутников Земли показал, что температура воздуха на высоте 1000 км достигает нескольких тысяч градусов. Почему же не плавится спутник, двигаясь на указанной высоте? (Температура плавления железа 1520 °С.)

Пояснение. Вследствие большой разреженности на высоте 1000 км воздух не может передать спутнику то количество теплоты, которое необходимо для его плавления.

Далее можно решить совместно задачу 3. № 2.156, а также следующие задачи.

Задача 1. Чему равна молярная масса серной кислоты H_2SO_4 ?

Задача 2. Определите количество вещества и число молекул азота массой 0,2 кг.

Задача 3. Одна треть молекул газа азота массой 10 г распалась на атомы. Определите полное число частиц, находящихся в этом газе.

Задача 4. Определите среднее расстояние между центрами молекул водяных паров при нормальных условиях и сравните его с диаметром самих молекул.

Домашнее задание. У10, § 19; 3. № 2.154, 2.159.

Урок 3 (66). ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Задачи урока	Ввести понятие наиболее вероятной скорости, дать представление о распределении Максвелла
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 20. Эксперименты, лежащие в основе молекулярно-кинетической теории
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать понятие наиболее вероятной скорости, иметь представление о статистических методах в термодинамике и распределении Максвелла</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и объяснять эксперименты, служащие обоснованием молекулярно-кинетической теории. Описывать тепловое движение молекул в веществе. Интерпретировать график зависимости распределения молекул по скоростям. Наблюдать и объяснять броуновское движение

Прежде всего следует обратить внимание учащихся на следующие моменты.

Броуновское движение не только неопровержимо доказало реальность атомов и молекул, но и позволило впервые подсчитать количество молекул в макроскопическом объёме вещества, т. е. определить значение постоянной Авогадро: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Таким образом, было установлено, что тепловая форма движения материи обусловлена *хаотичным* движением атомов и молекул, из которых состоят макроскопические тела.

Задача *статистической физики* — установление законов поведения макроскопических систем, состоящих из огромного числа частиц, на основе известных динамических законов поведения отдельных частиц.

Статистическая физика устанавливает связь между экспериментально измеряемыми **макроскопическими** величинами, характеризующими систему в целом, такими, как давление, объём, температура, и **микроскопическими** характеристиками системы: массой, координатами и импульсом.

Пример. Простейшей системой, состоящей из большого числа частиц, является газ, занимающий некоторый объём. С точки зрения механики состояние такой системы определяется заданием положения и скорости каждой из молекул газа, число которых в макроскопическом объёме огромно. Например, в 1 см³ при нормальных условиях содержится $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул.

Из-за движения молекул их механическое состояние непрерывно изменяется. Однако опыт показывает, что при неизменных внешних условиях любая макроскопическая система рано или поздно приходит в **стационарное состояние**, при котором, несмотря на механическое состояние, макроскопические параметры будут оставаться неизменными.

Значения этих макроскопических параметров, разумеется, зависят от движения молекул, и задача статистической механики — выразить свойства системы в целом через характеристики отдельных молекул, т. е. установить связь между макроскопическим и микроскопическим описаниями системы.

Демонстрации. 1) Модель опыта Штерна. 2) Доска Гальтона.
Решить задачу 3. № 2.164.

Домашнее задание. У10, § 20; 3. № 2.165.

Идеи для исследований и проектов

Современный взгляд на броуновское движение.

Пояснение. Вот уже на протяжении 150 лет эксперимент Броуна даёт пищу для ума современным учёным.

Модель, описание которой приведено в статье А. Н. Морозова и А. В. Скрипкина «Движение сферической броуновской частицы в вязкой среде как немарковский процесс» (Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». — 2006. — № 4. — С. 3—14), даёт возможность установления границ применимости теории Эйнштейна—Смолуховского с учётом современного взгляда на опыт Броуна. Исследования показали, что поведение броуновской частицы отличается от теоретически предсказываемого теорией Эйнштейна—Смолуховского в двух случаях:

1) при увеличении размеров броуновских частиц; 2) при увеличении вязкости жидкости, в которую помещены броуновские частицы.

Современное развитие компьютерных технологий позволяет проверить это в ученическом исследовании.

Для работы нужно использовать цифровой микроскоп с возможностью фотографической съёмки сериями через равные промежутки времени или видеозаписью. В первом случае по серии снимков можно определить необходимые перемещения частиц. Во втором случае удобно использовать средства видеонализа, о котором было упомянуто выше.

Эксперимент можно проводить и коллективно в классе, для чего необходимо дополнительно использовать проектор.

В первом случае записанные видеосюжеты движения частиц получает каждый учащийся. Каждый из них выбирает частицу, за которой будет наблюдать. В этом случае одного видеофрагмента достаточно для работы всего класса. Далее результаты эксперимента обрабатываются в ручном или автоматическом режиме, например с помощью программы «Измеритель», где предусмотрена функция отслеживания движущегося объекта и обработка характеристик его движения.

В качестве заданий может быть предложено: 1) изучить движение частиц в зависимости от их размеров; 2) проследить зависимость движения частицы от вязкости среды (различные концентрации глицерина).

Результаты наблюдений — смещение s и время t , за которое частица сместилась, — нужно записать в таблицу, провести расчёт квадрата смещения s^2 и определить средний квадрат смещения $\overline{s^2}$. Можно показать,

что справедливы соотношения $\frac{t_i^2}{t_{i+1}^2} \approx \frac{\overline{s_i^2}}{\overline{s_{i+1}^2}}$, где i — номер замера смещения

и времени. Затем повторяем эксперимент, изменив условия его проведения (размер частицы, вязкость среды), и проверяем, насколько полученные ранее соотношения зависят от внешних условий.

Во втором случае выбираем двух учащихся-экспериментаторов. Один будет отслеживать положение броуновской частицы непосредственно в поле зрения микроскопа и работать с микрометрическим винтом, другой — отслеживать траекторию частицы и строить её на изображении, полученном с помощью проектора на доске. Затем полученные результаты коллективно обрабатываются всеми учащимися.

Тема для сообщения. Броуновское движение и его исследователи.

Урок 4 (67). МОДЕЛЬ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ДАВЛЕНИЕМ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА И СРЕДНЕЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ ТЕПЛОвого ДВИЖЕНИЯ ЕГО МОЛЕКУЛ

Задачи урока

Изучить модель идеального газа, установить связь между давлением идеального газа и средней кинетической энергией теплового движения его молекул

Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 21. Свойства газов
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать модель идеального газа, связь между давлением идеального газа и средней кинетической энергией теплового движения его молекул Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Записывать и применять основное уравнение МКТ. Описывать модель идеального газа. Записывать и интерпретировать законы идеального газа

Перечислим экспериментальные факты, на основе которых была создана **кинетическая теория газов**.

- 1) Закон Дальтона.
- 2) Закон Бойля—Мариотта.
- 3) Закон Шарля.
- 4) Закон Гей-Люссака.

Демонстрации. Газовые законы (например, с набором *L*-микро).

С методикой проведения этих экспериментов можно ознакомиться в методических рекомендациях, размещённых на сайте оборудования *L*-микро <http://l-micro.ru/> в разделе «Методические материалы».

Для построения физической теории необходимо выбрать модель объекта — газа. В данном случае выбираем модель **идеального газа**.

Будем считать, что идеальный газ — это совокупность огромного числа одинаковых молекул, размеры которых пренебрежимо малы. В рамках такой модели считается, что молекулы движутся по законам классической механики и взаимодействуют друг с другом только при столкновениях, которые имеют характер упругого удара.

Найдём **давление**, оказываемое идеальным газом на стенку сосуда. Для этого сопоставим этот макроскопический параметр (p) с результатом бомбардировки стенки отдельными молекулами. Вычислив давление газа на стенку сосуда, получим искомую связь, так как в процессе вывода последовательно замещаем микроскопические параметры макроскопическими, т. е. устанавливаем связь между макроскопическим и микроскопическим описаниями системы.

На уроке следует разобрать решение задач 1 и 2 из § 21 учебника.

Демонстрация. Экспериментальное установление газовых законов.

Домашнее задание. У10, § 21; задачи 21.1, 21.5.

Урок 5 (68). ТЕМПЕРАТУРА И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗМЕРЕНИЯ

Задачи урока	Ввести понятия: теплопередача, тепловое равновесие, абсолютная термодинамическая шкала, коэффициенты линейного и объёмного расширения вещества
Форма урока	Лекция с элементами беседы, решение задач
Текст учебника	У10. § 22. Температура и способы её измерения
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: теплопередача, тепловое равновесие, абсолютная термодинамическая шкала, коэффициенты линейного и объёмного расширения вещества
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять связь средней кинетической энергии теплового движения молекул с абсолютной температурой. Вычислять среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул по известной температуре вещества

Начать можно с небольшого экскурса в историю.

Выяснить у учащихся, что происходит с веществами при их нагревании и охлаждении.

Демонстрации

1) Различные термометры: медицинский, термометр для помещений, ушной (ИК-термометр), полупроводниковый.

Пояснение. В беседе с учащимися установить основные принципы термометрии: для измерения температуры подходит любое устройство, которое реагирует на изменение температуры.

2) Градуировка термометров.

Пояснение. Продемонстрировать это экспериментально, помещая термометры в среду, имеющую температуру 0 и 100 °С. Обратить внимание учащихся на то, что кипящая вода имеет температуру 100 °С лишь при определённых условиях.

3) Тепловое расширение металлов.

Решить задачи 2.4, 2.5 из задачника.

Обратить внимание учащихся на отличие всевозможных температурных шкал от абсолютной температурной шкалы.

Домашнее задание. У10, § 22; задачи 22.1—22.3; 3. № 2.2.

Идеи для исследований и проектов

1. Разработать и продемонстрировать конструкцию жидкостного термометра.

Пояснение. Начать необходимо с теоретической части: анализа табличных сведений (жидкость должна заметно расширяться при нагревании) и выбора рабочей жидкости термометра, разработки конструкции устройства. Работу следует выполнить с жидкостями, которые являются безопасными. Установить диапазон, в котором возможно использование данного устройства (обосновать это утверждение), продемонстрировать преимущества и недостатки конструкции.

2. Разработать и продемонстрировать конструкцию газового термометра.

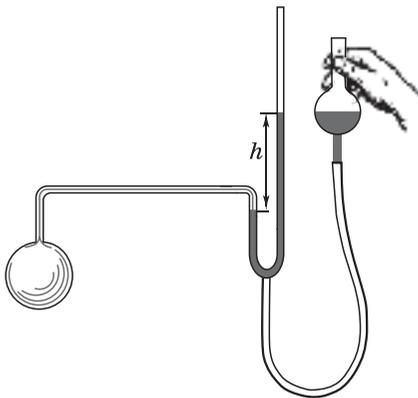


Рис. 42

Пояснение. Начать необходимо с разработки конструкции устройства. Установить диапазон, в котором возможно использование данного устройства (обосновать это утверждение), продемонстрировать преимущества и недостатки конструкции.

Учащиеся неизбежно столкнутся с проблемой слишком высокой чувствительности термометра. Расширение пределов измерения устройства можно осуществить изменением его конструкции. Так, например, известный физик-экспериментатор в своей книге приводит конструкцию, показанную на рисунке 42. Добавление сообщающегося сосуда позволяет несколько расширить возможности прибора.

Подсказав учащимся эту идею, можно натолкнуть их на какое-то совсем новое решение.

Задания рекомендуется дать всем учащимся, а на следующем уроке обсудить преимущества и недостатки предложенных конструкций.

Темы для сообщений

1. История изобретения термометра (сообщение сопроводить презентацией).

2. Каковы собственные возможности человека в определении температуры?

3. Особенности использования термометров для измерения сверхнизких и сверхвысоких температур.

Урок 6 (69). УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Задачи урока	Ввести понятие молярной газовой постоянной; получить уравнение состояния идеального газа; осуществить опытную проверку полученного уравнения
--------------	--

Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 23. Уравнение состояния идеального газа
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятие молярной газовой постоянной, уравнение состояния идеального газа Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Перечислять макроскопические параметры газа. Определять параметры вещества в газообразном состоянии на основании уравнения состояния идеального газа

Демонстрация. Газовые законы.

(Сильфон с манометром или установка «Газовые законы» фирмы L-микро: ДО, с. 259.)

Эта демонстрация уже была показана ранее, но её нужно повторить. В данном случае демонстрация должна быть проведена с установлением количественных параметров, поэтому перед показом следует проверить герметичность всех соединений и исправность сильфона. Результаты измерений необходимо записывать на доске, чтобы все учащиеся могли провести прикидочные расчёты и проверить справедливость уравнения состояния идеального газа.

С методикой проведения этого эксперимента можно ознакомиться в методических рекомендациях, размещённых на сайте оборудования L-микро <http://l-micro.ru/> в разделе «Методические материалы».

Разобрать решение **задачи** из § 23 учебника. **Задачи** для решения: 23.1—23.5.

Домашнее задание. У10, § 23; задачи 23.6—23.12.

Урок 7 (70). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на применение уравнения состояния идеального газа
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 23. Уравнение состояния идеального газа
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать алгоритмы решения задач на применение уравнения состояния идеального газа

<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Определять параметры газа и происходящие в нём процессы по графикам зависимостей $p(T)$, $V(T)$, $p(V)$. Решать задачи

На уроке следует решить с учащимися задачи: З. № 2.9—2.15.

Домашнее задание. У10, § 23; З. № 2.16, 2.17, 2.20, 2.24.

Урок 8 (71). ИЗОПРОЦЕССЫ В ГАЗАХ

Задачи урока	Дать представление об изопроцессах, отработать умение построения графиков зависимостей в различных осях
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 24. Изопроцессы в газах
Планируемые результаты обучения	Знать об изопроцессах, интерпретировать информацию, представленную в виде графиков или таблиц Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
<i>Предметные</i>	
<i>Метапредметные</i>	
<i>Личностные</i>	
Основные виды деятельности учащихся	Представлять графиками изохорный, изобарный и изотермический процессы. Читать графики. Записывать уравнения. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

Содержание урока следует логике учебника.

Разобрать решение задач 1 и 2 из § 24 учебника. Решить задачи 24.3, 24.4.

Домашнее задание. У10, § 24; задачи 24.1, 24.2; З. № 2.60, 2.61.

Урок 9 (72). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на изопроцессы
Форма урока	Решение задач

Текст учебника	У10. § 24. Изопроцессы в газах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на изопроцессы Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Представлять графиками изохорный, изобарный и изотермический процессы. Читать графики. Записывать уравнения. Решать задачи

На уроке следует решить с учащимися **задачи: З. № 2.50, 2.52, 2.53, 2.55, 2.58.**

Домашнее задание. У10, § 24; З. № 2.51, 2.54, 2.56, 2.59; подготовиться к лабораторной работе № 4.

Урок 10 (73). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять давление газа
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 4
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать экспериментальные способы определения давления газа Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания Сформировать навыки сотрудничества со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Исследовать экспериментально зависимость $p(V)$ в изотермическом процессе. Работать в паре. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты наблюдений и опытов

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 4 учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 11 (74). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на применение уравнения состояния идеального газа
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 23. Уравнение состояния идеального газа. § 24. Изопроцессы в газах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на применение уравнения состояния идеального газа Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять законы идеального газа для анализа процессов и явлений. Решать задачи

На уроке следует решить с учащимися задачи: З. № 2.62, 2.66, 2.71, 2.72.

Домашнее задание. З. № 2.63, 2.69, 2.73, 2.74.

Урок 12 (75). РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ. ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛИ «ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ»

Задачи урока	Ввести понятие «длина свободного пробега», получить уравнение Ван-дер-Ваальса, дать представление о необходимости введения поправок a и b , их физическом смысле
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 25. Реальные газы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i>	Знать понятие «длина свободного пробега», уравнение Ван-дер-Ваальса, причины введения поправок a и b , их физический смысл Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

Личностные	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать реальный и идеальный газы, находить общее и различия. Записывать и анализировать уравнение Ван-дер-Ваальса. Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем

Следует решить с учащимися следующие задачи: У10, задачи 25.1—25.3, а также следующие:

Задача 1. Какую температуру T имеет азот массой $m = 2$ г, занимающий объём $V = 820$ см³ при давлении $p = 0,2$ МПа? Рассматривайте газ как: а) идеальный; б) реальный.

Решение. а) Идеальный газ подчиняется уравнению Менделеева—Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$, откуда $T = \frac{MpV}{mR} = 280$ К.

б) Реальный газ подчиняется уравнению Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{m^2 a}{M^2 V^2}\right)\left(V - \frac{m}{M}b\right) = \frac{m}{M}RT,$$

следовательно, температура $T = \frac{M}{mR}\left(p + \frac{m^2 a}{M^2 V^2}\right)\left(V - \frac{m}{M}b\right)$.

Значения постоянных a и b для азота возьмём из приведённой таблицы. Подставив числовые данные, определим $T = 280$ К.

Газ	a	b
Водород, H ₂	0,00038	0,00088
Азот, N ₂	0,00276	0,00166
Кислород, O ₂	0,00272	0,00142
Аргон, Ar	0,00727	0,00134
Углекислый газ, CO ₂	0,00727	0,00192

Таким образом, при данном давлении газ ведёт себя как идеальный.

Задача 2. Гелий массой $m = 10$ г занимает объём $V = 100$ см³ при давлении $p = 100$ МПа. Определите температуру T газа, считая его: а) идеальным; б) реальным.

Решение. а) Идеальный газ подчиняется уравнению Менделеева—Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$, откуда $T = \frac{MpV}{mR} = 482$ К.

б) Состояние реального газа описывается уравнением Ван-дер-Ваальса, откуда выразим температуру $T = \frac{M}{mR} \left(p + \frac{m^2 a}{M^2 V^2} \right) \left(V - \frac{m}{M} b \right)$.

Значения постоянных a и b возьмём из той же таблицы. Подставив числовые данные, определим $T = 204$ К.

Таким образом, при данном давлении газ ведёт себя как реальный.

Домашнее задание. У10, § 25; решить задачу.

Задача. Какую температуру T имеет кислород массой $m = 3,5$ г, занимающий объём $V = 90$ см³ при давлении $p = 2,8$ МПа? Газ рассматривайте как: а) идеальный; б) реальный.

Уроки 13 (76) и 14 (77). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма уроков	Выполнение итоговых тестовых заданий и анализ их решений
Текст учебника	У10. § 19—25
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Уметь применять полученные знания при выполнении тестовых заданий по молекулярной физике
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять законы идеального газа и уравнение Менделеева—Клапейрона для анализа процессов и явлений. Выполнять задания определённой сложности по пройденному материалу. Решать задачи. Анализировать и корректировать собственную деятельность

После выполнения тестовых заданий в конце Главы 2 учебника следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

Урок 15 (78). АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Задачи урока	Ввести понятия: фазовые переходы, критическая температура, ближний и дальний порядок, сублимация, тройная точка
Форма урока	Лекция с элементами беседы

Текст учебника	У10. § 26. Агрегатные состояния и фазовые переходы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать понятия: фазовые переходы, критическая температура, ближний и дальний порядок, сублимация, тройная точка</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Наблюдать и описывать различные агрегатные состояния вещества и фазовые переходы. Изображать схематически диаграммы фазовых состояний, обозначать кривые равновесия и тройную точку.</p> <p>Распознавать явление по его определению, описанию, характерным признакам, применять имеющиеся знания для объяснения процессов и закономерностей</p>

Следует привести примеры простых веществ, которые при понижении температуры последовательно переходят из газообразного состояния в жидкое и твёрдое.

Однако встречаются вещества, которые минуют одно из состояний. Например, кристаллический иод превращается из твёрдого вещества сразу в газообразное.

Демонстрации

1) Переход кристаллического иода из твёрдого состояния в газообразное.

Пояснение. В закрытую резиновой пробкой круглую колбу помещают несколько кристаллов иода (колба с кристаллами может сохраняться довольно долго, поэтому нет необходимости каждый раз заполнять её заново). Затем колбу слегка подогревают над газовой горелкой. Внутренний объём колбы, который был первоначально прозрачным, заполняется достаточно плотным фиолетовым паром. Демонстрация не требует длительных приготовлений, но очень зрелищна.

2) Перегретая жидкость.

3) Кристаллизация гипосульфита.

4) Плавление и кристаллизация олова.

Пояснение. Можно использовать оборудование *L*-микро (наблюдение через проектор на экране или на экране ПК). Обратить внимание учащихся на провал, который возникает на симметричной, казалось бы, кривой.

Рассказать о жидком гелии, его особенностях, используя материалы книги П. Л. Капицы «Эксперимент. Теория. Практика» (М.: Наука, 1977).

Капля жидкости,
скользящая на паровой подушке

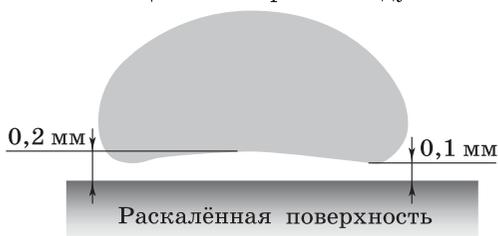


Рис. 43

вопрос о фазовых переходах перегретой или переохлаждённой жидкости.

Идеи для исследований и проектов

Эффект Лейденфроста.

Пояснение. Эффект Лейденфроста — это левитация капли воды на раскалённой поверхности за счёт тонкой прослойки пара (рис. 43).

Основная причина возникновения явления заключается в том, что при температурах выше точки Лейденфроста при контакте с горячей поверхностью нижняя часть капли мгновенно испаряется. Образовавшийся пар поддерживает оставшуюся часть капли над ней, предотвращая дальнейшее прямое соприкосновение между жидкой водой и горячим телом. Так как теплопроводность пара значительно ниже, теплообмен между каплей и горячей поверхностью замедляется, это позволяет капле «скользить» на своеобразной паровой подушке. Явление названо в честь Иоганна Готлоба Лейденфроста.

Наблюдать эффект можно при приготовлении пищи: для оценки температуры сковороды на неё брызгают водой — если температура достигла (или выше) точки Лейденфроста, вода соберётся в капли, которые будут «скользить» по поверхности металла и испаряться дольше, чем если бы это происходило непосредственно на сковороде.

Для объяснения эффекта было придумано несколько моделей, одна из которых позволила довольно грубо оценить значение точки Лейденфроста для воды на сковороде — примерно 193 °С. Следует заметить, что точное значение этой температуры предсказать невозможно, так как оно сильно зависит от внешних условий (например, примесей, качества поверхности тела и т. п.).

Темы для сообщений

1. Необычное поведение жидкого гелия.

Пояснение. История открытия и исследования жидкого гелия всегда довольно интересна для учащихся, несмотря на то что некоторые физические эффекты бывают для них сложны.

Для изучения этого вопроса можно порекомендовать следующую *литературу*:

1. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика / П. Л. Капица. — М.: Наука, 1977.

Обсудить несколько интересных вопросов:

1. Какие нужны начальные и конечные условия для частичного ожижения реального газа при однократном адиабатном расширении? В качестве числового примера можно рассмотреть ожижение воздуха.

2. Почему жидкий азот можно лить на руку, не боясь ожога?

Домашнее задание. У10, § 26; самостоятельно разобрать

2. Тригг Д. Физика XX века: ключевые эксперименты / Д. Тригг. — М.: Мир, 1978.

3. Андроникашвили Э. Л. Воспоминания о жидком гелии / Э. Л. Андроникашвили. — Тбилиси: Ганатлеба, 1980. (С фрагментами книги можно ознакомиться в журнале «Химия и жизнь» (1982, № 1—3), который можно найти на сайте «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>.)

2. Эффект Лейденфроста для сыпучих материалов. Этот вопрос освещён, в частности, на сайте <http://elementy.ru/news/165061/>.

3. Почему прохождение сверхзвукового барьера сопровождается возникновением дискообразного туманного облака?

4. Изобретение воздушного шара.

Для изучения этого вопроса можно порекомендовать следующую статью: Скотт А. Ф. Изобретение воздушного шара и рождение современной химии // В мире науки. — 1984. — № 3. — С. 84—93.

5. Что такое ледяной дождь?

Пояснение. Нужно исследовать процесс образования таких осадков, привести примеры, описать опасности, которыми сопровождаются ледяные дожди.

Урок 16 (79). ИСПАРИЕНИЕ И КОНДЕНСАЦИЯ

Задачи урока	Ввести понятия: испарение, насыщенный и ненасыщенный пар, кипение, относительная влажность, точка росы
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 27. Испарение и конденсация
Планируемые результаты обучения	Знать понятия: испарение, насыщенный и ненасыщенный пар, кипение, относительная влажность, точка росы Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
<i>Предметные</i>	
<i>Метапредметные</i>	
<i>Личностные</i>	
Основные виды деятельности учащихся	Описывать процессы испарения и конденсации. Моделировать динамическое равновесие при испарении жидкости. Различать насыщенный и ненасыщенный пар. Исследовать зависимость давления насыщенного пара от температуры. Анализировать процесс кипения жидкости.

<p>Описывать устройство психрометра и гигрометра. Измерять влажность воздуха с помощью психрометра и гигрометра. Решать задачи</p>
--

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 27.1—27.3, 27.7.

Демонстрации

1) «Пьющий утёнок» (рис. 44). Его можно приобрести в некоторых магазинах.

Прибор состоит из небольшого стеклянного запаянного тонкостенного сосуда, имеющего форму гантели (средняя её часть представляет собой тонкую трубку) и укреплённого на металлической оси. Вставленная в подставку ампула может свободно вращаться на оси. Нижняя часть сосуда заполнена легкоиспаряющейся жидкостью, верхняя часть сосуда (голова утёнка) покрыта слоем гигроскопической ваты или бумаги.

Опыт иллюстрирует свойства насыщенных паров. Чтобы привести прибор в действие, перед ним ставят стаканчик, наполненный водой. Затем утёнка наклоняют так, чтобы клюв и голова слегка смочились водой. После этого утёнка отпускают, и он ненадолго возвращается в вертикальное положение. Затем утёнок сам начинает периодически наклоняться к стаканчику с водой. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока клюв птички будет касаться воды. На рисунке 45 приведены три положения утёнка.

Очень полезно обсудить с учащимися принцип действия игрушки.

Вопрос 1. В чём заключается принцип действия устройства?

Ответ. Испарение воды с головы птички приводит к её охлаждению, пары (насыщенные) жидкости, которые находятся в верхней части игрушки, также охлаждаются, и при этом понижается их давление. Давление в нижней части сосуда остаётся прежним, поэтому жидкость начинает подниматься вверх. Центр тяжести устройства (он помечен точкой на рисунке) также поднимается, за счёт чего сосуд наклоняется сначала немного, а затем настолько, что пары из нижнего сосуда в виде пузырька проскакивают в верхний. Центр тяжести смещается вниз, и игрушка возвращается в вертикальное положение. Затем весь цикл повторяется.



Рис. 44

Вопрос 2. Возможно ли изменить скорость наклонов птички?

Ответ. Да, возможно, если изменить скорость испарения жидкости с

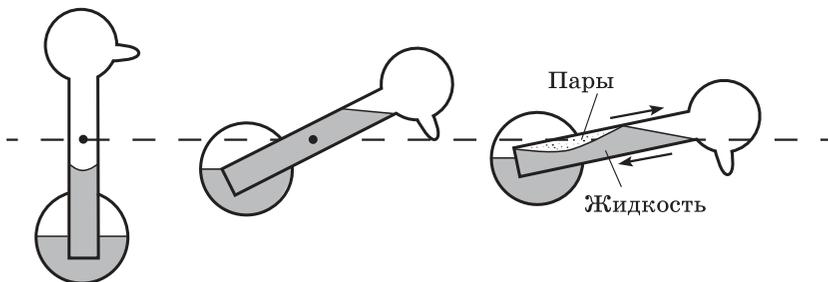


Рис. 45

головы утёнка. Этого можно добиться, воспользовавшись, например, вентилятором.

- 2) Кипение при пониженном давлении.
- 3) Психрометр и волосной гигрометр.

Домашнее задание. У10, § 27; задачи 27.4—27.6, 27.8.

Идеи для исследований и проектов

1. Исследовать зависимость температуры жидкости от внешнего давления (вблизи значения нормального давления).

Пояснение. Когда мы говорим, что вода кипит при температуре 100 °С, мы бываем недостаточно точны. На самом деле вода кипит при других температурах. Это зависит и от чистоты сосуда, в котором происходит кипение, и от внешнего давления. Исследование удобно проводить с использованием датчиков из цифровых лабораторий.

2. Исследовать явления, сопровождающие кипение.

Пояснение. Кипение сопровождается активным выделением пузырьков газа, которые вырываются на поверхность жидкости с характерным шумом. Довольно интересные результаты можно получить, исследовав эти явления. Исследование удобно проводить с использованием датчиков из цифровых лабораторий.

**Урок 17 (80). МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ.
ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ.
СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ.
КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

Задачи урока	Ввести понятия: поверхностная энергия, удельная поверхностная энергия, поверхностное натяжение
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 28. Свойства поверхности жидкости. § 29. Капиллярные явления
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: поверхностная энергия, удельная поверхностная энергия, поверхностное натяжение

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать жидкости смачивающие и несмачивающие. Объяснять явления смачивания и несмачивания. Приводить примеры этих явлений из окружающей жизни. Объяснять явление поверхностного натяжения в жидкости. Предлагать способы изменения поверхностного натяжения

Демонстрации

1) Критическое состояние эфира.

Очень красивая демонстрация, хотя показать её смогут лишь те учителя, у которых в кабинете ещё остался прибор Авенариуса (рис. 46).

Этот прибор представляет собой ампулу 2 с эфиром и специальный металлический защитный кожух 1 с двумя стеклянными стенками 3 (для демонстрации в теневой проекции). Основным элементом установки служит ампула с эфиром. Количество эфира в ампуле рассчитано так, чтобы при нагревании до критической температуры давление в ней также стало критическим.

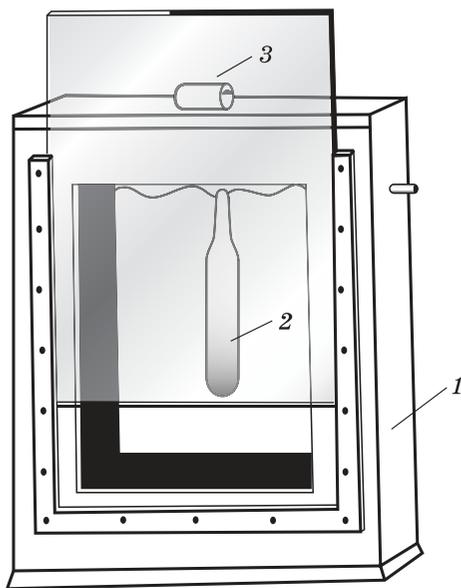


Рис. 46

За процессом превращений с эфиром следует наблюдать очень внимательно, так как переход пара в жидкость происходит очень быстро.

2) Образование наименьших поверхностей мыльных плёнок.

Осуществление демонстрации требует предварительной работы, которая заключается в подготовке металлических каркасов различной формы. Их следует изготовить из достаточно жёсткой проволоки. Возможные формы представлены на рисунке 47, а (цифрами показана последовательность сгибания проволоки). Винтовая линия выгибается из одного куска проволоки и только

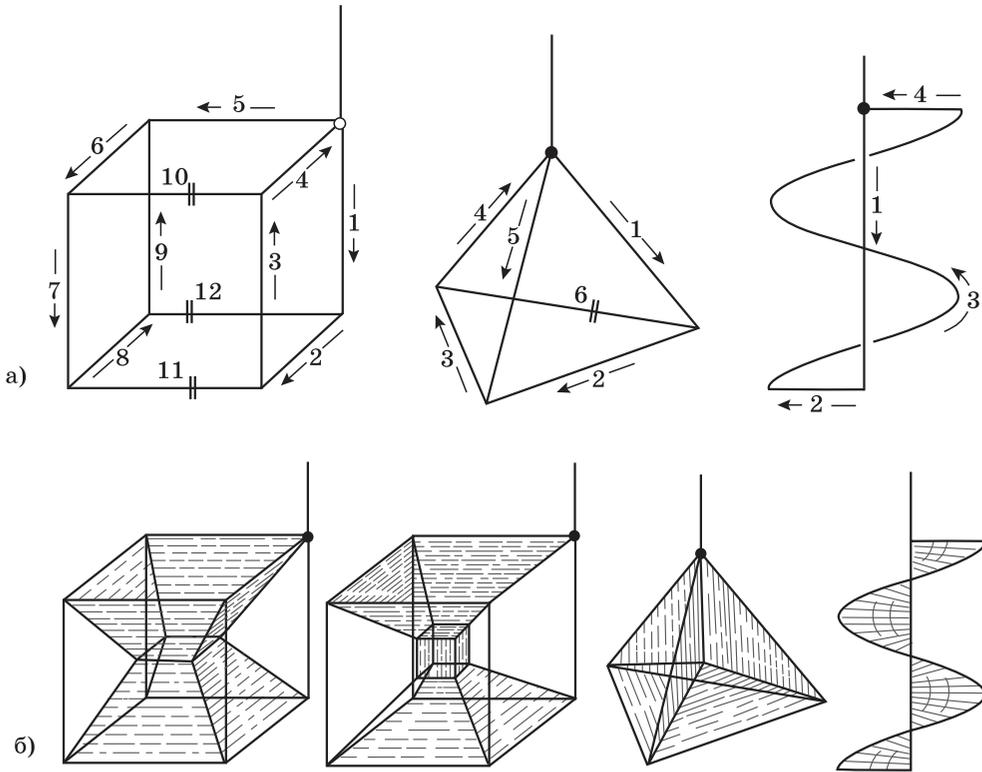


Рис. 47

её конец после выгибания линии припаивается к прямому участку фигуры.

Проволочные фигурки погружаются в мыльный раствор и затем медленно из него извлекаются. Необходимо проследить, чтобы в это время на поверхности мыльного раствора не было мелких мыльных пузырей.

Обратите внимание учащихся на то, что образуются мыльные плёнки, имеющие наименьшую из возможных поверхность (рис. 47, б).

3) Изменение поверхностного натяжения (рис. 48).

4) Измерение силы поверхностного натяжения.

Оборудование: пружинный динамометр (или датчик силы высокой чувствительности из цифровой лаборатории), штатив, плоскопараллельная кювета или химический стакан, мыльный раствор.

Для демонстрации опыта на штатив устанавливают динамометр 1 с проволочной П-образной незамкнутой петлёй 2 шириной примерно 50 мм так, как показано на рисунке 49. Чтобы не учитывать вес петли, необходимо осуществить коррекцию указателя динамометра.

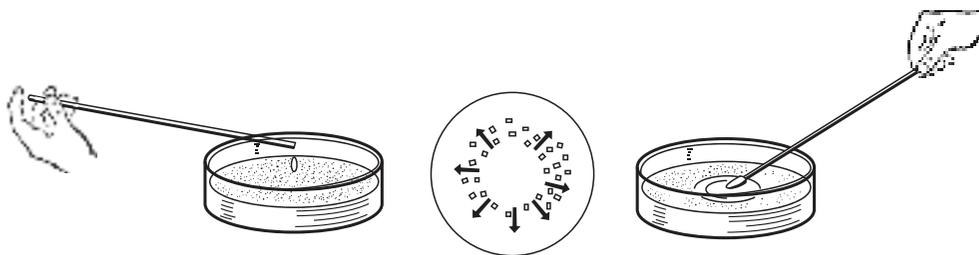


Рис. 48

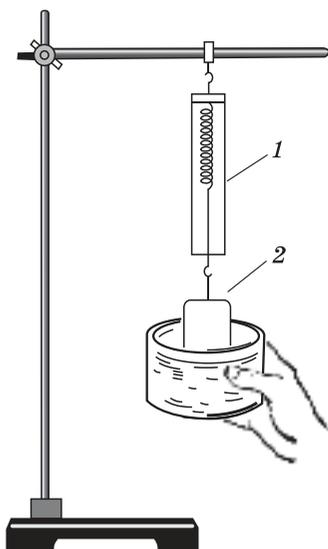


Рис. 49

Затем подставляют под петлю кристаллизатор с мыльным раствором так, чтобы верхняя сторона петли была погружена в раствор (см. рис. 49). При медленном опускании кюветы петля затянется сплошной мыльной плёнкой и на пружину будет действовать направленная вниз сила поверхностного натяжения. Эту силу легко определить по показаниям динамометра. Зная силу, полученную в опыте, и длину проволочной перекладины, легко найти коэффициент поверхностного натяжения:

$$\sigma = F/l.$$

Аналогичным образом можно провести эту демонстрацию с использованием датчика силы из цифровой лаборатории. В этом варианте эксперимента может быть увеличена точность и улучшена визуализация результатов эксперимента, так как получаемые цифровые значения будут показаны на мониторе компьютера.

5) Влияние на поверхностное натяжение различных веществ, внесённых между двумя подвижными телами.

Оборудование: шёлковые нитки, круглая стеклянная чашка, спички, пипетка-капельница, воск, деревянная пластинка, спирт, сахар, штатив, два лезвия от безопасной бритвы.

Эксперимент 1. На поверхность воды близко друг от друга помещают две спички. Между спичками вливают каплю спирта, при этом спички тотчас же отплывают друг от друга к бортам чашки.

Эксперимент 2. Эксперимент может быть проведён с двумя лезвиями от безопасной бритвы, подвешенными одно возле другого. Для этого к лезвиям при помощи капли воска прикрепляют к середине их широкого края шёлковые нити длиной примерно 80—100 мм (рис. 50, а). Нити подвешивают бифилярно, так, чтобы лезвия были одно возле другого. Нити нужно укрепить на планке, закреплённой горизонтально в лапке штатива. Необходимо следить, чтобы лезвия были параллельны друг дру-

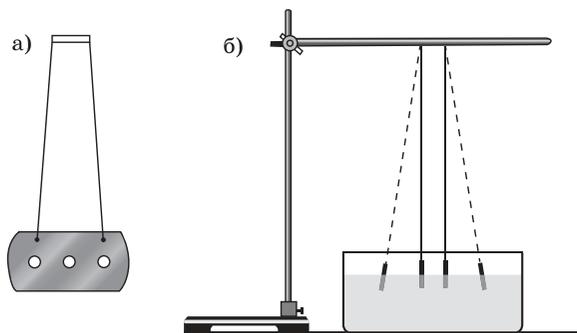


Рис. 50

гу и находились на расстоянии около 10 мм (рис. 50, б). Лезвия погружают на глубину 30—50 мм. Если между лезвиями на поверхность воды капнуть спирт, лезвия тотчас же разойдутся.

Причиной движения спичек и лезвий при внесении между ними спирта является ослабление поверхностного натяжения. Исследуемые тела движутся соответственно потокам, возникающим на поверхности, из области пониженного поверхностного натяжения в область повышенного натяжения.

Далее можно провести ещё один эксперимент, в котором вместо спирта будет использоваться сахарная вода. При этом эффект наблюдается обратный: лезвия сойдутся.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 28.1, 28.2, 29.1.

Домашнее задание. У10, § 28, 29; задачи 28.3, 28.4, 29.2, 29.3.

Идеи для исследований и проектов

1. Мореходы с давних времён для усмирения волн используют хитрый трюк: они выливают за борт рыбий жир, и волны становятся тише. Исследовать и объяснить это явление. Любые ли масла (органические, синтетические) могли бы решить проблему мореходов?

Пояснение. Решающим фактором здесь является тот эффект, который масло оказывает на поверхностное натяжение. Однако для усмирения волн пригодны только масла органического происхождения, современные масла на основе нефти для этой цели не подходят. Исследуйте проблему, сравните свойства органических и синтетических масел.

2. Получение гигантских мыльных пузырей.

Пояснение. Секрет получения качественных пузырей заключается в мыльном растворе. Приведём пару рецептов.

Рецепт первый: 1 часть концентрированного сахарного сиропа (пропорция: 5 частей сахара на 1 часть воды; например, 50 г сахара на 10 мл воды), 2 части натёртого на тёрке мыла, 4 части глицерина, 8 частей дистиллированной воды.

Рецепт второй: 50 мл глицерина, 100 мл средства для мытья посуды, 4 чайные ложки сахара, 300 мл воды.

Раствор для гигантских мыльных пузырей можно приготовить в тазике, а «выдувать» их с помощью гимнастического обруча или специально скрученной из гибкого материала рамки. Честно говоря, дуть-то и не придётся — скорее придётся размахивать рамкой или медленно вытягивать из тазика большой прочный пузырь.

3. Изучение метода хроматографического анализа.

Пояснение. Явление хроматографии было обнаружено русским ботаником М. С. Цветом. На этом явлении основан метод хроматографического анализа разделения смесей, особенно важного при получении чистых веществ.

Эксперимент 1. Капиллярность фильтровальной бумаги в сухом воздухе.

Деревянную планку укрепляют в штативе в горизонтальном положении на высоте около 60 мм над столом. Из фильтровальной бумаги вырезают четыре полоски длиной около 60 мм и шириной 20 мм. Полоски бумаги кнопками прикалывают на равном расстоянии друг от друга к деревянной планке (рис. 51).

Под каждой полоской устанавливают кристаллизатор или чашку Петри. В каждый из этих сосудов наливают водный раствор краски так, чтобы концы полосок фильтровальной бумаги оказались погружёнными в растворы на глубину около 2 мм.

В качестве красителей берут двуххромовокислый калий, метиленовую синь, или кэтонблау, один из тройных красителей и др. Каждый из красителей через некоторое время образует на полосках фильтровальной бумаги окрашенные зоны различной высоты.

Эксперимент 2. Капиллярность фильтровальной бумаги во влажном воздухе.

Внутреннюю стенку высокого стеклянного цилиндра примерно наполовину по окружности и на глубину около 700 мм оклеивают влажным листом фильтровальной бумаги. При помощи воронки с длинной трубкой в цилиндр наливают водный раствор краски на высоту около 50 мм так, чтобы раствор не касался влажной фильтровальной бумаги на стенке цилиндра.

4. Исследование капиллярности песка.

Пояснение. Для проведения эксперимента необходимы песок (можно приобрести в зоомагазине), стеклянная трубка (с внутренним диаметром примерно 15—20 мм и длиной около 2000 мм), стержень штатива, муфта для широких трубок, кусок батиста или полотна, тонкий шнур, химический стакан, водорастворимые краски. Экспериментальная установка показана на рисунке 52.

Один конец стеклянной длинной трубки затягивают куском батиста или полотна. Место соединения обвязывают тонким шнуром.

В трубку засыпают песок, а так как в песке трудно установить высоту поднятия воды, то к нему ещё до заполнения трубки примешивают небольшие сложенные конвертиком бумажки, в которые насыпано некоторое количество красителя. Поднимающаяся в песке вода, дойдя до бумаги, будет растворять краску и тем самым окрашивать песок.

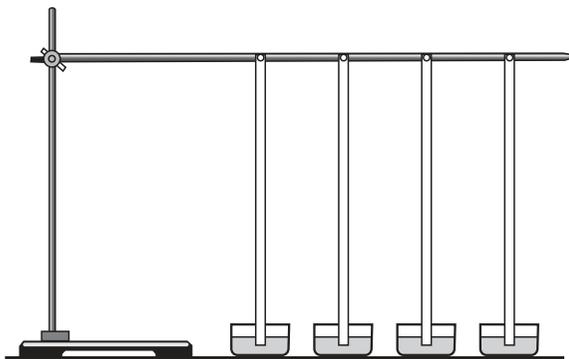


Рис. 51

При проведении этого эксперимента следует указать на значение явления капиллярности в сельском хозяйстве и строительстве, в частности на необходимость устройства гидроизоляции, предотвращающей поднятие воды в стенах зданий.

Темы для сообщений

1. Природные капилляры.

Пояснение. Ящерица молох, живущая в пустынях Австралии, обладает уникальной способностью собирать воду своей кожей. Попавшая на кожу жидкость не впитывается сразу, она проходит по микроскопическим каналам между чешуйками в пасть ящерицы. Молох способна извлекать воду даже из влажного песка, просто зарывшись в него брюхом.

2. Теория фильтрации и опыты Дарси.

Пояснение. При работе над этой темой за основу следует взять статью В. М. Ентова «Теория фильтрации» (Соросовский образовательный журнал. — 1998. — № 2. — С. 121—128).

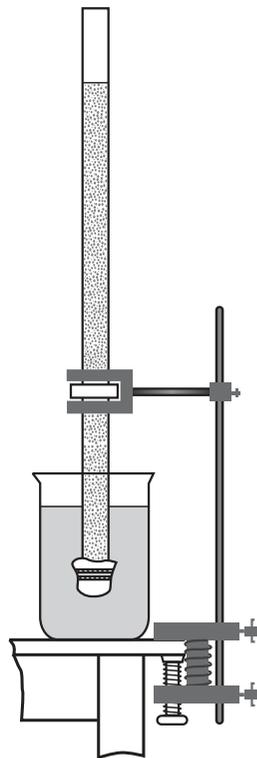


Рис. 52

Урок 18 (81). КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Задачи урока	Ввести понятия: анизотропия, элементарная ячейка кристалла, трансляция, монокристалл, поликристалл, полиморфизм
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 30. Кристаллические тела
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: анизотропия, элементарная ячейка кристалла, трансляция, монокристалл, поликристалл, полиморфизм

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать строение и свойства газов, жидкостей и твёрдых тел. Составлять таблицу. Описывать механические свойства твёрдых тел. Исследовать анизотропию свойств некоторых твёрдых тел. Описывать строение кристаллов. Различать кристаллические и аморфные твёрдые тела. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения о свойствах и применении аморфных материалов и жидких кристаллов. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Содержание урока следует логике учебника.

Демонстрации

- 1) Объёмные модели строения кристаллов.
- 2) Кристаллы различных веществ (если они имеются в кабинете).
- 3) Плавление и отвердевание кристаллических тел.
- 4) Линейное расширение твёрдых тел (прибор для демонстрации: ДО, с. 276).

Домашнее задание. У10, § 30.

Урок 19 (82). МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Задачи урока	Ввести понятия: механическое напряжение, модуль упругости, предел упругости, предел текучести, предел прочности
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 31. Механические свойства твёрдых тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: механическое напряжение, модуль упругости, предел упругости, предел текучести, предел прочности
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Перечислять механические свойства твёрдых тел. Приводить примеры упругой и неупругой деформаций тел. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения о свойствах и применении аморфных материалов и жидких кристаллов. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Содержание урока следует логике учебника.

Разобрать решение задачи из § 31 учебника. Решить задачи 31.1—31.3.

Демонстрация. Упругие деформации сдвига, кручения, сжатия, растяжения (демонстрационное устройство показано на рисунке 53).

Домашнее задание. У10, § 31; задачи 31.4—31.6; подготовиться к лабораторной работе.



Рис. 53

Урок 20 (83). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «НАБЛЮДЕНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА КРИСТАЛЛА ИЗ РАСТВОРА»

Задачи урока	Научить учащихся выращивать кристаллы, определять тип простейших кристаллических решёток
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 5(6)
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать о методах экспериментального выращивания кристаллов
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности

Основные виды деятельности учащихся	Осуществлять наблюдение за ростом кристалла из раствора. Описывать результаты наблюдения. Анализировать отдельные этапы, интерпретировать результаты наблюдения. Работать в паре
--	---

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 5(6) учебника.

Домашнее задание. У10, § 30; обработать результаты лабораторной работы.

Урок 21 (84). ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЁТКИ. ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ. ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Задачи урока	Ввести понятия: дислокация, точечные дефекты, легирование, монокристалл, жидкие кристаллы.
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 32*. Получение и применение кристаллов. § 33. Жидкие кристаллы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: дислокация, точечные дефекты, легирование, монокристалл, жидкие кристаллы Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Описывать строение кристаллов. Перечислять возможные дефекты кристаллической решётки. Иллюстрировать дефекты кристаллической решётки с помощью модели. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения о свойствах и применении аморфных материалов и жидких кристаллов. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

В ходе беседы рекомендуется обсудить один из широко используемых методов выращивания кристаллов — метод Чохральского.

Суть метода состоит в том, что, используя специальную затравку, представляющую собой монокристалл кремния на конце тонкого длинного стержня, можно получить монокристалл кремния большего размера. Происходит это следующим образом: в тигель, содержащий расплавленный поликристаллический кремний, опускают стержень с закреплённым на нём монокристаллом кремния (рис. 54, а) и, поворачивая его с определённой скоростью, вытягивают вверх (рис. 54, б). Это приводит к образо-

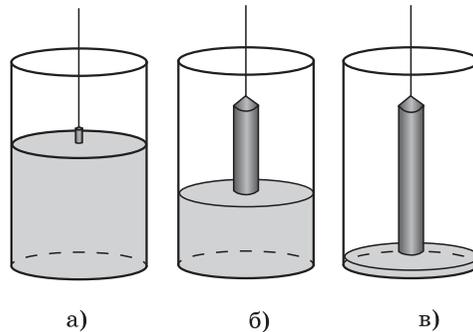


Рис. 54

ванию длинного кремниевого цилиндра, называемого слитком (рис. 54, в). Из-за поверхностного натяжения в жидкости на поверхности зародыша сначала образуется тонкая плёнка из кремния, а потом последующие атомы кремния ориентируются в соответствии с ориентацией зародыша кристалла; таким образом, слиток имеет ту же кристаллическую структуру, что и исходный зародыш. Скорости вращения и вытягивания определяют диаметр полученного слитка. Следует заметить, что для получения кристалла более правильной формы во вращение приводят и тигель, направление движения которого противоположно направлению вращения стержня.

Широко используемое высокопроизводительное оборудование позволяет получать монокристаллы диаметром до 200—300 мм. Однако в последнее время ведутся работы по его совершенствованию и уже собрана установка, которая позволяет получать кристаллы диаметром до 1 м и длиной до 3 м. Понятно, что кристаллы большого диаметра требуют и большого количества расплавленного кремния. При этом возникают определённые трудности, связанные с поддержанием постоянного теплового режима, так как кристаллизация происходит при определённой температуре. Решить эту проблему позволяет интенсивное усовершенствование установок непрерывного выращивания.

Сейчас мы пользуемся микросхемами и не задумываемся о том, что в основе их производства лежит метод, предложенный ещё в 1916 г.

Домашнее задание. У10, § 32, 33.

Темы для сообщений

1. Открытие Яна Чохральского.
2. Монокристаллический кремний — основа современной электроники.

Уроки 22 (85) и 23 (86). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Обучить учащихся решать задачи на применение законов, определяющих механические свойства твёрдых тел
---------------	--

Форма уроков	Решение задач
Текст учебника	У10. § 31. Механические свойства твёрдых тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на применение законов, определяющих механические свойства твёрдых тел Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять сведения о строении и механических характеристиках твёрдых тел при решении задач. Использовать таблицы

Рекомендуется обсудить следующие вопросы и решить приведённые ниже задачи.

Вопрос 1. Почему в таблицах температур плавления различных веществ нет температуры плавления стекла?

Ответ. Это связано с тем, что стекло является аморфным веществом, у которого нет определённой температуры плавления.

Вопрос 2. Почему в природе не существует кристаллов шарообразной формы?

Ответ. Все монокристаллы анизотропные, т. е. физические свойства зависят от направления. Следовательно, рост кристаллов неодинаков по разным направлениям, поэтому невозможно вырастить кристалл шарообразной формы.

Задача 1. Какой высоты должна быть кирпичная стена, если предел прочности $\sigma_{\text{пч}} = 3 \cdot 10^6$ Па, а плотность кирпича $\rho = 1,8 \cdot 10^3$ кг/м³?

Задача 2. Какой диаметр должен иметь стальной крюк, чтобы выдержать груз массой 5 т, если предел прочности $\sigma_{\text{пч}} = 1,1 \cdot 10^8$ Па?

Задача 3. Определите абсолютное удлинение проволоки под действием груза массой 2 т, если диаметр проволоки 2 см, начальная длина 10 м, а модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

Задача 4. Какую массу выдержит кольцо, внешний радиус которого 11 мм, внутренний 5 мм, а предел прочности $\sigma_{\text{пч}} = 160$ МПа?

Задача 5. Определите модуль Юнга для проволоки с площадью поперечного сечения 1 см², относительное удлинение которой составляет 4,2% при нагрузке 100 Н.

Задача 6. К закреплённой одним концом проволоке диаметром 2 мм подвешен груз массой 10 кг. Определите механическое напряжение в проволоке.

Задача 7. Две проволоки, диаметры которых различаются в 3 раза, подвержены действию одинаковых растягивающих сил. Сравните возникающие в них напряжения.

Задача 8. Балка длиной 5 м с площадью поперечного сечения 100 см^2 под действием сил по 10 кН, приложенных к её концам, сжалась на 1 см. Определите относительное сжатие и механическое напряжение.

Задача 9. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Определите относительное и абсолютное удлинения.

Задача 10. Определите напряжение, возникающее в стальном тросе при его относительном удлинении 0,001.

Дополнительные задачи для решения на уроке: У10, задачи 31.7, 31.8.

Домашнее задание. Повторить тему «Тепловые явления».

===== Основы термодинамики (14 ч) =====

Урок 24 (87). ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ

Задачи урока	Определить задачи термодинамики; ввести понятия: состояние, термодинамическая система, количество теплоты
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 34. Термодинамический метод
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать задачи термодинамики, понятия состояния, термодинамической системы, количества теплоты Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Исследовать тепловые свойства вещества. Описывать термодинамические системы, количество теплоты в различных процессах. Определять работу по графику процесса. Измерять количества теплоты в процессах теплопередачи

При обсуждении **внутренней энергии** полезно обратиться к процессам, происходящим в организме человека.

Организм человека — это система, которая должна сохранять постоянную температуру, а при изменении температуры должны включаться механизмы терморегуляции, которые аналогичны процессу физической терморегуляции. Физическая терморегуляция — это регуляция теплоотдачи. Её механизмы обеспечивают поддержание температуры тела на постоянном уровне как в условиях возможного перегрева, так и в условиях возможного переохлаждения.

Процесс терморегуляции. Рассмотрим более подробно тепловое взаимодействие живой системы и окружающей среды, а также процесс терморегуляции.

Механизмы физической терморегуляции включаются рефлекторно и имеют три основных компонента:

1) рецепторы, воспринимающие изменение температуры внутри организма или окружающей среды (за температурную чувствительность ответственные рецепторы двух типов: на тепло реагируют тельца Руффини, а на холод — колбочки Краузе, а также многочисленные нервные окончания; вся кожная поверхность тела человека содержит 250 тыс. «холодовых» рецепторов и только 30 тыс. «тепловых»);

2) центр терморегуляции;

3) эффекторы (в организме это потовые железы), которые изменяют процессы теплоотдачи, сохраняя температуру тела на постоянном уровне.

Физическая терморегуляция осуществляется путём изменения отдачи тепла организмом. Это особенно важно, когда необходимо поддержать постоянную температуру тела во время пребывания организма в условиях повышенной температуры окружающей среды.

Теплообмен человека с окружающей средой может осуществляться путём теплопроводности, конвекции, излучения и испарения.

Теплопроводность — передача энергии от одного тела к другому при их контакте или от одной части тела к другой.

Конвекция — обмен энергией между организмом и окружающей средой через прилегающие к телу слои воздуха (или жидкости). Скорость обмена зависит от скорости движения воздуха около поверхности тела. Для уменьшения обмена энергией путём конвекции необходим какой-либо покров (например, одежда, волосы). Теплообмен посредством конвекции описывается законом Ньютона

$$P_c = S\alpha_c(T_n - T_b),$$

где P_c — поток энергии от организма к среде; S — площадь поверхности; α_c — коэффициент поглощения; T_n и T_b — соответственно температуры поверхности тела (внешней стороны одежды) и воздуха.

Излучение — перенос тепла в виде электромагнитных волн инфракрасной части спектра. Мощность, теряемая человеком посредством излучения, рассчитывается по формуле

$$P = S\alpha\sigma(T^4 - T_0^4),$$

где S — площадь поверхности; α — коэффициент поглощения; σ — коэффициент черноты тела; T и T_0 — соответственно температуры поверхности тела (внешней стороны одежды) и воздуха.

Испарение — потери энергии с поверхности тела в процессе фазового превращения вода—пар. Испарение происходит не только через поверхность кожи, но и через лёгкие. Расчёт количества теплоты, теряемой в процессе испарения, осуществляется по формуле $Q = r m$.

Потере энергии препятствует слой неподвижного воздуха, который находится между одеждой и кожей, так как воздух — плохой проводник тепла. В значительной степени препятствует теплоотдаче слой подкожной жировой клетчатки, так как она имеет малую теплопроводность.

Для человека, находящегося в состоянии покоя, теплоотдача излучением составляет 45—50% от всей потери энергии. Длина волны этого излучения находится в интервале $5 \cdot 10^{-6}$ — $40 \cdot 10^{-6}$ м (ИК). При этом максимум излучения приходится на длину волны, равную $9 \cdot 10^{-6}$ м.

Соотношение упомянутых способов теплообмена изменяется в зависимости от температуры окружающей среды.

Так, при низкой температуре воздуха (ниже комнатной) преобладает теплообмен путём конвекции и излучения (90%). При этом испарение минимально, в основном это испарение при дыхании и составляет около 10%.

При температуре 18—20 °С теплоотдача за счёт конвекции и излучения уменьшается, а за счёт испарения увеличивается и достигает 25—27%.

При температуре выше 35 °С теплообмен практически прекращается, так как температуры окружающей среды и тела человека фактически оказываются одинаковыми, и единственным способом теплоотдачи становится испарение.

На диаграмме (рис. 55) представлено соотношение трёх видов теплообмена при различных температурах окружающей среды. Видно, что при изменении разницы температур между телом человека и окружающей среды происходит изменение механизма, преобладающего при теплоотдаче. При больших разницах температур преобладает излучение, а при малых — испарение.

Более точно рассчитать тепловые характеристики тела человека можно, составив **уравнение теплового баланса**:

$$Q_{\text{раб}} \pm Q_{\text{конв}} \pm Q_{\text{излуч}} - Q_{\text{исп}} = \pm Q_{\text{полн}}$$

где $Q_{\text{раб}}$ — количество теплоты, полученной в процессе выполненной работы и обмена веществ; $Q_{\text{конв}}$ — количество теплоты, полученной или отдан-

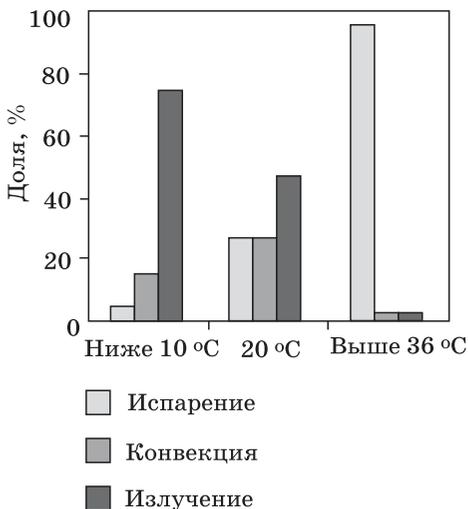


Рис. 55

ной за счёт конвекции; $Q_{\text{излуч}}$ — количество теплоты, полученной или отданной за счёт излучения; $Q_{\text{исп}}$ — количество теплоты, полученной или отданной за счёт испарения влажной поверхности кожи; $Q_{\text{полн}}$ — суммарное количество теплоты, полученной или отданной в результате теплообмена, причём $Q_{\text{полн}}$ остаётся постоянным.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 34.1, 34.4.

Демонстрации. Фильм BBC «Силы природы», фрагмент фильма «Снежные бури и лавины».

Домашнее задание. У10, § 34; З. № 2.172, 2.173.

Идеи для исследований и проектов

Исследовать свою одежду на пригодность её использования при различных температурах внешней среды.

Пояснение. В настоящее время в магазинах можно купить куртки с встроенным термометром внутри. Вы можете самостоятельно сконструировать для себя аналогичную одежду. Для этого необходимо предусмотреть карман (или сумку), в котором вы будете хранить устройство, записывающее температуру внутри куртки. В качестве измерительного инструмента удобно использовать датчики температуры из цифровых лабораторий и устройство, записывающее их показания (лучше имеющее не менее двух входов).

Итак, закрепляем термометры снаружи и внутри куртки. Сначала испытываем систему в домашних условиях, побыв в куртке минут 15 дома, а затем отправимся на прогулку. Через некоторое время можно сравнить значения температуры, зафиксированные внешним и внутренним датчиками. Проанализируйте полученные зависимости и сделайте вывод о соответствующем качестве вашей одежды.

Урок 25 (88). ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Задачи урока	Ввести понятие теплопроводности; научить учащихся использовать первый закон термодинамики для решения конкретных задач
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 35. Первый закон термодинамики
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятие теплопроводности, уметь использовать первый закон термодинамики для решения конкретных задач
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

Основные виды деятельности учащихся	Рассчитывать изменения внутренней энергии тел, работу и переданное количество теплоты на основании первого закона термодинамики. Применять первый закон термодинамики к различным процессам. Использовать таблицы. Решать задачи
--	---

Помимо задач из учебника (35.1—35.3) можно разобрать интересные задачи, условия и решения которых приведены ниже.

Задача¹. Эскимосскую лайку поместили в специальную камеру-калориметр, где измерялась её теплопродукция (образование тепла в тканях и органах в результате работы, совершаемой в живом организме) при различных температурах среды. Полученные результаты приведены в таблице 1 (единицы приведены не в СИ, поэтому можно поупражняться в их переводе).

Таблица 1

Температура среды, °С	Теплопродукция q , ккал/сут. (1 кал = 4,18 Дж)
8	1050
-2	1040
-12	1070
-22	1040
-32	1050
-42	1120
-52	1260

Собственная температура тела собаки на протяжении всего эксперимента оставалась равной 38 °С. Площадь поверхности тела составляла 1,31 м².

а) Чему равна суммарная теплопроводность покрова собаки (подкожный слой, кожа, шерсть и т. д.) при температуре воздуха ниже -37 °С?

б) Предположив, что теплоизолирующий покров состоит из однородного материала и имеет толщину 0,05 м, определите теплопроводность этого материала.

в) Теплоизолирующие свойства материала — меха — в основном обусловлены свойствами воздуха, который содержится между волосками.

¹ См.: Джермен М. Количественная биология в задачах и примерах. — М.: КомКнига, 2005.

Насколько собачий мех как теплоизолирующий материал хуже воздуха, как такового, если теплопроводность последнего равна $5,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}}$?

г) Какой слой обладает лучшими теплоизолирующими свойствами: собачий мех или кирпичная стена толщиной 25 см, для которой параметр U равен $5,85 \cdot 10^{-4} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}}$?

д) Уступает ли по своим теплоизолирующим свойствам покров собаки покрову тюленя, удельная теплопродукция которого на 1 м^2 поверхности тела в морской воде с температурой 0°C равна 2310 ккал/сут. при собственной температуре тела 37°C ?

Решение. а) При температурах между -52 и -37°C поток тепла пропорционален разности температур между телом собаки и окружающим воздухом. Постоянство температуры тела поддерживается химическим механизмом терморегуляции, и термоизолирующие свойства покрова остаются постоянными и максимальными. Рассмотрим, например, теплопродукцию при температуре -37°C ; поток тепла от всей собаки в этом случае составляет 1050 ккал/сут. или 800 ккал/сут. на 1 м^2 поверхности тела. Тогда теплопроводность термоизолирующего покрова

$$Q = \frac{q}{\Delta t \Delta T S} = \frac{1050}{24 \cdot 3600 \cdot 75 \cdot 1,31} \approx 1,23 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}} \right),$$

где q — теплопродукция (ккал); Δt — промежуток времени (с); ΔT — разность температур ($^\circ\text{C}$); S — площадь поверхности (м^2).

Рассматривая теплопродукцию собаки в случае, когда разность между температурой её тела и температурой окружающего воздуха составляет 90°C (поток тепла 1260 ккал/сут.), получаем то же значение теплопроводности $Q \approx 1,23 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$.

б) Обозначим через λ коэффициент теплопроводности вещества (в $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$). Тогда на основании закона Фурье, согласно которому количество теплоты, переносимой через поверхность S перпендикулярно направлению оси OX , вдоль которой убывает температура, пропорционально площади этой поверхности, времени переноса Δt и градиенту температуры $\Delta T/\Delta x$, получим

$$Q = -\lambda S \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t.$$

Теплопроводность меха составляет $(800 \cdot 0,05) / (24 \cdot 3600 \cdot 75)$, т. е. $6,17 \cdot 10^{-6} \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Коэффициенты теплопроводности различных веществ (для сравнения) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вещество	λ , Вт/(м · °С)
Сухой воздух	0,024
Ткань шерстяная	0,025
Жировая клетка	0,17—0,21
Эпидермис человека	0,25
Кости	0,35—0,40
Мышечная ткань при нормальном кровотоке	0,50
Мышечная ткань при сильном кровотоке	0,58
Вода (при 20 °С)	0,599
Кровь	0,70
Металлы	40—400

в) Теплопроводность меха составляет 119% теплопроводности воздуха, как такового, т. е. мех почти такой же хороший теплоизолятор, как и воздух.

г) Сравнивая теплопроводность собачьего меха и кирпичной стены, делаем вывод, что термоизолятор в 5 раз хуже собачьего меха.

д) Собачий покров лучше защищает от холода, чем покров тюленя, поскольку удельная теплопродукция собаки на единицу поверхности тела при разности температур между окружающей средой и телом 75 °С составляет 800 ккал/сут. на 1 м² поверхности тела, тогда как у тюленя при разности температур 37 °С удельная теплопродукция составляет 2310 ккал/сут. на 1 м² поверхности тела (т. е. много больше).

Задача. Оцените, какую толщину должны иметь стены из данного материала, для того чтобы в помещении колебания температуры не превышали 3 °С от среднего годового значения температуры в вашем регионе. Подберите возможные варианты материалов из таблицы 3. Подберите строительный материал для дома, находящегося в районе Оймьякона (в этом населённом пункте зарегистрирована самая низкая температура), используя таблицу 4.

Таблица 3

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С)		
	в сухом состоянии	в усло- виях А (обычные)	в усло- виях Б (влажные)
Пенополистирол экструдированный (ЭППС)	0,029	0,030	0,031
Войлок шерстяной	0,045	—	—
Цементно-песчаный раствор (ЦПР)	0,58	0,76	0,93
Гипсовая штукатурка обычная	0,25	—	—
Минеральная вата каменная	0,038	0,045	0,048
Пенобетон и газобетон	0,29	0,38	0,43
Сосна, ель поперёк волокон	0,09	0,14	0,18
Сосна, ель вдоль волокон	0,18	0,29	0,35
Дуб поперёк волокон	0,10	0,18	0,23
Дуб вдоль волокон	0,23	0,35	0,41
Медь	382—390	—	—
Алюминий	202—236	—	—
Латунь	97—111	—	—
Железо	92	—	—
Олово	67	—	—
Сталь	47	—	—
Стекло оконное	0,76	—	—
Свежий снег	0,10—0,15	—	—
Вода жидкая	0,56	—	—
Воздух (+27 °С, 1 атм)	0,026	—	—
Вакуум	0	—	—
Пробковое дерево	0,035	—	—

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С)		
	в сухом состоянии	в усло- виях А (обычные)	в усло- виях Б (влажные)
Железобетон	1,69	1,92	2,04
Керамзитобетон	0,27	0,33	0,41
Кирпич силикатный	0,70	0,76	0,87
Кирпич керамический пустотелый	0,35	0,47	0,52
Гранит	3,49	3,49	3,49
Мрамор	2,91	2,91	2,91
Известняк плотностью 2000 кг/м ³	0,93	1,16	1,28
Туф плотностью 2000 кг/м ³	0,76	0,93	1,05
Туф плотностью 1000 кг/м ³	0,21	0,24	0,29
Фанера клееная	0,12	0,15	0,18
ДСП, ДВП	0,15	0,23	0,29
Пахла	0,05	0,06	0,07
Эковата	0,04	—	—
Пенополиуретан (ППУ)	0,029	0,031	0,04

Домашнее задание. У10, § 35; задачи 35.4—35.6.

Идеи для исследований и проектов

Предложить схему установки для определения теплоизолирующих свойств материалов.

Пояснение. Подсказкой служит закон Фурье $\Delta Q = -\lambda S \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t$.

Темы для сообщений

1. Реакция человека на низкие температуры.

Пояснение. Учёные проводили специальные исследования по определению возможностей пребывания человека при пониженных температурах. В специальной камере при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ под пристальным наблюде-

Климат Оймькона (данные с 1930 г.)													
Показатель, °С	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Новб.	Дек.	Год
Абсолют- ный макси- мум	16,6	12,5	2,0	11,7	26,2	31,1	34,6	32,9	23,7	11,0	2,1	6,5	34,6
Средний максимум	42,5	35,4	20,8	3,7	9,1	20,0	22,7	18,2	8,9	9,2	30,7	42	8,8
Средняя температура	46,4	42	31,2	13,6	2,7	12,6	14,9	10,3	2,3	14,8	35,2	45,5	15,5
Средний минимум	50	47,3	40	23,9	4,7	4,0	6,2	2,6	3,7	20,4	39,3	48,8	22,1
Абсолютный минимум	65,4	64,6	60,6	46,4	28,9	9,7	9,3	17,1	25,3	47,6	58,5	62,8	65,4

нием врачей находился обнажённый человек. Спустя 5—6 мин после начала эксперимента появились некоторые изменения в его состоянии и поведении. Сначала человек стал сильно дрожать, прижимая руки к груди (видимо, стремясь уменьшить площадь излучающей поверхности). Температура тела при этом оставалась приблизительно нормальной. Спустя ещё некоторое время, когда температура тела понизилась на 2 °С, стали заметны изменения, выражающиеся в способности считать и быстро отвечать на вопросы. Затем тело начало деревенеть, человек почувствовал слабость и сонливость. Если температура падает на 6 °С, то человек теряет сознание и умирает. Именно поэтому наиболее правильная линия поведения людей, оказавшихся на холоде, заключается в следующем: ни в коем случае не спать и как можно больше двигаться. При переохлаждении человек может выжить только в движении и если он сохраняет способность мыслить. В движении у человека работают мышцы, при этом лишь 20 % от затраченной работы расходуется на мышечную деятельность, а 80 % расходуется на тепловые потери.

2. Реакция человека на высокие температуры.

Пояснение. При слишком высоких температурах окружающей среды физиологическая реакция организма человека выражается в увеличении отдачи энергии вовне. Этот процесс осуществляется, во-первых, за счёт изменения деятельности системы кровообращения, а во-вторых, из-за усиления потоотделения. Кроме того, человеческая кожа независимо от её цвета действует как абсолютно чёрное излучающее тело.

Иногда этих механизмов рассеяния энергии оказывается недостаточно. Воздействие высоких температур может привести к разрушению биотканей. Этот процесс зависит от температуры и времени воздействия. Так, например, при кратковременном нагревании (1 с) до 70 °С биоткань разрушается так же, как и при нагревании в течение 10 с до 58 °С (Журина Л. В., Змиевской Г. Н. Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006).

Тем не менее в некоторых экстремальных ситуациях человек может выдерживать существенно более высокие температуры. Например, проведённые в 1960 г. в армии США эксперименты показали, что обнажённые мужчины в условиях сухого воздуха смогли перенести температуру 204,4 °С. Эта температура примерно в 1,5 раза превышает ту, которая нужна для за жаривания бифштекса. А в 1987 г. было сделано сообщение, что в штате Вашингтон группа из 11 человек прошла по углям, температура которых была 841 °С.

3. Триггерный эффект в биологии.

Пояснение. В технике (в частности, в компьютерной) используется устройство, называемое триггером. Основной его особенностью является способность сохранять одно из двух устойчивых состояний, которое изменяется при внешнем воздействии.

Зная механизм обмена организма человека с окружающей средой, можно объяснить, почему: 1) если человек надевает холодную обувь (имеется в виду температура внутреннего её объема), то согреть ноги не удаст-

ся; 2) если обувь внутри была тёплой, то согреется не только нога, но и обувь (Зуев В. Триггерный эффект в человеческом организме, или Как переобуться на морозе // Квант. — 1991. — № 10. — С. 21—24. Электронную версию можно прочитать на сайте <http://school-collection.edu.ru/>).

4. Связь между формой и размерами тела и температурой окружающей среды.

Пояснение. Мощность, теряемая человеком при теплопередаче путём конвекции и излучения, прямо пропорциональна площади поверхности, поэтому такие параметры, как размеры и форма тела человека, безусловно, влияют на теплоотдачу. И наиболее важным в этом смысле является соотношение объёма тела и площади его поверхности.

Самый простой и доступный (хотя и не самый точный) метод — это моделирование. Если представить тело человека в виде сочетания ряда геометрических фигур: голову в виде шара, конечности в виде цилиндров, тело в виде параллелепипеда и т. п., то, зная правила расчёта объёмов и площадей этих тел, можно приблизительно определить параметры тела человека.

Посмотрим, как температура окружающей среды влияет на форму и размеры тела теплокровных животных.

Ещё в XIX в. учёными-физиологами были сформулированы два известных правила.

Правило Бергмана (1847 г.): животные, обитающие в областях с преобладающими низкими температурами, имеют, как правило, более крупные размеры тела по сравнению с обитателями более тёплых зон и областей.

Правило Алена (1877 г.): животные, обитающие в областях с преобладающими низкими температурами, имеют, как правило, более короткие выступающие части тела (уши, лапы, хвост, нос) по сравнению с обитателями более тёплых зон и областей.

В чём же это реально выражается?

У мелких животных отношение площади поверхности тела к массе больше, чем у крупных. Таким образом, чем меньше размеры тела, тем большая площадь поверхности приходится на единицу массы животного. Поскольку количество теплоты, отдаваемой единицей площади поверхности, одинаково для всех животных, то, следовательно, для поддержания постоянной температуры мелкие животные должны вырабатывать больше энергии.

Следует отметить, что масса человека также зависит от климата, в котором он проживает. Можно привести график зависимости массы человека от температуры, из которого наглядно видно, что чем теплее, тем меньше его масса.

5. Проверка и применение правил Бергмана (ПБ) и Алена (ПА).

Пояснение. По способности поддерживать температуру тела все животные делятся на теплокровных (температура тела не зависит от окружающей среды) и холоднокровных (температура тела зависит от окружающей среды).

Приведём возможный *план сообщения*.

1) Сформулировать правила.

2) Определить условия, при которых правила выполняются.

Сравнивать можно только близкородственные виды и применять их только к теплокровным животным.

3) Объяснить суть правил.

ПВ. Теплопродукция пропорциональна объёму тела. Теплоотдача (потеря тепла, его передача в окружающую среду) пропорциональна площади поверхности тела. С увеличением объёма площадь поверхности увеличивается относительно медленно, что позволяет увеличить отношение теплопродукция/теплоотдача и таким образом компенсировать потери тепла с поверхности тела в холодном климате.

ПА. Теплопродукция пропорциональна объёму тела. Теплоотдача (потеря тепла, его передача в окружающую среду) пропорциональна площади поверхности тела. Тонкие выступающие части тела, имеющие небольшой объём и большую площадь поверхности, увеличивают теплоотдачу, т. е. ведут к потере тепла организмом.

4) Описать математическую модель. (Здесь приведена одна из моделей, предложите учащимся придумать другие.)

ПВ. Представим себе двух животных, имеющих тело в виде правильных кубов со сторонами a у первого и $2a$ у второго животного (рис. 56, а).

Тогда

$$\begin{aligned} S_1 &= 6a^2, & S_2 &= 6(2a)^2 = 24a^2, \\ V_1 &= a^3, & V_2 &= (2a)^3 = 8a^3, \\ T_1 &= \frac{V_1}{S_1} = \frac{a^3}{6a^2} = \frac{a}{6}, & T_2 &= \frac{V_2}{S_2} = \frac{8a^3}{24a^2} = \frac{a}{3}. \end{aligned}$$

Таким образом, отношение $T = V/S$ у второго животного в 2 раза выгоднее для условий, где теплопродукция должна быть больше, чем теплоотдача (т. е. для холодного климата).

ПА. Представим себе двух животных, имеющих тело, образованное правильными кубиками со стороной a (рис. 56, б). Определите отношения T_1 и T_2 (с точностью до трёх знаков после запятой) для этих моделей.

Подсчитайте, сколько (в процентах) тепла сэкономит первое животное по сравнению со вторым:

$$T(\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \cdot 100\%.$$

5) Применить правила.

Можно рассмотреть следующие вопросы. Самые крупные наземные животные — слоны и носороги — обитают, как известно, не в холодных, а в весьма тёплых климатических зонах. Соблюдается ли в этом случае

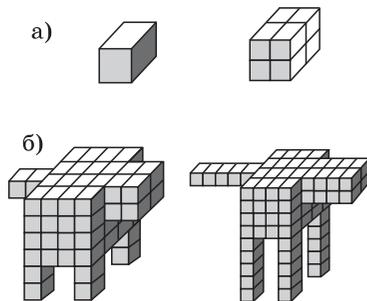


Рис. 56

правило Бергмана? Какие проблемы, связанные с терморегуляцией, возникают у этих животных и как они эти проблемы решают?

Почему вводится необходимое условие применения правил Бергмана и Алена? Это условие вводится потому, что интенсивность обмена веществ (а значит, и теплопродукции) на единицу объёма тела неодинакова у разных видов. Так, мелкие животные (например, грызуны) имеют более интенсивный обмен веществ, чем крупные (например, копытные).

б) Проверить правила Бергмана и Алена при решении задач и ответах на вопросы.

Вопрос. Как вы думаете, почему у африканского слона большие уши? Как увеличивают теплоотдачу индийский слон и бегемот?

Задача. Взрослый европеец ростом 182 см весит 81 кг. У взрослого пигмея в африканском лесу рост 156 см и вес 49 кг. Определите отношение теплопродукции к теплоотдаче. Теплопродукцию считайте пропорциональной массе тела, а теплоотдачу — площади поверхности, которую можно вычислить по эмпирической формуле

$$S(\text{см}^2) = 167,2 \cdot \sqrt{m(\text{кг})} \cdot \sqrt{h(\text{см})},$$

где m — масса тела; h — рост. Определите $T = \frac{m}{S}$. (Это отношение необходимо рассчитывать с точностью до пяти знаков после запятой.)

Рассчитайте, сколько (в процентах) тепла сэкономит европеец по сравнению с пигмеем в зимних условиях:

$$T(\%) = \frac{T_e - T_{\text{п}}}{T_e} \cdot 100\%.$$

Какое правило соблюдается (или не соблюдается) в задаче?

Вопрос. Почему тундровые растения гораздо мельче своих собратьев из умеренного пояса в отличие от животных? (Кстати, растения — гомойотермные или пойкилотермные организмы?)

Урок 26 (89). РАБОТА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОБЪЁМА ГАЗА

Задачи урока	Дать представление о круговых и циклических процессах
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 36. Работа при изменении объёма газа
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i>	Знать о круговых и циклических процессах Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Рассчитывать работу при изменении объёма газа. Описывать круговые и циклические процессы. Решать задачи

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 36.1, 36.4; З. № 2.188, 2.190, 2.192.

Домашнее задание. У10, § 36; З. № 2.174—2.177, 2.180, 2.194.

Урок 27 (90). ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ К РАЗЛИЧНЫМ ПРОЦЕССАМ

Задачи урока	Ввести понятие «адиабатный процесс»
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 37. Применение первого закона термодинамики к различным процессам
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Понимать суть адиабатного процесса Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять первый закон термодинамики к различным процессам. Использовать таблицы. Решать задачи

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 37.1—37.5.

Демонстрации

- 1) Огниво воздушное (ДО, с. 279).
- 2) Образование тумана.

Домашнее задание. У10, § 37; З. № 2.198, 2.199, 2.209.

Идеи для исследований и проектов

Условия и процесс образования облаков.

Пояснение. Попробуйте объяснить с точки зрения физики причину возникновения облаков разного типа.

**Урок 28 (91). ТЕПЛОЁМКОСТЬ ГАЗОВ И ТВЁРДЫХ ТЕЛ.
РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ
ВЕЩЕСТВА. АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС**

Задачи урока	Ввести понятия теплоёмкости, степени свободы; сформировать умения анализировать условие задачи и записывать уравнение теплового баланса
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 38. Теплоёмкость газов и твёрдых тел
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия теплоёмкости, степени свободы; уметь анализировать условие задачи и записывать уравнение теплового баланса Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Рассчитывать количество теплоты, необходимой для осуществления заданного процесса с теплопередачей. Записывать уравнение теплового баланса. Выполнять задания, предложенные учителем

Содержание урока следует логике учебника.

Рекомендуем разобрать решение **задач 1 и 2** из § 38 учебника и решить **задачи 38.1—38.4, 38.8**. После этого можно разобрать решение следующей задачи.

Задача¹. Сколько энергии требуется для нагревания на $\Delta T = 600$ К участка железной трубы длиной $l = 5$ см? Наружный радиус трубы $R = 1,5$ см, внутренний $r = 1,2$ см. Удельная теплоёмкость железа $c = 0,71$ Дж/(г · К), плотность железа $\rho = 7,8$ г/см³.

Решение. Согласно условию задачи необходимо нагреть участок трубы длиной l , т. е. нагреть железо массой $m = \rho l \pi (R^2 - r^2)$.

Используя числовые значения величин, получаем $m = 100$ г. Отсюда находим искомую энергию: $Q = cm\Delta T = 4,2 \cdot 10^4$ Дж = 42 кДж.

Демонстрация. Изменение температуры воздуха при адиабатном сжатии и расширении.

Домашнее задание. У10, § 38; задачи 38.5—38.7.

¹ См.: Тарасов Л. В. Физика в природе. — М.: Просвещение, 1988.

Урок 29 (92). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать умения составления уравнений теплового баланса и их решения
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 34—38
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать методы составления уравнений теплового баланса и их решения
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Определять количество теплоты, необходимой для осуществления процесса превращения вещества из одного агрегатного состояния в другое. Использовать таблицы. Составлять уравнение теплового баланса. Решать задачи

Интересным может быть рассмотрение метода аналогий, предложенного в статье Т. Л. Пархоменко «Применение уравнения теплопроводности при расчёте тепловых потерь с использованием аналогии» (Физика в школе. — 2012. — № 3. — С. 55). Предложенный метод позволяет решать задачи, не используя дифференциальных уравнений.

Задачи для решения на уроке: З. № 2.211, 2.212, 2.215, 2.216.

Домашнее задание. У10, § 34—38; З. № 2.208—2.210, 2.213.

Урок 30 (93). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ЛЬДА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять удельную теплоту плавления вещества
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 6(7)
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать экспериментальные методы определения удельной теплоты плавления вещества
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания

<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Измерять удельную теплоту плавления льда. Искать способы улучшить свойства изолированной системы. Составлять уравнение теплового баланса. Использовать таблицы. Сравнивать полученные значения с табличными значениями. Интерпретировать результаты

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 6(7) учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 31 (94). ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ МАШИН. КПД ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ

Задачи урока	Ввести понятия, связанные с описанием работы тепловой машины; разъяснить понятие коэффициента полезного действия
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 39. Принцип действия тепловой машины
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия, связанные с описанием работы тепловой машины, в том числе понятие коэффициента полезного действия Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Называть элементы тепловых машин. Объяснять принцип действия термостата. Рассчитывать коэффициент полезного действия тепловых машин

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 1 и 2 с разбором из § 39, задачи 39.1, 39.2; З. № 2.219, 2.220, 2.227, 2.232, 2.237.

Демонстрации. Модели тепловых двигателей (ДО, с. 280).

Домашнее задание. У10, § 39; З. № 2.222, 2.225, 2.229, 2.233.

Урок 32 (95). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи по пройденной теме
Форма урока	Самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 39. Принцип действия тепловой машины
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач по термодинамике Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи. Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей. Оценивать полученные результаты

Контроль знаний происходит в форме решения задач самостоятельной работы по вариантам.

Вариант 1. З. № 2.217, 2.221, 2.226, 2.231.

Вариант 2. З. № 2.218, 2.223, 2.224, 2.230.

Урок 33 (96). ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ И ЕГО СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИСТОЛКОВАНИЕ

Задачи урока	Ознакомить учащихся со статистическими представлениями, привести примеры из различных отраслей науки
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 40. Необратимость тепловых процессов
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о статистических представлениях, используемых в различных отраслях науки Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

Основные виды деятельности учащихся	Описывать необратимые процессы. Формулировать второй закон термодинамики. Объяснять принцип действия тепловых машин. Вычислять КПД. Доказывать невозможность построения вечного двигателя
--	---

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: З. № 2.239—2.243.

Домашнее задание. У10, § 40; прочитать § 41; задачи 41.1—41.3.

Темы для сообщений

1. Роль броуновского движения в опытах Эренхафта—Милликена.

Пояснение. В классических опытах Эренхафта—Милликена по определению заряда электрона заряженную капельку ртути помещали между горизонтальными пластинами конденсатора. При этом сила тяжести, действующая на капельку, уравнивалась электрической силой, и это давало возможность определить заряд электрона.

В сообщении следует проанализировать, как влияет броуновское движение частиц на точность этих измерений.

2. Бертильонаж — что это такое и как связано со статистическими методами?

Пояснение. В 1879 г. Альфонс Бертильон предложил использовать статистические методы для учёта особенностей тела человека. Он уверял, что для каждого человека существует индивидуальный набор антропометрических характеристик, который является уникальным. В результате этот метод был взят на вооружение криминалистами.

Урок 34 (97). ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ. ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

Задачи урока	Ознакомить учащихся с принципом действия холодильной машины
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 42. Холодильные машины. § 43. Тепловые машины и охрана природы
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о принципе действия холодильной машины Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Описывать принцип действия холодильной машины. Участвовать в дискуссии о проблемах энергетики и охране окружающей среды, вести диалог, открыто выражать и отстаивать свою точку зрения, выслушивать мнение оппонента</p>
---	---

Рекомендуется наряду с рассмотрением общих принципов устройства холодильных машин рассмотреть и устройство домашнего холодильника.

Можно исследовать вполне доступными учащимся средствами довольно сложную проблему — тепловой режим атмосферы и земной поверхности, показав при этом внутрисредственные связи (термодинамики с механикой).

Основной причиной движений в атмосфере является неравномерный приток тепла к её отдельным частям и к земной поверхности, порождающий градиент температуры, а следовательно, и градиенты плотности и давления.

При наличии градиента давления возникает движение воздуха, вследствие чего начинают действовать силы трения и сила Кориолиса.

Перемещение воздушных масс должно приводить к сглаживанию градиентов давления и температуры. Однако на нашей планете (вращающейся) с различными теплоёмкостными свойствами земной поверхности, разным теплозапасом суши, морей и океанов, наличием тёплых и холодных океанических течений, полярных и континентальных льдов процессы весьма сложны.

В атмосфере постоянно происходят переходы энергии из одного вида в другой. Например, при нагревании и охлаждении воздуха, поглощении им энергии излучения, при фазовых переходах содержащейся в атмосфере и на земной поверхности влаги, при преобразовании кинетической и потенциальной энергий и т. д.

Кроме описанных (механической и тепловой), в атмосфере существуют также и другие виды энергии: магнитная, химическая, электрическая. Но они по сравнению с перечисленными выше видами пренебрежимо малы.

В зависимости от взаимного расположения систем (они состоят из газов с некоторыми значениями давления, объёма и температуры: p , V , T) при их взаимодействии могут возникать различные виды движения газа (вертикальные и горизонтальные).

Существуют классические методы оценки возможностей возникновения вертикальных движений в атмосфере. Один из них — **метод частицы**.

В методе частицы рассматривается действие на частицу силы, являющейся разностью между силой тяжести и силой Архимеда (рис. 57).

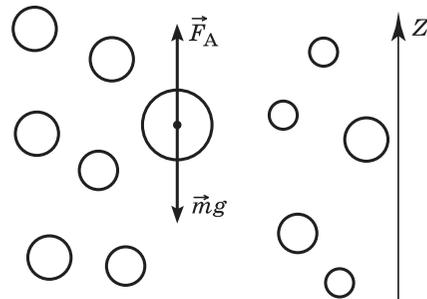


Рис. 57

Рассмотрим систему, которая представляет собой частицу, погружённую в газ. Пусть ρ_i — плотность частицы, ρ_e — плотность газа, p — давление, $p(Z) = \text{const}$ (см. рис. 57).

Тогда на рассматриваемую частицу действуют две силы:

$$F_{\text{тяж}} = m_i g \text{ и } F_A = \rho_e g V_i.$$

Согласно основному закону динамики

$$m_i a = -m_i g + \rho_e g V_i = -m_i g + \rho_e g \frac{m_i}{\rho_i}, \quad a = g \left(\frac{\rho_e}{\rho_i} - 1 \right).$$

Вместо соотношения ρ_e/ρ_i на основании уравнения состояния идеального газа подставляем T_e/T_i .

Тогда $a = \frac{g}{T_e}(T_i - T_e)$, где T_e — температура газа; T_i — температура частицы.

Если $T_i > T_e$, то частица имеет положительное ускорение — неустойчивое положение;

если $T_i < T_e$, то устойчивое положение;

если $T_i = T_e$, то положение безразличное, так как $a < 0$, и частица, начав движение, постепенно будет тормозиться и остановится.

Аналогичное рассмотрение можно провести, если заменить частицу некоторым количеством воды или газа, но тогда следует исключить их перемешивание.

Знать состояние частицы и направление её движения нужно для того, чтобы понимать процессы, происходящие в атмосфере. Другим важным приложением метода могут быть задачи, связанные с состоянием окружающей среды. Например, частицы, которые вылетают из трубы ТЭЦ, могут достичь земли непосредственно вблизи трубы, а могут подняться вверх и осесть существенно дальше. Пользуясь этим методом, можно оценить место оседания частиц (при этом необходимо учесть направление ветра).

Домашнее задание. У10, § 42, 43; подготовиться к семинару по обсуждению причин глобального потепления.

Пояснение. Учащихся рекомендуется поделить на несколько групп, каждая из которых подробно ознакомится с одной из причин глобального потепления на Земле (выбросы парниковых газов, твёрдые аэрозольные частицы и сажа, изменение солнечной активности). Каждая группа должна сделать презентацию и подготовить весомые аргументы в защиту своей гипотезы.

Идеи для исследований и проектов

1. Глобальное потепление.
2. Парниковый эффект.
3. Современные средства для получения информации о климатических изменениях на нашей планете.

Урок 35 (98). ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Задачи урока	Формировать умения участвовать в научной дискуссии, отстаивать свою точку зрения, опираясь на известные научные факты
Форма урока	Семинар-дискуссия
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства. Распознавать в ситуациях практико-ориентированного характера проявление изученных явлений и применять имеющиеся знания для объяснения процессов и закономерностей
<i>Метапредметные</i>	Уметь продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников, эффективно разрешать конфликты
<i>Личностные</i>	Уметь вести диалог с другими людьми, достигать взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения
Основные виды деятельности учащихся	Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения о глобальном потеплении. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Уроки 36 (99) и 37 (100). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи уроков	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма уроков	Выполнение итоговых тестовых заданий и анализ их решения
Текст учебника	У10. § 34—43
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Распознавать явление по его определению, описанию, характерным признакам и применять полученные знания при выполнении тестовых заданий
<i>Метапредметные</i>	Уметь соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией

<i>Личностные</i>	Развивать способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Применять первый закон термодинамики и газовые законы при решении задач

После выполнения тестовых заданий в конце Главы 3 учебника следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

===== Физический практикум =====

Уроки 38 и 39 (101 и 102)

1. Проверка уравнения состояния газа.
2. Измерение атмосферного давления.

Время проведения лабораторного практикума каждый учитель в зависимости от своего учебного плана устанавливает самостоятельно.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

(54 ч + 5 ч физический практикум)

При изучении механических и тепловых явлений не рассматривалась природа сил молекулярного взаимодействия, не обсуждалась природа сил трения и упругости. Все эти силы, а также взаимодействия атомов и молекул, частиц внутри атомов объясняются на основе представлений о существовании электрических зарядов электромагнитного поля.

Электростатика (16 ч)

Урок 1 (103). ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА

Задачи урока	Познакомить учащихся с новым разделом физики — электродинамикой, экспериментально установить наличие заряда и определить условия его возникновения, изучить закон сохранения электрического заряда, явление электризации тел на основе электронной теории
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 44. Закон сохранения электрического заряда
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать о понятии заряда, методы определения условий его возникновения, закон сохранения электрического заряда, явление электризации тел на основе электронной теории
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать взаимодействие заряженных тел. Исследовать явление электризации при соприкосновении. Называть способы электризации тел. Применять электромметр для обнаружения и измерения электрического заряда. Формулировать и доказывать закон сохранения электрического заряда

Прежде всего следует дать определение раздела физики, к изучению которого мы приступаем, — *электродинамики*.

В теме «Электрическое поле» учащиеся знакомятся с основными и важнейшими характеристиками заряда (заряд, знак, наименьший заряд) и электрического поля (напряжённость, потенциал, энергия). Прежде всего необходимо сформировать умение описывать различные системы неподвижных зарядов и их взаимодействие.

Изучение электродинамики начинается с рассмотрения неподвижных зарядов и создаваемых ими полей, так как на этих примерах проще усвоить основные понятия, установить законы взаимодействия.

Начать изучение электростатических явлений предлагаем с простых опытов, которые доступны для фронтального проведения. Кроме того, электростатические явления постоянно сопровождают нашу жизнь, и можно рассмотреть примеры их проявления.

При рассмотрении электрических явлений уместно провести аналогию с силами тяготения. Указать на то, что в отличие от сил тяготения наряду с притяжением зарядов может наблюдаться и их отталкивание.

Далее следует продемонстрировать учащимся ещё один закон сохранения — закон сохранения электрического заряда.

Демонстрации

1) Способы электризации тел при соприкосновении (контактный способ).

2) Закон сохранения электрического заряда. Один из вариантов опыта описан в учебнике, но можно показать иначе, с помощью двух пластинок для электризации (ДЭ1, опыт «Одновременная электризация двух тел при соприкосновении»).

Домашнее задание. У10, § 44; задачи 44.1, 44.2; З. № 3.1; ответить на вопросы:

1. Почему при работе с платами компьютера не рекомендуется надевать шерстяную одежду?

2. Кто из учёных внёс наибольший вклад в развитие электродинамики?

Урок 2 (104). ЗАКОН КУЛОНА

Задачи урока	Ввести понятия: точечный заряд, электрическая постоянная, единица заряда; изучить закон Кулона; установить границы применимости закона Кулона; повторить принцип суперпозиции сил и применить его к задачам электростатики; сформировать умение решать задачи на основе закона Кулона
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 45. Закон Кулона
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия точечного заряда, электрической постоянной, единицы заряда; закон Кулона, границы применимости закона Кулона, принцип суперпозиции сил

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать и записывать закон Кулона. Вычислять силы взаимодействия точечных электрических зарядов

Дать описание исторического опыта Кулона. Обсудить его детали. Рассказать, каким образом Кулон определял силу взаимодействия заряженных шариков, из чего они были сделаны.

Обратить внимание учащихся на то, что в законе Кулона речь идёт о точечных зарядах, тем не менее закон может быть применён и к заряженным телам со сферически симметричным распределением зарядов. Объяснить, почему необходимо реальные заряды заменить моделью точечного заряда (моделирование заряженных тел точечным зарядом позволяет не учитывать форму и размеры тел, так как в данном случае они не имеют существенного значения). Дать определение точечного заряда.

Обсудить формулировку закона Кулона о механизме взаимодействия зарядов, каким образом Кулон учитывал принцип симметрии.

Далее показать пример решения задачи с использованием закона Кулона. Обсудить ситуацию, в которой взаимодействующих зарядов оказывается более двух. Показать, как работает принцип суперпозиции для сил электростатического взаимодействия.

В качестве исследования для учащихся по теме «Электризация» можно порекомендовать эксперименты с установками, описанными в журнале «Физика для школьников»¹. Эксперименты не требуют какого-либо специального оборудования. Основным элементом одной из установок являются трубки из стекла или оргстекла. При просыпании сквозь трубки песка на их поверхности образуется электростатический заряд и трубки взаимодействуют друг с другом, что видно по их расхождению.

Задачи для решения на уроке: У10, § 45, разбор решения задачи 1; задача 45.4.

Демонстрации

- 1) Плакат: схема опыта Кулона.
- 2) Маятники электростатические (Д01, с. 321).
- 3) Султаны электрические (Д01, с. 322).
- 4) Электроскоп демонстрационный (Д01, с. 323).

Домашнее задание. У10, § 45; задачи 45.1—45.3; найти информацию об электростатическом маятнике, описать принцип его действия.

¹ См.: Рыппо В. Л., Орлов А. А. Трибоэлектричество и униполярная индукция // Физика для школьников. — 2011. — № 2. — С. 59.

Идеи для исследований и проектов

1. Исследовать взаимодействие диэлектрических труб, электризованных сыпучими средами.
2. Собрать электростатический динамометр¹.

Урок 3 (105). НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Задачи урока	Продолжить формировать понятие «электрическое поле»; применить принцип суперпозиции к электрическим полям; ввести понятия: однородное поле, напряжённость электрического поля; сформировать умение решать задачи на расчёт напряжённости электрического поля; дать представление о теории дальнего действия и теории ближнего действия
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 46. Электрическое поле
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать понятия: электрическое поле, однородное поле, напряжённость электрического поля</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	Определять напряжённость электрического поля одного и нескольких точечных зарядов. Изображать графически линии напряжённости электростатического поля. Объяснять принцип суперпозиции полей

Рассказать о личности учёного Майкла Фарадея, показать его вклад в науку.

Дать учащимся представление о теориях дальнего действия и ближнего действия, тем самым продолжить формирование мировоззрения учащихся.

Ввести понятия **электрического поля** (нового физического объекта) и его количественной характеристики — **напряжённости**. Для этого следует показать способ обнаружения электрического поля с помощью пробного заряда. Вывести формулу для расчёта напряжённости поля.

¹ См.: Майер В. В., Вараксина Е. И. Исследуем потенциал электростатического поля // Потенциал. — 2010. — № 2. — С. 74.

Следует обсудить следующие **вопросы**: что является источником электрического поля? Одинаково ли оно на различных расстояниях от заряда-источника? Если нет, то как оно изменяется? Что является характеристикой поля и как её рассчитать?

Как уже было сказано выше, заряд в пространстве может быть не один, поэтому каким-то образом нужно учесть, что чаще всего в какой-либо точке пространства необходимо рассчитывать сумму электрических полей, т. е. применять принцип суперпозиции.

Дать представление о **линиях напряжённости** электрического поля и ответ на вопрос, для чего они нужны. По рисункам на с. 239 учебника изучить особенности построения линий. Акцентировать внимание учащихся на том, что линии напряжённости электрического поля имеют начало и конец; выяснить, что означает сгущение линий напряжённости.

Показать примеры различных конфигураций полей: центрального поля (сравнить с полем тяготения), однородного поля (как его получить).

Решить **задачу** на определение напряжённости, созданной двумя разноимёнными точечными зарядами, находящимися на фиксированном расстоянии друг от друга. Рассчитать напряжённость в различных точках пространства, находящихся на одной прямой с зарядами и на прямой, перпендикулярной линии, соединяющей заряды (разобрать примеры решения **задач 1 и 2 к § 46**). Эти задачи позволят повторить с учащимися правила сложения векторов, лежащих на одной прямой или расположенных под углом друг к другу. Решить **задачи 46.4, 46.5**.

Демонстрации

1) Плакат: линии напряжённости электрического поля.

2) Демонстрация электрических полей (ДО, с. 319).

Домашнее задание. У10, § 46; задачи 46.1—46.3.

Тема для сообщения. Жизнь и деятельность Майкла Фарадея.

Урок 4 (106). ТЕОРЕМА ГАУССА

Задачи урока	Ввести понятия «поток вектора напряжённости», «телесный угол»; познакомить учащихся с методом расчёта напряжённости электрического поля зарядов, распределённых по поверхностям различных конфигураций; сформировать умение решения задач на расчёт напряжённости электрического поля распределённого заряда
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 47. Теорема Гаусса
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия: поток вектора напряжённости, телесный угол; методы расчёта напряжённости электрического поля зарядов, распределённых по поверхностям различных конфигураций, алгоритм решения задач на расчёт напряжённости электрического поля распределённого заряда

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать теорему Гаусса. Применять теорему Гаусса для расчёта полей и зарядов

Как мы уже говорили, введение модели точечного заряда позволило нам не учитывать размеры и форму заряженных тел. Однако в реальной жизни приходится иметь дело с физическими объектами, поверхность которых заряжена, а заряд является распределённым по ней. Как же в этом случае рассчитать напряжённость, создаваемую этими телами?

Известный математик Карл Гаусс предложил способ решения этой задачи. Прежде чем изучать его, необходимо познакомить учащихся с понятием «поток вектора напряжённости», а затем научить их рассчитывать элементарный поток и полный поток напряжённости. Для этого необходимо напомнить или ввести понятие телесного угла.

Освоение метода, предложенного Гауссом, проходит в следующей последовательности:

- рассчитываем элементарный поток вектора напряжённости точечного электрического заряда для некоторой площадки ΔS ;
- рассчитываем полный поток вектора напряжённости точечного электрического заряда для произвольной замкнутой поверхности;
- рассматриваем случай, когда точечный заряд находится вне замкнутой поверхности, показываем, что поток вектора напряжённости оказывается равным нулю;
- рассматриваем случай, когда внутри произвольной замкнутой поверхности располагается совокупность точечных зарядов;
- рассчитываем напряжённости поля заряженной плоскости и поля между разноимённо заряженными плоскостями.

Задачи на исследование равномерно заряженных сферических поверхностей с построением графиков зависимости напряжённости поля и потенциалов являются самыми важными в данной теме. Однако эти задачи можно решать не только аналитически, но и с использованием современных вычислительных средств. В статье А. Б. и А. А. Морозовых «Применение виртуального прибора в теме «Электростатика» (Физика в школе. — 2012. — № 7. — С. 46) представлен виртуальный прибор, позволяющий одновременно объяснять новый материал и решать задачи разного уровня сложности по предложенной теме.

В конце урока рекомендуем разобрать решение задач 1 и 2 из § 47 учебника.

Домашнее задание. У10, § 47; задачи 47.1, 47.2.

Урок 5 (107). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на расчёт напряжённости и применение метода Гаусса
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 45—47
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач на расчёт напряжённости и применение метода Гаусса Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи на применение закона Кулона, теоремы Гаусса, принципа суперпозиции полей

Можно предложить для решения следующие задачи на применение закона Кулона и теоремы Гаусса.

Задача 1. Определите напряжённость E электрического поля, создаваемого точечным зарядом $Q = 10$ нКл на расстоянии $r = 10$ см от него. Диэлектрик — масло.

Задача 2. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $Q_1 = 40$ нКл и $Q_2 = -10$ нКл, находящимися на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Определите напряжённость E поля в точке, удалённой от первого заряда на расстояние $r_1 = 12$ см и от второго на расстояние $r_2 = 6$ см.

Задача 3. Полусфера несёт заряд, равномерно распределённый с поверхностной плотностью $\sigma = 1$ нКл/м². Определите напряжённость E электрического поля в геометрическом центре полусферы.

Задача 4. Электрическое поле создано тонкой бесконечно длинной нитью, равномерно заряженной с линейной плотностью $\tau = 30$ нКл/м. На расстоянии $a = 20$ см от нити находится плоская круглая площадка радиусом $r = 1$ см. Определите поток вектора напряжённости через эту площадку, если её плоскость составляет угол $\beta = 30^\circ$ с линией напряжённости, проходящей через середину площадки.

Задача 5. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределённый по площади заряд ($\sigma = 1$ нКл/м²). Определите напряжённость E поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Постройте график изменения напряжённости вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

Задача 6. Определите поток вектора напряжённости электрического поля сквозь замкнутую шаровую поверхность, внутри которой находятся три точечных заряда $+2$, -3 и $+5$ нКл. Рассмотрите случаи, когда система зарядов находится в вакууме, в воде, в керосине.

Задача 7. Электрическое поле создаётся тонкой бесконечно длинной нитью, равномерно заряженной с линейной плотностью заряда 10^{-10} Кл/м. Определите поток вектора напряжённости через цилиндрическую поверхность длиной 2 м, ось которой совпадает с нитью.

Домашнее задание. У10, § 45—47.

Урок 6 (108). РАБОТА СИЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Задачи урока	Повторить понятие работы и формулу для её расчёта; доказать независимость работы сил от формы траектории движения в однородном и потенциальном полях; дать представление о потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 48. Работа сил электрического поля
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать понятие работы и формулу для её расчёта; уметь доказывать независимость работы сил от формы траектории движения в однородном и потенциальном полях; иметь представление о потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Проводить аналогию между силами гравитационного и электрического взаимодействия. Рассчитывать работу в поле точечного заряда. Учитывать связь между работой и потенциальной энергией

Следует провести аналогию между силами гравитационного и электрического взаимодействия. Для этого можно заполнить с учащимися следующую таблицу (или подготовить её заранее).

Вид взаимодействия	Гравитационное	Электрическое
Используемая модель	Материальная точка	Точечный заряд
Взаимодействующие объекты	Притяжение любых тел, обладающих массой	Притяжение и отталкивание зарядов
Расчёт модуля силы	Закон тяготения $F_{\text{тяг}} = G \frac{mM}{R^2}$	Закон Кулона $F_{\text{э}} = k \frac{qQ}{r^2}$
Силовая характеристика поля	Напряжённость $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{тяг}}}{m} = \vec{g}$ $(\vec{g} \text{ — ускорение свободного падения})$	Напряжённость $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{э}}}{q}$
Потенциальная энергия	$E_p = G \frac{mM}{R}$	$W = k \frac{qQ}{r}$
Энергетическая характеристика поля	Потенциал $\varphi = G \frac{M}{R}$	Потенциал $\varphi = k \frac{Q}{r} \left(k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)$

Повторить, что такое **работа**. Рассмотреть работу в однородном электростатическом поле, показать, что она не зависит от формы траектории, а зависит лишь от начального и конечного положений заряженной частицы. Продемонстрировать равенство нулю работы по замкнутой траектории.

Ввести понятие **потенциального поля**. Вывести формулу для расчёта работы при перемещении заряженной частицы в потенциальном поле. Акцентировать внимание учащихся на том, что потенциальность электростатического поля — основная теорема электростатики.

Показать, что работа электростатической силы равна разности потенциальной энергии заряженной частицы в её начальном и конечном положениях.

Показать связь между работой и потенциальной энергией. Представить работу как разность потенциальных энергий в начале и конце траектории.

Разобрать решение задачи из § 48 учебника, решить задачу 48.1.

Домашнее задание. У10, § 48; задачи 48.2—48.4.

**Урок 7 (109). ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.
ПОТЕНЦИАЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО
ПОЛЯ. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ.
НАПРЯЖЕНИЕ. СВЯЗЬ РАЗНОСТИ
ПОТЕНЦИАЛОВ И НАПРЯЖЁННОСТИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

Задачи урока	Ввести понятия: потенциал электрического поля, эквипотенциальные поверхности, напряжение
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 49. Потенциал электрического поля
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: потенциал электрического поля, эквипотенциальные поверхности, напряжение Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Вычислять потенциал электрического поля одного и нескольких точечных электрических зарядов. Вычислять разность потенциалов и работу по перемещению заряда в электростатическом поле. Измерять разность потенциалов

Ввести понятие **потенциала электрического поля**. Обсудить с учащимися, почему потенциал является энергетической характеристикой поля (это потенциальная энергия пробного заряда, помещённого в данную точку поля). В отличие от напряжённости электростатического поля, которая является величиной векторной, потенциал — величина скалярная.

Вывести формулу для расчёта работы по перемещению электрического заряда между точками поля.

Ввести понятия **эквипотенциальной линии** и **эквипотенциальной поверхности**. Обратит внимание на взаимное расположение линий напряжённости и эквипотенциальных линий.

Демонстрация. «Эквипотенциальные линии»¹ (авторами статьи предложена конструкция индикатора электрического поля).

Демонстрация может быть проведена и достаточно традиционным образом с использованием чёрной бумаги от фотопакетов (она содержит частицы угольной пыли и является проводящей), на которую нанесены линии,

¹ См.: Майер В. В., Вараксина Е. И. Относительность электрического и магнитного полей // Потенциал. — 2010. — № 3. — С. 72.

находящиеся на одинаковом расстоянии от одного из электродов. В качестве индикатора служит демонстрационный гальванометр с присоединённым к нему щупом, который можно перемещать вдоль линий.

Установить связь между напряжённостью и разностью потенциалов. Дать определение напряжения. Акцентировать внимание учащихся на том, что разность потенциалов равна напряжению только для электростатического поля.

Разобрать решение задач 1 и 2 из § 49 учебника; при разборе задач возникает возможность повторить материал раздела «Динамика», которой следует воспользоваться. Решить задачи 49.1—49.4.

Домашнее задание. У10, § 49; задачи 49.5—49.7.

Идеи для исследований и проектов. Изготовить индикатор электрического поля.

Урок 8 (110). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на нахождение различных характеристик электрического поля
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 49. Потенциал электрического поля
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать алгоритмы решения задач на нахождение различных характеристик электрического поля</p> <p>Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному учителем алгоритму</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Вычислять потенциал электрического поля одного и нескольких точечных электрических зарядов. Вычислять разность потенциалов и работу по перемещению заряда в электростатическом поле.</p> <p>Решать задачи</p>

Для решения на уроке можно предложить следующие задачи.
 У10, задача 49.8; З. № 3.3, 3.42.

Задача 1. Заряд -1 нКл переместился в поле заряда $+1,5$ нКл из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 600 В. Определите работу сил поля и расстояние между точками.

Задача 2. Положительные заряды $Q_1 = 3$ мкКл и $Q_2 = 20$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $r_1 = 1,5$ м друг от друга. Определите работу A' , которую надо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния $r_2 = 1$ м.

Задача 3. Точечный положительный заряд 10 нКл , находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией 10 мкДж . Определите потенциал этой точки поля.

Задача 4. При перемещении заряда $Q = 20 \text{ нКл}$ между двумя точками поля внешними силами была совершена работа $A = 4 \text{ мкДж}$. Определите работу A_1 сил поля и разность потенциалов $\Delta\phi$ этих точек поля.

Задача 5. Поле создано точечным зарядом $+1 \text{ нКл}$. Определите потенциал поля в точке, удалённой от заряда на расстояние 20 см .

Задача 6. Точечные заряды $Q_1 = 1 \text{ мкКл}$ и $Q_2 = 0,1 \text{ мкКл}$ находятся на расстоянии $r_1 = 10 \text{ см}$ друг от друга. Какую работу A совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние: 1) $r_2 = 10 \text{ м}$; 2) $r_3 = \infty$?

Домашнее задание. У10, § 49; З. № 3.4, 3.5.

Урок 9 (111). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Обучить учащихся решению задач на исследование движения заряженных частиц в электрическом поле; закрепить умение решать задачи по пройденной теме
Форма урока	Решение задач; самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 49. Потенциал электрического поля
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритм решения задач на исследование движения заряженных частиц в электрическом поле Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи. Составлять план собственной деятельности для достижения поставленных целей. Оценивать полученные результаты

Перед началом самостоятельной работы следует решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Электрон находится в однородном электрическом поле напряжённостью $E = 200 \text{ кВ/м}$. Какой путь пройдёт электрон за время $t = 1 \text{ нс}$, если его начальная скорость была равна нулю? Какой скоростью будет обладать электрон в конце этого интервала времени?

Задача 2. Какая ускоряющая разность потенциалов U требуется для того, чтобы сообщить скорость $v = 30$ Мм/с: 1) электрону; 2) протону?

Задача 3. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 60$ кВ, приобрела скорость $v = 5,4$ Мм/с. Определите удельный заряд частицы (отношение заряда к массе).

Задача 4. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В электрон имел скорость $v_1 = 6$ Мм/с. Определите потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость v_2 электрона будет равна $0,5v_1$.

Контроль знаний происходит в форме решения **задач самостоятельной работы** по вариантам.

Вариант 1

1. Изобразите приблизительный вид эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электрического поля положительного точечного заряда, расположенного над поверхностью Земли.

2. В двух противоположных вершинах квадрата со стороной 30 см находятся одинаковые отрицательные заряды по $-5 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определите напряжённость поля в двух других вершинах квадрата.

3. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капля ртути находится в равновесии при напряжённости поля между пластинами 600 кВ/м. Определите массу капли, если её заряд $+4,8 \cdot 10^{-17}$ Кл.

Вариант 2

1. Могут ли силовые линии электрического поля (в той его части, где отсутствуют электрические заряды и где напряжённость поля не равна нулю) пересекаться между собой? Могут ли пересекаться или соприкасаться эквипотенциальные поверхности (соответствующие различным потенциалам)? Ответ обоснуйте.

2. Два заряда по $2 \cdot 10^{-10}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии 20 см друг от друга. Определите напряжённость поля на расстоянии 15 см от обоих зарядов.

3. Капелька масла радиусом 1 мкм, несущая на себе заряд двадцати электронов, находится в равновесии в поле горизонтально расположенного плоского конденсатора, когда к нему приложено некоторое напряжение. Расстояние между пластинами $d = 2$ см. Длина конденсатора $L = 10$ см. Чему должна быть равна предельная скорость, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?

Домашнее задание. У10, § 49; задачи 7.3, 7.8; З. № 3.161.

Урок 10 (112). ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Задачи урока	Ввести понятия: проводник, диэлектрик, диэлектрическая проницаемость вещества, диполь
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 50. Проводники и диэлектрики в электрическом поле
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: проводник, диэлектрик, диэлектрическая проницаемость вещества, диполь Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Описывать явление электростатической индукции. Сравнить распределение заряда в проводящих и непроводящих телах, помещённых в электрическое поле. Описывать распределение заряда в проводящих телах различной формы. Приводить примеры практического применения (молниеотвод)

Необходимо напомнить учащимся контактный способ электризации тел и продемонстрировать способ электризации через влияние (без непосредственного контакта). Предложите учащимся объяснить на основе электронной теории возникновение электризации электрометра через влияние. Обсудите, как сохранить этот заряд на электрометре.

Остановитесь на объяснении того, что такое свободные и связанные заряды. Рассмотрите и сравните строение атомов проводников, диэлектриков и полупроводников.

Далее следует рассмотреть электрическое поле внутри проводящего шара.

Теперь, очевидно, учащиеся смогут дать ответ на вопрос: почему проводники для опытов по электростатике делают полыми? (Можно продемонстрировать учащимся шар от электрометра.)

Постройте график зависимости напряжённости от расстояния для внутренней и внешней областей заряженной проводящей сферы с радиусом R (рис. 58, *а*).

Теперь, когда установлено, что все заряды находятся на поверхности заряженной сферы, можно сказать, чему равен потенциал этой сферы, и построить график зависимости потенциала от расстояния (рис. 58, *б*) для внутренней и внешней областей заряженной проводящей сферы.

Следует познакомить учащихся со способом измерения разности потенциалов с помощью электрометра. Это можно сделать для тел различной формы (сферы и тела сложной формы можно взять из набора по электростатике). Обратите внимание учащихся на то, что разность потенциалов на этих телах одинакова.

При использовании электрометра для измерения разности потенциалов корпус его должен быть соединён с землёй или с отрицательно заряженным электродом прибора «Разряд». Но с помощью электрометра можно измерить и заряд в каждой точке поверхности этих тел (т. е. судить о напряжённости в этих точках), при этом у электрометра должен быть задействован только один щуп, соединённый непосредственно со стрелкой прибора. Любопытно сравнить показания прибора при измерении потенциала и напряжённости. Потенциал оказывается одинаковым (т. е. эти поверхности являются эквипотенциальными), а напряжённость будет разной в зависимости от кривизны поверхности (большей она окажется там, где расположены выступающие части, острия).

Нужно обратить внимание на то, что у тел с произвольной формой поверхности напряжённость поля особенно велика в местах с большей кривизной. В этих местах может происходить самопроизвольное стекание зарядов. С металлического острия, имеющего радиус кривизны около 1 мкм, электроны стекают при напряжении в несколько сотен вольт.

Рекомендуем реализовать экспериментально ситуацию приведённой ниже задачи.

Задача. Маленьким металлическим шариком прикасаются поочерёдно к точкам А, В, С заряженного тела (рис. 59). При каждом прикосновении

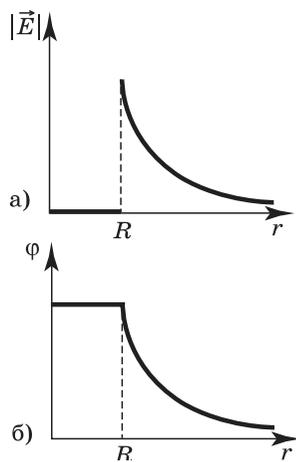


Рис. 58

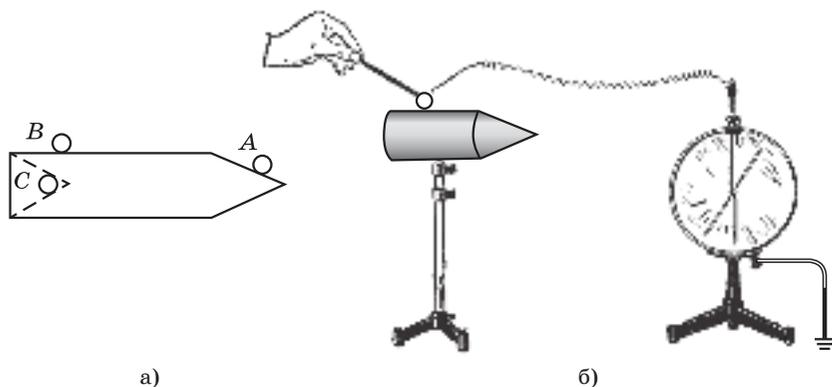


Рис. 59

приблизённо определяют заряд шарика с помощью электроскопа. Будет ли электроскоп в указанных трёх случаях вести себя одинаково? Какой вывод можно сделать из этого опыта? (*Ответ.* Заряды на поверхности распределяются так, что их плотность больше в областях поверхности, кривизна которых больше. В точке *A* кривизна, а следовательно, и плотность заряда больше, чем в точке *B*. В точке *C* заряды отсутствуют, так как здесь поверхность вогнутая.)

Разобрать решение задач 1 и 2 из § 50 учебника.

Далее следует рассмотреть поведение диэлектриков в электрических полях. Объяснить механизм поляризации диэлектриков, рассказать о полярных и неполярных диэлектриках. Речь фактически должна идти о пространственном перераспределении зарядов в диэлектрике под действием электрического поля.

Затем нужно ввести понятие диэлектрической проницаемости вещества и пояснить особенности взаимодействия зарядов в среде.

Задайте **вопрос** учащимся: почему незаряженный шарик из бузины всегда притягивается к телу, заряженному любым по знаку зарядом?

Пояснение. В исторических опытах по электростатике довольно часто использовались бузиновые шарики. Однако, как показал опрос учителей, многие из них не знают, что это за шарики. Бузиновый шарик — это шарик, сделанный из дерева бузины, которая имеет чрезвычайно малую плотность, поэтому является достаточно лёгким. Кроме того, дерево бузины является более доступным, чем дерево бальсы. (*Ответ.* На шарике вследствие индукции на стороне, ближайшей к заряженному телу, образуется заряд противоположного знака.)

В итоге следует обсудить проблему электростатической защиты и вернуться к вопросу: почему при работе с платами компьютера не рекомендуется надевать шерстяную одежду?

И предложить способ сохранения целостности платы компьютера.

Демонстрации

1) Проводники в электрическом поле. Диэлектрики в электрическом поле.

2) Электрический ветер (рис. 60) — стекание заряда с острия.

3) Распределение заряда по поверхностям разной кривизны (рис. 61).

Домашнее задание. У10, § 50; задачи 50.1, 50.2.

Идеи для исследований и проектов

Изготовить и исследовать двигатель Герца—Квинке¹.

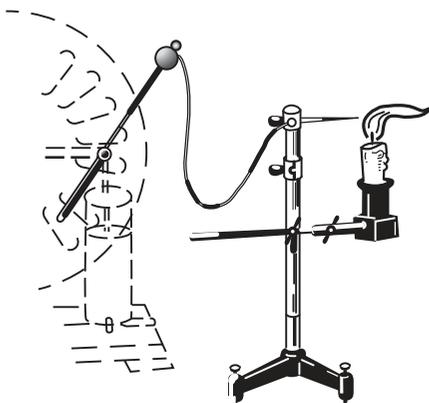


Рис. 60

¹ См.: Лебедев В. С. Двигатель Герца—Квинке // Потенциал. — 2010. — № 12.

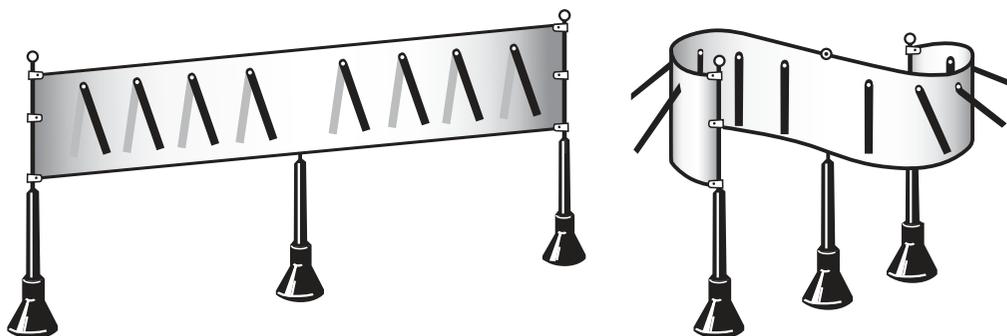


Рис. 61

Урок 11 (113). ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЁМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОР

Задачи урока	Ввести понятие «электрическая ёмкость», познакомить учащихся с устройством и принципом действия конденсатора, рассказать о типах конденсаторов
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 51. Электрическая ёмкость
Планируемые результаты обучения	<p><i>Предметные</i></p> <p>Знать понятие «электрическая ёмкость», устройство и принцип действия конденсатора, типы конденсаторов</p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p><i>Личностные</i></p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Вычислять ёмкость конденсатора с известными геометрическими параметрами. Определять заряд конденсатора.</p> <p>Описывать устройство конденсаторов. Сравнить конденсаторы разной конструкции</p>

На примере простейшего **конденсатора** (демонстрационный конденсатор с двумя плоскими пластинами, которые могут перемещаться относительно друг друга) продемонстрировать возможность накопления разноимённых зарядов на разных пластинах (рис. 62).

Показать зависимость ёмкости плоского конденсатора от его геометрических размеров и наличия между пластинами диэлектриков с разной ди-

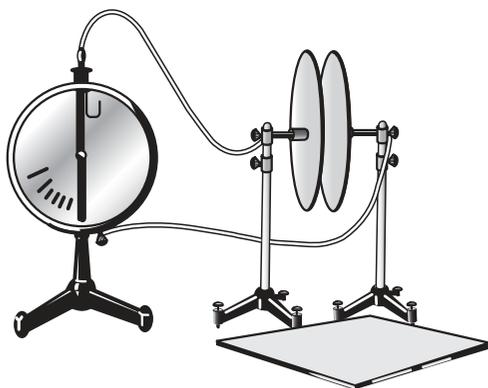


Рис. 62

электрической проницаемостью ϵ . Для этой демонстрации обычно используется толстая пластина из стекла или оргстекла.

Далее следует рассказать о типах конденсаторов (обычно в кабинетах физики имеются различные конденсаторы — от миниатюрных до достаточно громоздких). В технике используются конденсаторы с различными диэлектриками внутри. Полезно изучить таблицу, из которой видно, что увеличение ёмкости конденсатора возможно лишь при использовании диэлектрика с большим значением ϵ , а это, как правило, жидкости. Эта таблица может быть полезна и при решении задач.

Диэлектрическая проницаемость различных веществ

Вещество	ϵ	Вещество	ϵ	Вещество	ϵ
Вакуум	1,0	Слюда	4–10	Ацетон	21,4
Воздух	1,000594	Фарфор	4,5–6,5	Этиловый спирт	25,1
Парафин	2,2	Стекло	5–15	Метиловый спирт	33,5
Янтарь	2,2–2,9	Эбонит	2,5–4,0	Вода дистиллированная	31
Каучук	2,5–3,0	Дерево	3,5–5,0		

Здесь можно разобрать решение задач 1–3 из § 51 учебника.

Конденсаторы разделяются ещё и по форме: плоские, сферические, цилиндрические. Так, Земля является конденсатором, ёмкость которого составляет около 700 мкФ. Теперь становится понятным, почему те конденсаторы, которые обычно используются в радиотехнике, имеют такие маленькие номинальные значения.

Наша планета в электрическом отношении подобна сферическому конденсатору (рис. 63), заряженному примерно до 300 000 В. Внутренняя сфера — поверхность Земли — заряжена отрицательно, внешняя сфера — ионосфера — положительно. Изолятором является атмосфера Земли.

Через атмосферу постоянно протекают ионные и конвективные токи утечки конденсатора, которые достигают многих тысяч ампер.

Напряжённость этого поля распределяется очень неравномерно по высоте: она максимальна у поверхности Земли и составляет примерно 150 В/м. С высотой она уменьшается приблизительно экспоненциально и на высоте 10 км составляет около 3% от значения у поверхности Земли.

Таким образом, почти всё электрическое поле сосредоточено в нижнем слое атмосферы, у поверхности Земли.

Вектор напряжённости \vec{E}_1 электрического поля Земли направлен в общем случае вниз (рис. 64, а).

Если установить на поверхности Земли вертикальный металлический проводник и заземлить его, то распределение эквипотенциальных линий у его конца будет выглядеть так, как показано на рисунке 64, б.

Напряжённость \vec{E}_1 электрического поля Земли вблизи проводника везде одинакова. Векторы же напряжённости электрического поля проводника в разных точках поля имеют разные направления. Они сходятся в верхней точке проводника, где сосредоточены избыточные электроны проводимости.

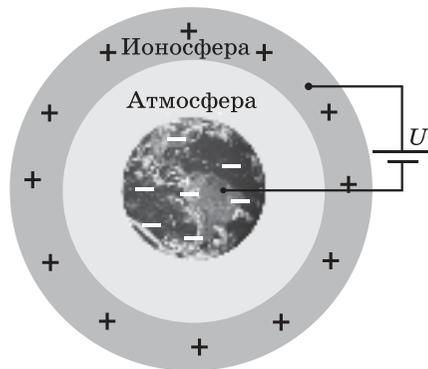
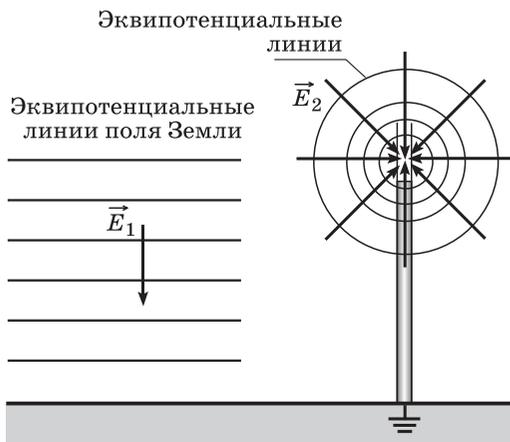


Рис. 63



а) б)

Рис. 64

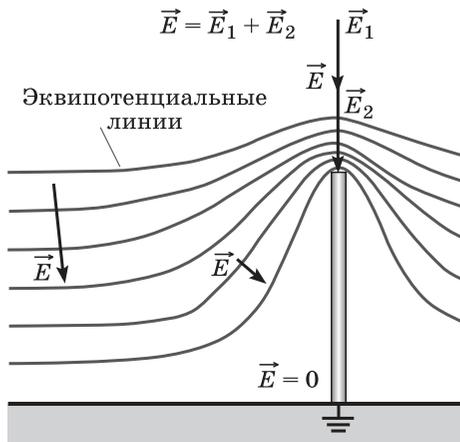


Рис. 65

Согласно принципу суперпозиции электрических полей напряжённость результирующего электрического поля равна геометрической сумме напряжённостей каждого из этих полей (рис. 65). Поэтому ниже верхней точки проводника векторы напряжённости \vec{E}_1 и \vec{E}_2 этих двух полей имеют противоположные направления. Здесь они компенсируют друг друга и в проводнике электрическое поле равно нулю.

Выше верхней точки проводника векторы напряжённости этих двух полей направлены одинаково — вниз. Здесь они складываются и дают суммарную напряжённость электрического поля. Если сложить геометрически эти векторы и провести эквипотенциальные линии в каждой точке поля, то получим приведённую на рисунке 65 картину. Потенциал проводника во всех его точках равен нулю, и в то же время в верхней точке проводника сконцентрирована большая напряжённость суммарного электрического поля Земли и проводника.

Подобным образом выглядит электрическое поле вокруг человека.

Обратите внимание учащихся на новый тип конденсаторов, которые называются ионисторами. Они имеют сравнительно большую ёмкость, порядка единиц фарад.

Различаются конденсаторы и функционально: постоянные и переменные.

Демонстрация. Зависимость ёмкости конденсатора от площади пластин (демонстрационный переменный конденсатор).

Домашнее задание. У10, § 51; задачи 51.1—51.5.

Идеи для исследований и проектов

Изучить устройство ионистора, исследовать его свойства и сравнить их со свойствами конденсатора.

Темы для сообщений

1. Устройство и применение ионисторов.
2. Жизнь и научная деятельность Р. Милликена.
3. Опыт Милликена¹.

УРОК 12 (114). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать умение решать задачи на определение суммарной ёмкости при различных соединениях конденсаторов
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 51. Электрическая ёмкость
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать алгоритм решения задач на определение ёмкости при различных соединениях конденсаторов

¹ См.: Рыппо В. Л., Орлов А. А. Эксперимент Р. Милликена и сыпучая среда // Физика для школьников. — 2012. — № 2. — С. 37.

<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Рассчитывать напряжённость поля и ёмкость конденсаторов. Решать задачи на определение суммарной ёмкости при различных соединениях конденсаторов. Определять заряд конденсатора

Показать примеры решения задач на определение различных характеристик конденсаторов.

Разобрать примеры различных соединений конденсаторов и вывести формулы для расчёта ёмкости при их последовательном и параллельном соединениях.

Задачи для решения на уроке: З. № 3.9, 3.12, 3.18, 3.21, 3.28, 3.34.

Демонстрация. Плакат «Линии напряжённости электрического поля».

Домашнее задание. У10, § 51; З. № 3.10, 3.13, 3.19, 3.23, 3.31, 3.35.

Урок 13 (115). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОЁМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять электроёмкость конденсатора баллистическим методом
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 7(8)
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать принцип определения электроёмкости конденсатора баллистическим методом
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности

Основные виды деятельности учащихся	Выполнять задание по измерению электроёмкости конденсатора. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты опытов
--	--

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 7(8) учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 14 (116). ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ. ПРИМЕНЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Задачи урока	Ввести понятия энергии электрического поля, плотности энергии электрического поля, сформировать умение решать задачи на определение энергии электрического поля конденсатора
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 52. Энергия электрического поля. § 53. Применение диэлектриков
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия энергии электрического поля, плотности энергии электрического поля, алгоритм решения задач на определение энергии электрического поля конденсатора
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Рассчитывать энергию электрического поля и плотность энергии электрического поля. Находить в Интернете и дополнительной литературе информацию об истории изучения электрических явлений. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Следует установить связь энергии электрического поля конденсатора с его электроёмкостью.

Ввести понятие **плотности энергии электрического поля**.

Разобрать решение **задач 1 и 2** из § 52 учебника.

Параграф о применении диэлектриков может быть изучен учащимися самостоятельно. Однако при обсуждении следует акцентировать их внимание на таких понятиях, как «домены», «точка Кюри», так как они будут необходимы в дальнейшем.

В качестве иллюстрации применения **пьезоэффекта** можно продемонстрировать современную газовую пьезозажигалку. Другим примером применения пьезоэффекта может быть прибор для получения ультразвука (который иногда ещё встречается в кабинетах физики). Рабочим элементом этого прибора является таблетка из титаната бария. Её можно использовать отдельно: одни концы проводов присоединить к двум противоположным поверхностям таблетки из титаната бария, а другие концы соединить с осциллографом. При ударе резиновым молоточком по таблетке осциллограф регистрирует бросок напряжения.

Демонстрация. Энергия заряженного конденсатора (ДЭ1, опыт 13).

Домашнее задание. У10, § 52, 53; задачи 52.1—52.4.

Идеи для исследований и проектов

1. Изготовить капельницу Кельвина.

Пояснение. Подробная инструкция дана в конце Главы 4 учебника.

2. Изготовить клетку Фарадея.

Пояснение. Подробное описание дано в конце Главы 4 учебника. Следует выяснить, каковы «границы применимости» изготовленного устройства.

Тема для сообщения. Использование клетки Фарадея в опытах итальянского невролога Ф. Кацамалли.

Урок 15 (117). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать умение решать задачи на нахождение энергии электрического конденсатора
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 52. Энергия электрического поля
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Распознавать явление по его определению, описанию, характерным признакам
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять знания явлений, законов и уравнений для анализа процессов и явлений и решения задач

Вначале следует обсудить с учащимися следующие вопросы.

1. Возможно ли увеличить энергию заряженного школьного раздвижного конденсатора, не изменяя его заряда? (*Ответ.* Возможно, раздвигая

его пластины. Затрачиваемая при этом энергия внешних сил будет израсходована на увеличение энергии конденсатора.)

2. Если электрон ускоряется в электрическом поле плоского конденсатора и, следовательно, приобретает кинетическую энергию, то уменьшается ли при этом заряд конденсатора, поскольку силы электрического поля совершают работу по перемещению электрона в поле? (*Ответ.* Если конденсатор изолирован, то заряд на его пластинах не изменится. Чтобы поместить в поле конденсатора электрон, необходимо совершить работу против сил поля. Поэтому вблизи отрицательно заряженной пластины конденсатора заряд будет обладать потенциальной энергией. Ускорение электрона между пластинами конденсатора будет происходить за счёт перехода части этой потенциальной энергии в кинетическую.)

3. Воздушный конденсатор заряжается до некоторого потенциала и в заряженном состоянии заливается керосином, отчего энергия конденсатора уменьшается в ϵ раз. Куда «исчезает» остальная энергия? (*Ответ.* Превращается во внутреннюю энергию диэлектрика (керосина).)

4. Далее можно предложить учащимся задачи: **3.** № 3.45, 3.46.

Задача 1. Зазор между пластинами конденсатора заполнен слюдой. Заряд конденсатора 1 мкКл, площадь пластин 100 см². Определите объёмную плотность энергии поля конденсатора и силу притяжения пластин.

Задача 2. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 300 В. Площадь пластин 10 см², напряжённость поля в зазоре между ними 300 кВ/м. Определите поверхностную плотность заряда на пластинах, электроёмкость и энергию конденсатора.

Задача 3. При разряде плоского слюдяного конденсатора выделилась энергия 1 мкДж. До какой разности потенциалов был заряжен конденсатор? Площадь пластин конденсатора 1,1 см², зазор между ними 3 мм.

Задача 4. Энергия плоского воздушного конденсатора 0,4 нДж, разность потенциалов на обкладках 60 В, площадь пластин 1 см². Определите расстояние между обкладками, напряжённость и объёмную плотность энергии поля конденсатора.

Задача 5. Конденсатор электроёмкостью $C_1 = 3$ мкФ был заряжен до разности потенциалов $U_1 = 40$ В. После отключения от источника тока конденсатор был соединён параллельно с незаряженным конденсатором, электроёмкость которого $C_2 = 5$ мкФ. Определите энергию ΔW , израсходованную на образование искры в момент присоединения второго конденсатора.

Задача 6. Плоский конденсатор заряжен до разности потенциалов 1 кВ. Расстояние между пластинами 1 см. Диэлектрик — стекло. Определите объёмную плотность энергии поля конденсатора.

Домашнее задание. У10, § 52, 53; подготовиться к самостоятельной работе.

Урок 16 (118). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока	Закрепить умение самостоятельно решать задачи
Форма урока	Самостоятельная работа
Текст учебника	У10. § 52. Энергия электрического поля
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Уметь анализировать результаты и основания, границы своего знания и незнания, новые познавательные задачи и средства достижения
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять задания различной сложности по пройденному материалу. Планировать собственную деятельность. Оценивать полученные результаты

Контроль знаний происходит в форме решения задач самостоятельной работы по вариантам.

Вариант 1

1. Конденсатору, электроёмкость которого 10 пФ, сообщён заряд 1 пКл. Определите энергию электрического поля конденсатора.

2. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом $r = 10$ см каждая. Расстояние между пластинами $d_1 = 1$ см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U = 1,2$ кВ и отключили от источника тока. Какую работу A нужно совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между ними до $d_2 = 3,5$ см?

Вариант 2

1. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 2$ см, разность потенциалов 6 кВ. Заряд каждой пластины 10 нКл. Вычислите энергию электрического поля конденсатора.

2. Плоский воздушный конденсатор, электроёмкость которого $C = 1,11$ нФ, заряжен до разности потенциалов $U_1 = 300$ В. После отключения от источника тока расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в $n = 5$ раз. Определите: 1) разность потенциалов U_2 на обкладках конденсатора после их раздвижения; 2) работу A внешних сил по раздвижению пластин.

**Урок 17 (119). УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ
ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.
ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА (ЭДС)**

Задачи урока	Ввести понятия: источник тока, сторонние силы, электродвижущая сила (ЭДС)
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 54. Условия существования постоянного тока
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: источник тока, сторонние силы, электродвижущая сила (ЭДС) Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Называть условия, необходимые для существования электрического тока в проводнике. Объяснять появление сторонних сил и ЭДС

Прежде всего необходимо повторить то, что учащимся уже известно об электрическом заряде и электрическом поле.

Далее следует обсудить **условия существования постоянного электрического тока**.

1. Наличие в среде свободных носителей заряда, т. е. заряженных частиц, способных перемещаться. В металле это электроны проводимости; в электролитах — положительные и отрицательные ионы; в газах — положительные и отрицательные ионы и электроны.

2. Наличие в среде электрического поля, энергия которого затрачивалась бы на перемещение электрических зарядов. Для того чтобы ток был длительным, энергия электрического поля должна всё время пополняться, т. е. нужен источник электрической энергии — устройство, в котором происходит преобразование какого-либо вида энергии в энергию электрического поля.

3. Наличие электрически замкнутой цепи.

В отсутствие электрического поля заряженные частицы совершают хаотичное тепловое движение. Через воображаемую площадку переносится в обоих направлениях одинаковый заряд, и ток отсутствует.

При наличии электрического поля на хаотичное движение накладывается упорядоченное движение. Положительные электрические заряды начинают перемещаться в направлении поля, а отрицательные — против.

За направление тока условно принято направление движения положительных зарядов.

Количественной характеристикой электрического тока является **сила тока** — скалярная величина, равная заряду, который проходит через поперечное сечение проводника за единицу времени: $I = dq/dt$.

Затем уместно обсудить исторические опыты, которые подтверждают, что в металле ток образуют именно электроны. Для этого необходимо обсудить опыты Рикке, Толмена и Стюарта, Манделъштама и Папалекси.

Далее логика изложения представляется следующей: от рассмотрения тока перейти к описанию участка цепи, не содержащего источника тока, а затем к рассмотрению полной цепи.

Поскольку **закон Ома** для участка цепи уже рассматривался, то о нём можно лишь упомянуть, сделав акцент на том, что отношение напряжения к электрическому току есть величина постоянная и называется **сопротивлением** проводника.

Домашнее задание. У10, § 54; решить задачу.

Задача. Металлический незаряженный диск (рис. 66) приводится в быстрое вращение и таким образом становится центрифугой для электронов. Между центром и периферией диска возникает разность потенциалов. В какой части диска потенциал выше? (*Ответ.* Вследствие центробежного эффекта концентрация электронов на периферии будет больше нормальной, поэтому края диска зарядятся отрицательно, а центр — положительно. Отметим, что эти заряды ничтожно малы и практически роли не играют.)

Идеи для исследований и проектов. Предложить и реализовать механическую модель опыта Толмена.

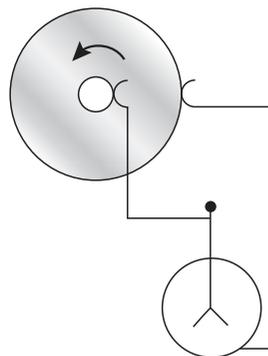


Рис. 66

Урок 18 (120). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять силу тока и напряжение
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 8(9)
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать методику определения силы тока и напряжения

<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Измерять силу тока и напряжение на участке электрической цепи. Работать в паре. Строить вольт-амперную характеристику. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты опытов

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 8(9) учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 19 (121). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать умение решать задачи на расчёт параметров цепей постоянного тока
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 54. Условия существования постоянного тока
Планируемые результаты обучения	
<i>Предметные</i>	Знать алгоритм решения задач на расчёт параметров цепей постоянного тока
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять расчёты сил токов и напряжений на участках электрических цепей. Рассчитывать сопротивление участка цепи при последовательном и параллельном соединениях его элементов

Все приведённые ниже задачи рекомендуется обсуждать коллективно, давая возможность учащимся высказывать свои идеи, обсуждать их, выбирая наилучший вариант.

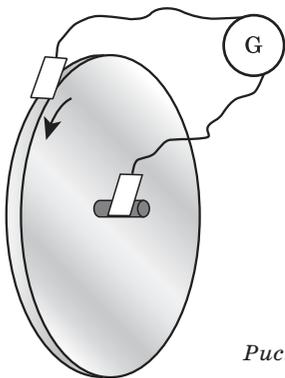


Рис. 67

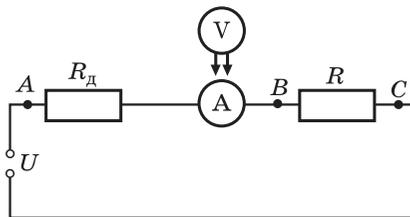


Рис. 68

Перед решением следующей задачи следует убедиться, что учащиеся усвоили из предыдущего урока суть опыта Манделъштама и Папалекси (если на уроке это не обсуждалось, то можно выслушать подготовленное заранее сообщение кого-либо из учащихся), повторить вместе с учащимися суть этого опыта.

Задача 1¹. Придумайте схему опыта, показывающего электронную природу тока в металле, аналогичного опыту Манделъштама и Папалекси, но не с вращающейся катушкой, а с вращающимся металлическим диском (рис. 67). Рассчитайте параметры устройства с учётом того, что в распоряжении экспериментаторов имеется гальванометр чувствительностью 10^{-8} В.

Задача 2². Измерение сопротивления с помощью амперметра и вольтметра приводит к погрешности, которую можно определить или избежать в том случае, когда известно сопротивление вольтметра. Однако есть остроумный способ исключения погрешности, связанной с сопротивлением вольтметра, когда последнее неизвестно. Для этого собирают электрическую цепь по схеме, показанной на рисунке 68. Последовательно с измеряемым сопротивлением R подключают добавочное сопротивление $R_{\text{доб}}$ (приблизительно такое же, как и измеряемое). Показание амперметра снимают тогда, когда он подключён к точкам B и C . При этом искомое сопротивление $R = \frac{U}{I}$.

Докажите, что сила тока через резистор R при подключении вольтметра к точкам B и C равна силе тока, которую показывает амперметр при подключении вольтметра к точкам A и B .

¹ См.: Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1966.

² Там же.

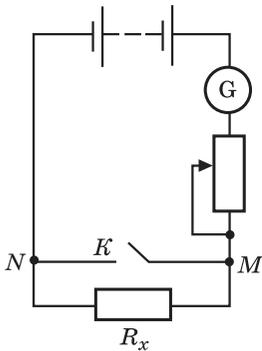


Рис. 69

Задача 3. Как вольтметр можно переделать в омметр? Начертите схему. Решение обоснуйте математически. Определите цену деления омметра.

Решение. Прежде всего нужно понять, что такое вольтметр, — это соединённые последовательно гальванометр и добавочное сопротивление. Простейший омметр может быть получен последовательным соединением батарейки, гальванометра, добавочного сопротивления и ключа (рис. 69). Добавочное сопротивление подбирается так, чтобы при замыкании ключа K стрелка гальванометра отклонялась в крайнее правое положение. На шкале прибора это будет нуль омметра. При включении любого сопротивления к точкам M и N при разомкнутом ключе общее сопротивление цепи

будет больше, а ток — меньше. Прибор градуируется практически по эталонам. Пусть верхний предел измерения прибора U_m , его сопротивление R_r , ЭДС батареи \mathcal{E} , её внутреннее сопротивление $R_{вн}$. Тогда добавочное сопротивление может быть определено из уравнения $U_m = \frac{\mathcal{E}}{R_r + R_x + R_{вн}} R_r$, откуда $R_x = \frac{\mathcal{E} R_r - U_m R_r - U_m R_{вн}}{U_m}$.

Задача 4. Энергия разряда конденсатора может вернуть жизнь людям, у которых мышцы сердца перестали синхронно сокращаться. Асинхронное (хаотичное) сокращение мышц сердца называют фибрилляцией. Фибрилляцию сердца можно прекратить, если пропустить через все его мышцы короткий импульс тока. Для этого к грудной клетке пациента прикладывают два электрода, через которые пропускают импульс длительностью около 10 мс и амплитудой до нескольких десятков ампер. При этом энергия разряда через грудную клетку может достигать 400 Дж.

Устройство, обеспечивающее электрический разряд, который может помочь прекратить фибрилляцию сердца, называют дефибриллятором. Простейший дефибриллятор представляет собой колебательный контур, состоящий из конденсатора ёмкостью около 20 мкФ и катушки индуктивностью около 0,4 Гн. Зарядив конденсатор до напряжения 1—6 кВ и разрядив его через катушку и пациента, сопротивление которого составляет около 50 Ом, можно получить импульс тока, необходимый для возвращения пациента к жизни.

Рассчитайте силу тока, который может проходить в области сердечной мышцы в момент действия прибора.

Домашнее задание. Подготовиться к лабораторной работе.

**Урок 20 (122). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
«ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОММЕТРА
И МУЛЬТИМЕТРА»**

Задачи урока	Научить учащихся пользоваться омметром и мультиметром для измерения электрического сопротивления
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 9(10)
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать принципы работы омметра и мультиметра Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Читать обозначения на резисторах промышленного производства. Измерять электрическое сопротивление с помощью омметра и мультиметра. Предлагать альтернативные способы измерения сопротивления. Интерпретировать результаты опытов

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 10 учебника.

В дополнение к описанию лабораторной работы в учебнике можно рекомендовать использовать в качестве объекта исследования автомобильную лампу ближнего света с двумя нитями накаливания (эта лампа имеет два контакта, каждый из которых соответствует своей нити). Это даёт возможность увеличить количество измерений и убедиться, что температура лампы в разных режимах работы окажется разной.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 21 (123). РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

Задачи урока	Применить известные понятия «работа» и «мощность» для электрического тока
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 55. Работа и мощность тока

<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Знать понятия «работа» и «мощность» для электрического тока и уметь их применять в ситуациях практико-ориентированного характера и для объяснения процессов и закономерностей</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Объяснять, от чего зависит работа тока. Описывать различные действия тока и их применение.</p> <p>Вычислять количество теплоты, выделяемой проводником. Определять мощность электрического тока</p>

Необходимо вывести выражения для работы и мощности электрического тока. Более подробно остановиться на тепловом действии тока. Показать демонстрационный эксперимент.

Решить задачу: З. № 3.91.

Особое внимание стоит обратить на действие тока на организм человека, так как это основа безопасности при работе с любыми электрическими приборами.

Действие электрического тока на организм человека может быть:

- тепловым (нагрев, ожоги и повреждение кровеносных сосудов);
- механическим (разрыв тканей в результате действия давления пара при нагреве жидкостей, содержащихся в организме);
- химическим (электролиз, разложение крови, нарушение её физико-химического состава);
- биологическим (нарушение функций нервной системы, судороги).

Учащиеся должны представлять, какие значения силы тока могут быть опасными (следует заметить, что данные здесь несколько противоречивы).

Важно, чтобы учащиеся усвоили, что опасность для человека представляет не высокое напряжение, а ток, проходящий через ткани.

По технике безопасности электрический ток классифицируется следующим образом:

Влияние на организм	Сила переменного тока (50 Гц)	Сила постоянного тока
Безопасное	50 мкА	100 мкА
Ощутимое	0,6—1,5 мА	5—7 мА

Влияние на организм	Сила переменного тока (50 Гц)	Сила постоянного тока
Неотпускающее	10—15 мА	50—80 мА
Фибрилляционное	~100 мА	~300 мА

Отметим ещё два существенных момента, от которых зависит степень повреждения биологических тканей: пол пострадавшего (для мужчин допустимые значения несколько больше, чем для женщин) и продолжительность воздействия электрического тока. Установлено, что с увеличением времени (больше 0,5 с) электрическое воздействие вызывает фибрилляцию сердечных мышц с большой вероятностью.

Рассчитать значения силы тока, проходящего через ткани, можно, зная их сопротивление. Следует заметить, что эта величина не является постоянной, так как сопротивление кожного покрова зависит от многих параметров и меняется в весьма широких пределах, например:

- от влажности и чистоты кожи;
- от поверхности и плотности контакта;
- от силы тока и продолжительности прохождения его через тело человека;
- от приложенного напряжения.

Можно считать, что сопротивление тела человека, когда кожный покров находится в сухом состоянии, составляет от 40 000 до 100 000 Ом, причём свыше 90 % этого сопротивления приходится именно на кожный покров. В случае увлажнения кожного покрова его сопротивление может снизиться скачком до 1000 Ом.

Демонстрация. Тепловое действие тока (провод с бумажками, куски провода из разных металлов).

1) Провод из нихрома (можно взять провод от реостата диаметром 1 мм и более) натягивают между штативами и через реостат (желательно ламповый, чтобы было видно, что в цепи идёт ток) подключают к источнику. Прежде чем замкнуть цепь, на провод из нихрома вешают бумажки (лучше из папиросной бумаги). После замыкания цепи видно, как бумажки перегорают в месте соприкосновения с проволокой.

2) Нарезают несколько одинаковых по длине кусков провода из нихрома и меди (диаметр провода не менее 1 мм). Эти куски соединяют вместе (их достаточно просто скрутить). Далее этот комбинированный провод включают в цепь, как и в предыдущем случае. Показывают опыт в затемнённом помещении. При замыкании цепи видно, что эти отрезки при нагревании изменяют длину, а также они разогреваются, но цвет при этом у них разный.

Домашнее задание. У10, § 55; задачи 55.1—55.3.

Урок 22 (124). ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Задачи урока	Познакомить учащихся с законом Ома для полной электрической цепи
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 56. Закон Ома для полной цепи
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Уметь применять закон Ома для полной электрической цепи при решении задач, в ситуациях практико-ориентированного характера и для объяснения процессов и закономерностей</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	<p>Формулировать, пояснять и применять закон Ома для полной электрической цепи.</p> <p>Отвечать на вопросы и выполнять задания, предложенные учителем</p>

Следует подробно рассмотреть закон Ома для полной электрической цепи. Вывести формулу для расчёта силы тока. Проанализировать полученную формулу, рассмотреть условия возникновения короткого замыкания.

Разобрать решение задач 1 и 2 из § 56 учебника; решить задачи 56.1—56.4.

Демонстрация (экспериментальное исследование)

Определение зависимости напряжения на зажимах источника тока от нагрузки; определение внутреннего сопротивления источника тока.

Оборудование: две-три батарейки, демонстрационные вольтметр и амперметр с шунтом на 1 А, реостат на 20 Ом, ключ демонстрационный, провода соединительные.

Собирают электрическую цепь по схеме, изображённой на рисунке 70, а. Гальванические элементы соединяют последовательно. Сначала измеряют вольтметром ЭДС источника при разомкнутой цепи и записывают показания на доске. Затем замыкают цепь и обращают внимание учащихся на то, что показания вольтметра уменьшились, т. е. произошло падение напряжения на внешней цепи. При помощи реостата 4—5 раз изменяют значения сопротивления (нагрузки) и записывают показания вольтметра и амперметра на доске. По результатам опыта строят график зависимости напряжения от силы тока в цепи (рис. 70, б).

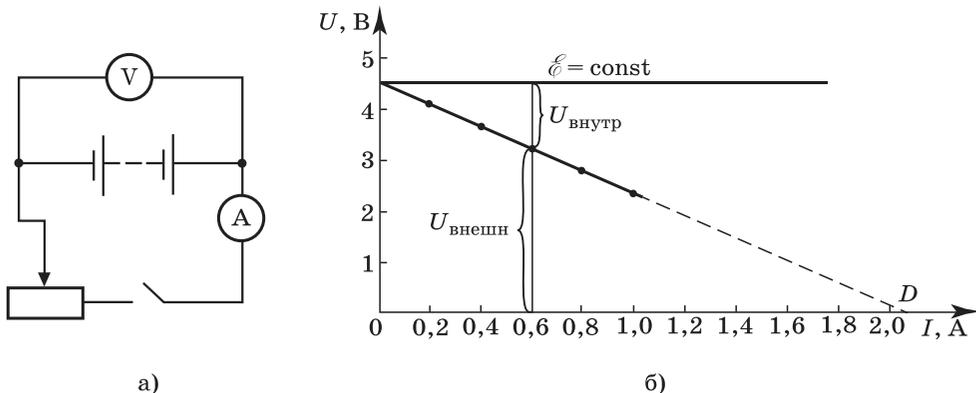


Рис. 70

Горизонтальная прямая $\mathcal{E} = \text{const}$ соответствует ЭДС источника тока.

Для любого значения силы тока в пределах графика ордината до наклонной прямой даёт значение напряжения на внешней цепи ($U_{\text{внешн}}$), а отрезок от неё до горизонтальной прямой $\mathcal{E} = \text{const}$ показывает напряжение на внутренней цепи ($U_{\text{внутр}}$). При этом сумма напряжений остаётся величиной постоянной.

Продолжив наклонную прямую до пересечения с горизонтальной осью координат (точка D), можно найти силу тока **короткого замыкания**. Напряжение на зажимах источника в этом случае становится равным нулю, а сила тока достигает своего максимального значения, определяемого внутренним сопротивлением источника.

Таким образом, в результате эксперимента по построенному графику можно определить **внутреннее сопротивление** источника тока.

При рассмотрении различных ситуаций с электрическими цепями целесообразно использовать возможности компьютерного моделирования (этот термин хотя и не очень верен, но тем не менее он широко вошёл в обиход).

Доступным, понятным и полезным программным продуктом для целей моделирования электрических цепей является свободно распространяемая программа «Начала электроники». Она позволяет реализовать ряд ситуаций, которые при реальном экспериментировании могли бы привести к порче оборудования, например при коротком замыкании.

Программа имеет доступный интерфейс, реализованный в виде печатной платы, на которой можно собирать любые цепи из элементов, находящихся справа в подписанных ящичках. Несомненным преимуществом здесь является возможность изменения параметров любого из элементов. Из измерительных приборов имеются в наличии два мультиметра и осциллограф.

Программа снабжена описанием некоторых лабораторных работ, которые также можно рекомендовать для домашней работы учащихся.

Программу можно использовать и для проведения самостоятельных работ в классе. Скажем, с помощью виртуальной цепи можно проверить правильность расчётов при решении задачи по расчёту предохранителя. В случае ошибки виртуальная нагрузка — лампа накаливания или нагревательная плитка — перегорает.

Программу можно использовать и для исследовательских целей, чтобы расширить диапазон измерений, проведённых в реальном эксперименте.

Демонстрации

- 1) Зависимость напряжения на зажимах источника тока от нагрузки.
- 2) Определение внутреннего сопротивления источника.
- 3) Короткое замыкание.
- 4) Принцип действия автоматического предохранителя.

Домашнее задание. У10, § 56; З. № 56.5—56.10; освоить программу «Начала электроники» и с её помощью изучить режим короткого замыкания.

Тема для сообщения. История аккумуляторной батареи.

Пояснение. Считается, что первый гальванический элемент был изобретён ещё в Месопотамии (примерно за 2000 лет до рождения Алессандро Вольта), так называемая багдадская батарейка (в настоящее время она хранится в Национальном музее Ирака).

Однако история самих аккумуляторных батарей началась только в XVIII в.

Аккумулятор представляет собой накопитель электрической энергии, который может быть подзаряжен электрохимическим методом. Для изобретения аккумулятора использовались достижения и результаты исследований многих известных учёных, таких, как Луиджи Гальвани, Алессандро Вольта, Иоганн Риттер, Вильгельм Зинштеден, Гастон Планте, Камиль Фор, Генри Тюдор и др.

Демонстрации

- 1) Зависимость напряжения на зажимах источника тока от нагрузки.
- 2) Определение внутреннего сопротивления источника.

Урок 23 (125). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать умение решать задачи на применение закона Ома
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 56. Закон Ома для полной цепи
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать алгоритм решения задач на применение закона Ома
<i>Метапредметные</i>	Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму

<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять физические законы для анализа процессов и явлений. Записывать и применять для расчётов закон Ома для полной электрической цепи

Следует решить с учащимися **задачи**: З. № 3.51—3.54.

Домашнее задание. У10, § 56; З. № 3.69—3.72; подготовиться к лабораторной работе.

Урок 24 (126). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 10(11)
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать методы определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Описывать устройство различных источников тока. Определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. Соблюдать правила техники безопасности и правила подключения при работе с источниками тока

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 10(11) учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 25 (127). ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Задачи урока	Сформировать умение рассчитывать шунт и дополнительное сопротивление, продемонстрировать различные методики расчёта полного сопротивления смешанной цепи
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 57. Последовательное и параллельное соединения проводников в электрической цепи
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритм расчёта шунта и дополнительного сопротивления, различные методики расчёта полного сопротивления смешанной цепи Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Изображать графически цепи с последовательным и параллельным соединениями проводников. Использовать формулы последовательного и параллельного соединений проводников для решения задач. Объяснять различие между реостатом и потенциометром. Рассчитывать шунты и добавочные сопротивления для расширения пределов измерения амперметров и вольтметров

Наиболее важным результатом этого урока должно стать формирование умения рассчитывать **шунт** и **дополнительное сопротивление** для приборов.

На этом уроке необходимо дать учащимся представление о том, каким образом следует подбирать экспериментальные приборы. По сути, любой стрелочный прибор может быть использован и как вольтметр, и как амперметр. Главное — согласовать его внутреннее сопротивление с сопротивлением нагрузки, включённой в цепь. Условием согласования должно стать превышение сопротивления нагрузки внутреннего сопротивления прибора не менее чем на два порядка. Кроме того, если в арсенале экспериментатора не оказалось нужного прибора, то всегда можно расширить пределы его измерения (обратите внимание: пределы можно только расширить, но уменьшить, к сожалению, нельзя).

В настоящее время наряду со стрелочными приборами широкое применение получили универсальные приборы, называемые **мультиметрами**, или специальные цифровые датчики, которые могут совместно с компьютером служить приборами для измерения.

Однако для понимания сущности измерения стрелочные приборы не теряют своего значения, и объяснение техники проведения электрических измерений необходимо начинать именно с них.

Также важным моментом, который нуждается в пояснении, является положение измерительного прибора в цепи для проведения наиболее точного измерения (это касается и мультиметра). Всегда следует помещать его таким образом, чтобы он внесил наименьшее искажение в измерения физической величины (напряжения или силы тока).

Следующий важный момент, на котором стоит остановиться при измерениях, проводимых в электрических цепях, — это особенности подключения и функции **реостата** и **потенциометра**.

Реостат — это прибор, включаемый в цепь последовательно, который служит для регулирования силы тока в цепи.

Потенциометр — это прибор, который служит для изменения напряжения в цепи. Иногда делают потенциометры со средней точкой, в этом случае появляется возможность изменять знак подаваемого в цепь потенциала (рис. 71).

Интересными задачами на расчёт сопротивления электрической цепи являются задачи на **последовательное** и **параллельное** соединения проводников. Однако, наряду с последовательным и параллельным соединениями, существуют ещё и смешанные соединения проводников, рассмотрение которых довольно часто вызывает затруднения у учащихся. Поэтому будет полезным рассмотреть несколько стандартных методов решения таких задач¹.

Смешанное соединение проводников может иметь вид, показанный на рисунке 72, а.

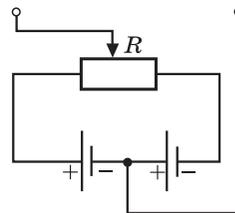


Рис. 71

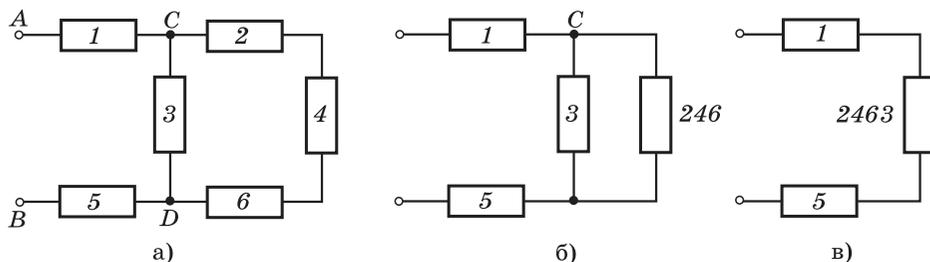


Рис. 72

¹ См.: Бондаров М. Н. Расчёт сопротивления электрической цепи // Потенциал. — 2010. — № 2. — С. 33.

При работе с такими цепями главным является увидеть, как можно упростить схему и заменить более простой. Например, для цепи, изображённой на рисунке 72, а, можно объединить резисторы R_2 , R_4 и R_6 (рис. 72, б).

Далее процедура повторяется, в результате схема приобретает привычный вид (рис. 72, в). Поэтапное нахождение сопротивлений резисторов не представляет труда.

Для вычисления сопротивлений более сложных цепей существуют специальные методы, которые перечислим ниже. Каждый из методов основан на использовании принципа симметрии, роль которого и следует подчеркнуть при объяснении их учащимся.

Мостиковая схема

Задача. Определите сопротивление между точками A и D цепи, схема которой изображена на рисунке 73, а, если сопротивление каждого проводника равно 2 Ом.

Решение. Действовать тем же способом, что и в предыдущем случае, не удаётся, так как нет ни одной пары резисторов, которые можно было бы считать соединёнными последовательно.

Однако, присмотревшись, всё же можно найти способ видоизменения схемы и превращения её в изображённую на рисунке 73, б. Поскольку по условию сопротивления всех резисторов одинаковы, очевидно, что через участок цепи BC ток идти не будет и схему можно ещё упростить (рис. 73, в). Далее уже совсем просто: находим сопротивление по известной нам формуле. Получаем результат: сопротивление цепи между точками A и D равно 2 Ом.

А как найти полное сопротивление этой цепи, если сопротивления резисторов не равны? Теперь мы получим ответ, почему метод носит название «мостиковая схема». Оказывается, что через участок BC ток не будет идти при любом его сопротивлении, если отношение сопротивлений будет удовлетворять равенству

$$\frac{R_{AB}}{R_{AC}} = \frac{R_{BD}}{R_{CD}}.$$

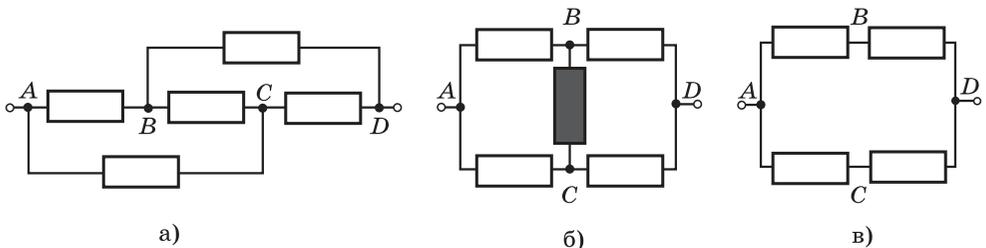


Рис. 73

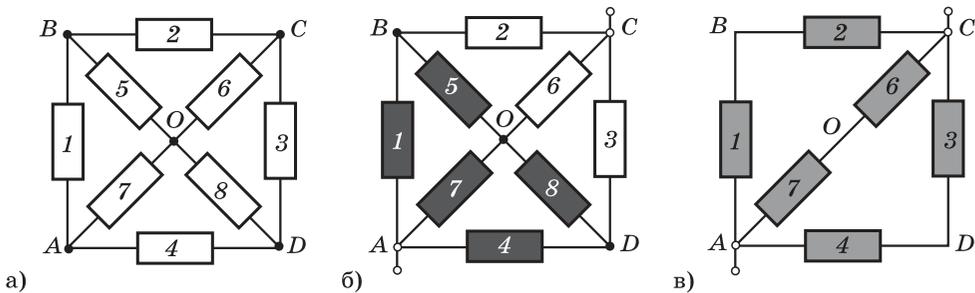


Рис. 74

Метод исключения участков цепи

Задача. Определите сопротивление между точками A и C цепи (рис. 74, а), если каждый проводник имеет сопротивление $3\ \text{Ом}$.

Решение. Из симметрии схемы следует, что по проводникам $1, 7, 4$ (рис. 74, б) будут идти одинаковые токи, следовательно, потенциалы точек B, O и D будут одинаковы. Тогда по проводникам 5 и 7 ток идти не будет, и их можно удалить из цепи, не изменив при этом её общее сопротивление (рис. 74, в), которое легко вычислить: оно равно $2\ \text{Ом}$.

Метод разрезания узлов

Задача. Определите сопротивление между точками A и D цепи (рис. 75, а), если каждый проводник имеет сопротивление $6\ \text{Ом}$.

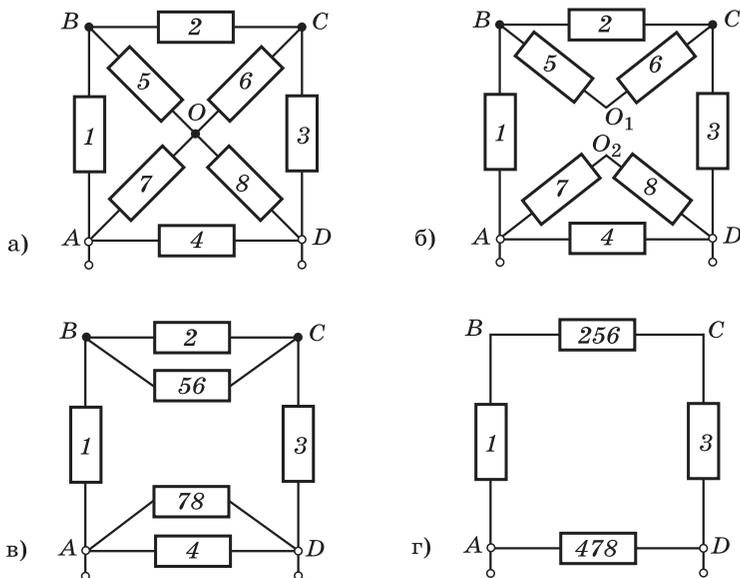


Рис. 75

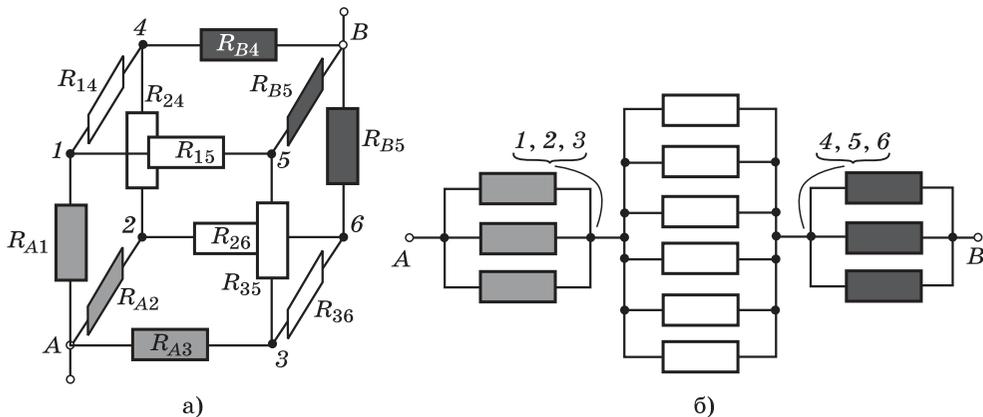


Рис. 76

Решение. Перейти от схемы, показанной на рисунке 75, а, к схеме, показанной на рисунке 75, б, можно благодаря тому, что мы можем заменить точку O на две с тем же потенциалом. После разрезания узла в схеме появились участки с хорошо узнаваемыми последовательными и параллельными соединениями проводников (рис. 75, в и г).

Метод склеивания узлов

Задача. В каждое из рёбер куба включён проводник сопротивлением 6 Ом. Чему равно сопротивление получившейся конструкции между вершинами A и B , находящимися на концах большой диагонали куба (рис. 76, а)?

Решение. Через проводники R_{A1} , R_{A2} и R_{A3} идут одинаковые токи. Таким образом, потенциалы точек 1, 2 и 3 равны между собой, так же как и потенциалы точек 4, 5 и 6. Следовательно, эти узлы могут быть заменены одним. В результате получаем схему, представленную на рисунке 76, б, которую рассчитать очень просто.

Домашнее задание. У10, § 57; задачи 57.1—57.8; решить следующую задачу.

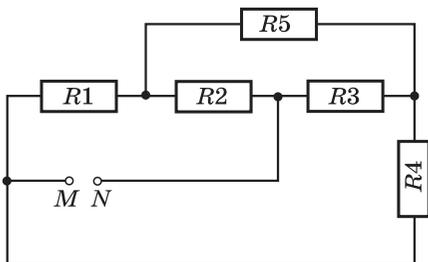


Рис. 77

Задача. Чему равно сопротивление между точками N и M цепи, схема которой показана на рисунке 77, если сопротивления проводников $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $R_4 = 2$ Ом, $R_5 = 5$ Ом?

Идеи для исследований и проектов

Проверить результаты решения задач по расчёту полного сопротивления цепей с помощью программы «Начала электроники».

Урок 26 (128). ПРАВИЛА КИРХГОФА

Задачи урока	Сформировать представление о правилах Кирхгофа и умение применять эти правила
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 58. Правила Кирхгофа
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать методику применения правил Кирхгофа Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Формулировать правила Кирхгофа и применять их для расчёта сложных цепей

Задачи для решения на уроке: З. № 3.63—3.69.

При решении задач с использованием правил Кирхгофа следует обратить внимание учащихся на роль принципа симметрии, который существенно упрощает решение задач.

Домашнее задание. У10, § 58; задачи 58.1—58.3.

Урок 27 (129). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умения решать задачи и выполнять тестовые задания
Форма урока	Решение задач, выполнение тестовых заданий и анализ их решения
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритмы решения задач, связанных с постоянным электрическим током Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи на расчёт сопротивлений и токов в сложных цепях. Использовать формулы последовательного и параллельного соединений проводников и правила Кирхгофа

Задачи для решения на уроке: **З.** № 3.70, 3.71; **У10**, тестовые задания в конце Главы 5 учебника.

После решения задач и выполнения тестовых заданий следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

Домашнее задание. Повторить понятия «взаимодействие», «электрический ток», «электростатическая индукция».

Электрический ток в различных средах (10 ч)

Урок 28 (130). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ

Задачи урока	Дать представление об удельном электрическом заряде, скорости дрейфа электронов
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 59(71). Электрический ток в металлах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия удельного электрического заряда, скорости дрейфа электронов Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Описывать механизм проводимости металлов. Различать скорости дрейфа электронов и распространения токов в проводниках. Составлять таблицу для сравнения проводимости различных сред

Первую часть урока следует провести в логике учебника. Во второй части урока можно провести лабораторную работу.

Содержание лабораторной работы по определению **удельного сопротивления проводника** хорошо известно: расчёт удельного сопротивления производится по формуле $\rho = \frac{S}{l} R$, где сопротивление R может быть как измерено непосредственно с помощью омметра или мультиметра, так и рассчитано по измеренным значениям напряжения и силы тока.

К сожалению, спектр материалов, которые могут быть предложены учащимся для экспериментального исследования, невелик.

Однако работа станет более содержательной и интересной, если в неё включить этап моделирования, который может быть осуществлён как до

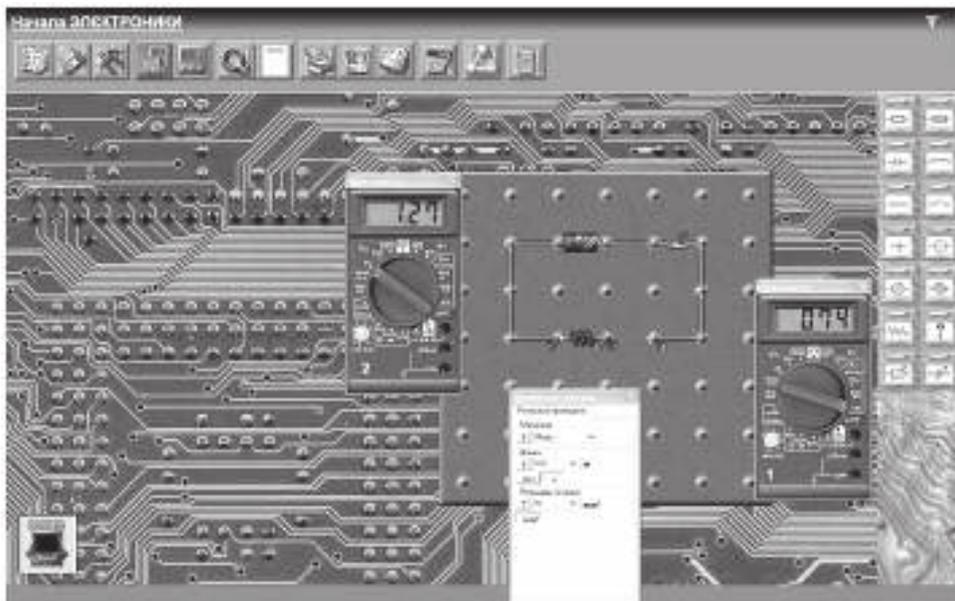


Рис. 78

выполнения работы, так и после, дома или в классе. Для этого рекомендуем использовать программу «Начала электроники». Получить её можно, например, по ссылке http://zeus.malishich.com/index_rus.html.

Возможности этой программы позволяют выбрать для исследования любой из существующих в природе металлов, при этом значения S и l могут варьироваться в широком диапазоне значений. Скриншот программы показан на рисунке 78.

Процесс моделирования предполагает сборку схемы на специальном поле и задание свойств исследуемого объекта. Использование мультиметра в качестве измерительного прибора позволяет провести как непосредственные измерения сопротивления, так и косвенные. Выбор материала для исследования осуществляется в специальном окне «Параметры детали», здесь же возможно задать её геометрические характеристики: площадь поперечного сечения и длину.

Таким образом, учащиеся получают возможность определить значения удельного сопротивления для ряда металлов и сплавов. Однако простое увеличение количества измерений вряд ли имело бы смысл.

Наиболее интересными, на наш взгляд, являются открывающиеся дополнительные возможности. Финальная часть работы предполагает построение и анализ графика зависимости $\rho = f(N)$, где N — номер элемента в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева, а ρ — удельное электрическое сопротивление соответствующего металла (рис. 79).



Рис. 79

Для большей ясности в таблице приведём состав исследованных сплавов.

Сплав	Элемент	Порядковый номер	Содержание в сплаве, %
Манганин	Медь (Cu)	29	85
	Никель (Ni)	28	3
	Марганец (Mn)	25	12
Нейзильбер	Медь (Cu)	29	35
	Цинк (Zn)	30	45
Нихром	Никель (Ni)	28	75
	Хром (Cr)	24	25
Константан	Медь (Cu)	29	55
	Никель (Ni)	28	45

Из графика (см. рис. 79) и данных таблицы можно установить следующее:

- 1) все материалы группируются определённым образом, что, очевидно, определяется их положением в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева;
- 2) сплавы состоят из металлов, расположенных рядом в Периодической системе элементов;
- 3) сплавы в отличие от чистых металлов, входящих в их состав, имеют существенно большее удельное сопротивление.

Как видно из графика, во всех случаях наблюдаются перечисленные выше закономерности. Чем это можно объяснить?

Оказывается, что при изготовлении сплавов происходит изменение структуры энергетических уровней. При этом энергетически предпочтительнее может оказаться иная кристаллическая структура. В чистых металлах, т. е. при наличии атомов одного элемента, возможно определённое число вариантов расположения атомов. В сплавах, т. е. при наличии атомов различных элементов, число возможных комбинаций в расположении атомов (типов решёток) становится бесконечно большим, что позволяет минимизировать энергию при построении кристаллической решётки.

Лабораторная работа фактически является небольшим исследованием, которое требует применения знаний не только из физики, но и из химии, физики твёрдого тела, кристаллографии.

Описанная идея может составить основу проектного исследования, в процессе которого должны быть выполнены следующие **задания**:

1. Построить график зависимости удельного сопротивления от порядкового номера металла в Периодической системе элементов. Установить, что все элементы сгруппированы по определённому принципу. Сплавы изготавливаются из металлов, находящихся рядом в Периодической системе элементов.

2. Сравнить положение сплавов и входящих в их состав металлов на графике зависимости удельного сопротивления от порядкового номера элемента. Установить, что у сплавов удельное сопротивление существенно выше, чем у чистых металлов.

3. Обратит внимание на тип кристаллической решётки металлов, входящих в тот или иной сплав.

4. Выяснить, с какой целью изготавливаются сплавы, каково их практическое применение.

На примере этой лабораторной работы можно продемонстрировать учащимся, как за несложным на первый взгляд экспериментальным исследованием может стоять серьёзная физическая интерпретация, которую необходимо научиться видеть.

Часть урока можно посвятить разбору задачи из § 59(71) учебника.

Домашнее задание. У10, § 59(71); задачи 59.1, 59.2.

Урок 29 (131). ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Задачи урока	Дать представление о зависимости сопротивления металлов от температуры, температурном коэффициенте сопротивления и сверхпроводимости
Форма урока	Лекция с элементами беседы
Текст учебника	У10. § 60(72). Зависимость сопротивления металлов от температуры. Сверхпроводимость

<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Знать о зависимости сопротивления металлов от температуры, температурном коэффициенте сопротивления и сверхпроводимости</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Описывать механизм проводимости металлов и её зависимости от температуры. Приводить примеры применения сверхпроводимости.</p> <p>Называть учёных, которые занимались исследованиями сверхпроводимости.</p> <p>Находить в Интернете и дополнительной литературе информацию об истории изучения электрических явлений. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами</p>

Содержание урока следует логике учебника. Также на уроке можно изложить исторические факты, рассказать об исторических опытах Камерлинг-Оннеса, показать роль российских учёных в исследовании данной проблемы.

Обязательно следует рассказать о наших Нобелевских лауреатах В. Л. Гинзбурге, А. А. Абрикосове и других известных физиках, участвовавших в исследовании этой проблемы.

Задачи для решения на уроке: У10, § 60(72), задачи 60.1, 60.2.

Демонстрация. Зависимость сопротивления металлов от температуры.

Домашнее задание. У10, § 60(72); задачи 60.3, 60.4.

Темы для сообщений. Исследования сверхпроводимости в Институте физических проблем им. П. Л. Капицы.

Пояснение. Информацию можно почерпнуть в следующих книгах:

1. Гинзбург В. Л. Сверхпроводимость / В. Л. Гинзбург, Е. А. Андрияшин. — М.: Альфа-М, 2006.

2. Андроникашвили Э. Л. Воспоминания о жидком гелии / Э. Л. Андроникашвили. — Тбилиси: Ганатлеба, 1980. — 338 с.

3. Андроникашвили Э. Л. Воспоминания о жидком гелии (<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/43a2a1ff-33d4-fe7f-4b87-0caa89d027d4/?fullView=1>).

4. Капица П. Л. О сверхтекучести жидкого гелия // Квант. — 1970. — № 10. — С. 2—10.

5. Копылов Г. И. Энергия и импульс быстрых частиц // Квант. — 1970. — № 3. — С. 34—41.

**Урок 30 (132). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАСТВОРАХ
И РАСПЛАВАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ.
ЗАКОН ЭЛЕКТРОЛИЗА.
ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД**

Задачи урока	Дать представление о явлении электролиза и законе Фарадея
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 61(73). Электрический ток в растворах и расплавах электролитов
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о явлении электролиза и законе Фарадея Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать электропроводность воды и раствора соли или кислоты. Формулировать закон Фарадея

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: **У10**, § 61(73); задачи 61.1, 61.2.

Демонстрация. Явление электролиза.

Необходимо собрать последовательную цепь, состоящую из лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), лампы накаливания на 220 В, ключа, кюветы, в которую помещены электроды (из набора по электролизу), один лишний провод, стаканчик с сахаром и стаканчик с солью, пластмассовая ложка.

В кювету наливают дистиллированную воду, замыкают цепь, установив напряжение ЛАТРа равным примерно 150 В. Лампа при этом не горит. Для того чтобы убедиться в работоспособности цепи, электроды шунтируют с помощью дополнительного провода. Учащиеся убеждаются, что лампа при этом загорается.

Затем в воду насыпают немного сахара, размешивают пластмассовой ложкой. Лампа не горит.

Выполняем то же самое с солью (соль нужно насыпать понемногу), видно, что лампа постепенно загорается. По мере увеличения концентрации соли она разгорается всё сильнее и сильнее.

Опыт показывает, что носителями тока в жидкости являются ионы.

Домашнее задание. **У10**, § 61(73); подготовиться к лабораторной работе; решить следующие задачи.

Задача 1. Электролиз водного раствора серной кислоты с мольной долей последней 2,5%, массой 100 г проводили в течение 15 мин. Сила тока была постоянной и равной 10 А. Рассчитайте количество электричества, прошедшего через раствор (в Кл).

Задача 2. Вычислите массу ртути, выделившейся на катоде при пропускании тока через раствор хлорида ртути в течение 35 мин. Сила тока 6 А.

Задача 3. Электролиз водного раствора серной кислоты с мольной долей последней 2,5%, массой 100 г проводили в течение 15 мин. Сила тока была постоянной и равной 10 А. Рассчитайте количество электронов, прошедших через раствор.

Тема для сообщения. Технические применения электролиза.
Б. С. Якоби.

Урок 31 (133). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ОДНОВАЛЕНТНОГО ИОНА»

Задачи урока	Научить учащихся экспериментально определять заряд одновалентного иона
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 11
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать методы определения заряда одновалентного иона
<i>Метапредметные</i>	Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания
<i>Личностные</i>	Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Измерять электрический заряд одновалентного иона. Собирать экспериментальную установку. Соблюдать правила техники безопасности. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты опытов

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 11 учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

**Урок 32 (134). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ. ПЛАЗМА.
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД В ГАЗЕ.
ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ЛАМПА**

Задачи урока	Дать представление о самостоятельном и несамостоятельном разрядах, ввести понятия плазмы, энергии ионизации, фотоионизации
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 62(74). Электрический ток в газах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	 Знать о самостоятельном и несамостоятельном разрядах, о понятиях плазмы, энергии ионизации, фотоионизации Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать самостоятельный и несамостоятельный разряды, объяснять их возникновение. Приводить примеры из окружающей жизни. Находить в Интернете и дополнительной литературе информацию об истории изучения электрических явлений. Предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Содержание урока следует логике учебника.

Дополнить традиционный набор экспериментов может современный плазменный светильник. Прежде всего учащимся будет интересно узнать о принципе его действия, особенно с учётом того интереса, который сейчас проявляется к личности и исследованиям Н. Тесла. С помощью плазменного светильника можно провести ряд простых экспериментов, таких, как свечение газоразрядных трубок. Использование длинной люминесцентной лампы позволяет показать изменение протяжённости светящегося столба при перемещении руки демонстратора. Контакт проводника или руки экспериментатора с поверхностью лампы приводит к возникновению светового канала в форме конуса между ней и электродами и т. п. (более подробно об этом можно прочитать в статье: Корнисик К. И., Фискинд Е. Э., Ходырев А. А. Эксперименты с плазменным светильником // Физика в школе. — 2010. — № 7. — С. 44).

Важно обсудить ситуацию, когда подобное движение заряженных частиц наблюдается в природе. Самым ярким примером могут служить полярные сияния.

О полярных сияниях можно прочитать также в следующих книгах:

1. Тарасов Л. В. Физика в природе / Л. В. Тарасов. — М.: Вербум-М, 2002. — С. 157—181.
2. Булат В. Л. Оптические явления в природе / В. Л. Булат. — М.: Просвещение, 1974.
3. Мишин Е. В. Взаимодействие электронных потоков с ионосферной плазмой / Е. В. Мишин, Ю. Я. Ружин, В. А. Телегин. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
4. Исаев С. И. Полярные сияния / С. И. Исаев. — Мурманск: Кн. изд-во, 1980.
5. Мизун Ю. Г. Полярные сияния / Ю. Г. Мизун. — М.: Наука, 1983.
6. Зверева С. В. В мире солнечного света / С. В. Зверева. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988.

Демонстрации

- 1) Самостоятельный разряд.
- 2) Несамостоятельный разряд.
- 3) Искровой разряд.
- 4) Коронный разряд.
- 5) Дуговой разряд.
- 6) Глеющий разряд.

Домашнее задание. У10, § 62(74).

Темы для сообщений

1. Никола Тесла и его изобретения.
2. Огни святого Эльма.

Урок 33 (135). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ. ЭЛЕКТРОН

Задачи урока	Ввести понятия: работа выхода, термоэлектронная эмиссия; дать представление о катодных лучах
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 63(75). Электрический ток в вакууме. § 64(76). Электрон
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о катодных лучах, понятиях: работа выхода, термоэлектронная эмиссия Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять термоэлектронную эмиссию и работу выхода электрона. Описывать устройство электронно-лучевой трубки, наблюдать её работу

Содержание урока следует логике учебника.

Желательно провести разбор задач 1 и 2 из § 63(75) учебника.

Демонстрации

1) Демонстрационная электронно-лучевая трубка без кожуха или плакат с её изображением.

2) Катодные трубки.

Домашнее задание. У10, § 63(75), 64(76), задачи 63.1, 63.2.

Тема для сообщения. Опыты Милликена и Иоффе по определению удельного заряда.

Урок 34 (136). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ. СОБСТВЕННАЯ И ПРИМЕСНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Задачи урока	Ввести понятия собственной и примесной проводимости полупроводников; дать представление о донорных и акцепторных примесях, электронных и дырочных полупроводниках
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 65(77). Электрический ток в полупроводниках
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать понятия собственной и примесной проводимости полупроводников; иметь представление о донорных и акцепторных примесях, электронных и дырочных полупроводниках
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять особенности проводимости полупроводников и необходимость введения в них примесей. Наблюдать зависимость сопротивления полупроводника от температуры и освещённости

Помимо решения основных задач урока необходимо акцентировать внимание учащихся на сравнении проводников и диэлектриков с полупроводниками.

Демонстрация. Зависимость удельного сопротивления полупроводников от температуры и освещения (набор Бурова для демонстрации свойств полупроводников или набор демонстрационный «Полупроводниковые приборы»: УО, с. 287).

Домашнее задание. У10, § 65(77).

Тема для сообщения. Использование полупроводников в технике.

Урок 35 (137). ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Задачи урока	Ввести понятия: запирающий слой, $p-n$ -переход
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 66(78). Односторонняя проводимость контактного слоя. § 67(79). Транзистор
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия запирающего слоя, $p-n$ -перехода Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Описывать свойства $p-n$ -перехода и принцип работы диода и транзистора. Проводить измерения и строить ВАХ диода. Перечислять полупроводниковые приборы и области их применения

Содержание урока следует логике учебника.

Демонстрации

- 1) Полупроводниковый диод.
- 2) Получение вольт-амперной характеристики (для демонстрации можно использовать набор «Полупроводниковые приборы» и комплекты «Электричество-1» и «Электричество-4»).
- 3) Транзистор. Выпрямление переменного тока (комплект «Электричество-4»).

Показать преимущества использования полупроводников наиболее наглядным и доступным для учащихся образом можно, сравнив ЭВМ различных поколений. При этом можно рассказать, как происходила миниатюризация элементной базы, уменьшалось энергопотребление (два основных показателя).

Далее можно кратко ознакомить учащихся с современными технологиями изготовления микросхем.

Более подробно можно рассказать и о светодиодах, которые стали использоваться в настоящее время повсеместно. Об этом можно прочитать в статьях Е. Б. Петровой «Принципы работы светодиода и не только...» и «Истоки современной электроники» (Школа и производство. — 2014. — № 4, 5).

Домашнее задание. У10, § 66(78), 67(79).

Урок 36 (138). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма урока	Выполнение тестовых заданий и анализ их решения
Текст учебника	Глава 6(8). Электрический ток в различных средах
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Овладеть навыками выполнения тестовых заданий Уметь соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией Обрести готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять задания определённой сложности по пройденному материалу

После выполнения учащимися тестовых заданий в конце Главы 6(8) учебника следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

Магнитные явления (17 ч)

Урок 37 (139). МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОКОВ. МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. СИЛА АМПЕРА

Задачи урока	Ввести понятие о магнитном взаимодействии, установить связь между электрическими и магнитными явлениями; продемонстрировать действие силы Ампера; ввести понятия: магнитная индукция, магнитный поток; освоить метод определения направления вектора магнитной индукции
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 68(59). Магнитное взаимодействие токов
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Понимать явление магнитного взаимодействия токов, знать связь между электрическими и магнитными явлениями, метод определения направления вектора магнитной индукции, понятия: магнитная индукция, магнитный поток

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и описывать магнитные взаимодействия. Сравнивать электрическое и магнитное поля. Вычислять силу, действующую на проводник с током в магнитном поле. Исследовать зависимость силы Ампера от угла между проводником с током и направлением вектора магнитной индукции

Существенным в данном уроке является установление связи между электрическими и магнитными явлениями.

Демонстрации

1) Поворот магнитной стрелки при пропускании тока через проводник.

Следует показать опыт Ампера, который послужил основой для гипотезы о молекулярных токах. В случае её справедливости можно было утверждать, что в природе не существует магнитных зарядов, а магнитные свойства вещества обусловлены наличием незатухающих молекулярных круговых токов.

2) Демонстрация взаимодействия параллельных токов (УО, с. 339).

Интересным здесь будет рассмотреть задачу о взаимодействии токов и показать, используя все изученные правила, каким образом направлена сила Ампера (рис. 80), в каком случае она приводит к притяжению, а в каком — к отталкиванию токов.

Рассмотреть ситуацию поведения двух скрещенных проводов с током.

Домашнее задание. У10, § 68(59); задачи 68.1—68.3.

Идеи для исследований и проектов

Исследовать природу полей, создаваемых диэлектрическими трубками при движении по ним сыпучих сред.

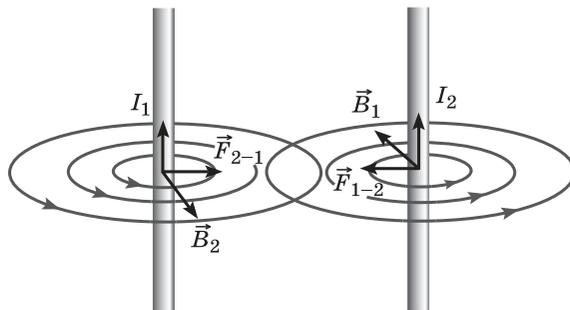


Рис. 80

Пояснение. В качестве исследования для учащихся по теме «Электризация» можно порекомендовать эксперименты с установкой, описанной в журнале «Физика для школьников»¹. Эксперименты не требуют какого-либо специального оборудования. Основным элементом установки является трубка из стекла или оргстекла длиной около метра. Рядом с ней на держателе располагается магнитная стрелка. При просыпании сквозь них песка магнитная стрелка приходит во вращение.

Урок 38 (140). МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Задачи урока	Сформировать представление о магнитном поле тока, рассмотреть поля, создаваемые проводниками различной конфигурации, освоить принцип суперпозиции полей
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 69(60). Магнитное поле тока
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятие магнитного поля тока, уметь описывать поля, создаваемые проводниками различной конфигурации, применять принцип суперпозиции полей Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Применять принцип суперпозиции для магнитных полей, создаваемых токами. Графически изображать линии магнитной индукции. Проводить операции с векторами. Применять правило буравчика

На следующем этапе изучения магнитного поля необходимо рассмотреть магнитное поле, которое создаётся проводниками различной конфигурации. Начать следует с самого простого случая — прямого проводника с током, постепенно усложняя задачу и рассматривая магнитное поле кругового тока (витка) и катушки с током (соленоида).

Задачи для решения на уроке: З. № 3.134, 3.138—3.141.

Домашнее задание. У10, § 69(60); задачи 69.1, 69.2; З. № 3.135, 3.137, 3.142; подготовиться к лабораторной работе.

¹ См.: Рыппо В. Л., Орлов А. А. Трибоэлектричество и униполярная индукция // Физика для школьников. — 2011. — № 2. — С. 59.

Урок 39 (141). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ»

Задачи урока	Освоить экспериментальный метод измерения магнитной индукции
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	У10. Лабораторная работа № 12
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать экспериментальный метод измерения магнитной индукции Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Измерять магнитную индукцию вблизи полюса постоянного магнита. Анализировать отдельные этапы проведения исследований, интерпретировать результаты наблюдений и опытов

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 12 учебника.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 40 (142). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умение решать задачи на расчёт характеристик магнитного поля
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 69(60). Магнитное поле тока
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать алгоритм решения задач на расчёт характеристик магнитного поля Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

Основные виды деятельности учащихся	Решать задачи на расчёт и исследование магнитных полей токов различной конфигурации. Применять физические законы для анализа процессов и явлений
-------------------------------------	--

Следует решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Изолированный проводник изогнут в виде прямого угла, каждая из сторон которого равна 20 см. В плоскость угла помещён кольцевой проводник радиусом 10 см так, что стороны угла являются касательными к кольцу (рис. 81). Определите индукцию магнитного поля в центре кольца. Сила тока в каждом проводнике равна 2 А. Влияние подводных проводов пренебрежимо мало.

Задача 2. Силы токов, идущих в одном направлении по двум бесконечно длинным прямым проводникам, расстояние между которыми равно 15 см, равны 4 и 6 А. Определите расстояние от проводника с меньшей силой тока до геометрического места точек, в котором индукция магнитного поля равна нулю.

Задача 3. В кольцевом проводнике радиусом 10 см сила тока 4 А. Параллельно плоскости проводника на расстоянии 2 см над его центром проходит бесконечно длинный проводник, сила тока в котором 2 А. Определите индукцию магнитного поля в центре кольца. Рассмотрите все возможные случаи.

Задача 4. Силы токов, идущих в противоположных направлениях по двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, равны 50 и 100 А. Расстояние между проводами равно 20 см. Определите магнитную индукцию в точке, удалённой на расстояние 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

Домашнее задание. Решить следующие задачи.

Задача 1. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. Сила тока, идущего по проводнику, равна 20 А. Чему равна магнитная индукция в точке А, если расстояние $r = 5$ см (рис. 82)?

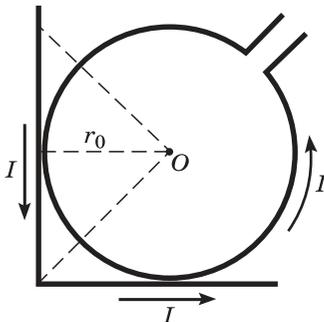


Рис. 81

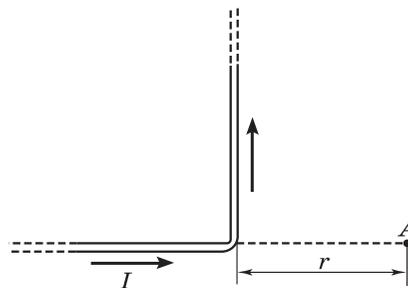


Рис. 82

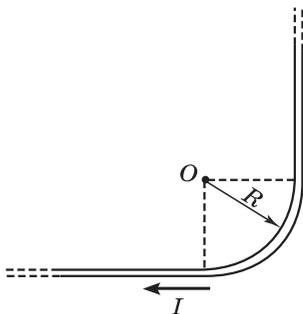


Рис. 83

Задача 2. По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как показано на рисунке 83, идёт ток. Сила тока 100 А. Определите магнитную индукцию в точке O , если радиус кривизны $R = 10$ см.

Задача 3. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу идёт ток. Сила тока 100 А. Вычислите магнитную индукцию B в точках, лежащих на биссектрисе угла и удалённых от вершины угла на расстояние $a = 10$ см.

Задача 4. Бесконечно длинный тонкий проводник с током, сила тока которого $I = 100$ А, имеет изгиб радиусом $R = 10$ см. Определите магнитную индукцию поля в точке O , создаваемого этим током. Рассмотрите два варианта, которые показанны на рисунке 84.

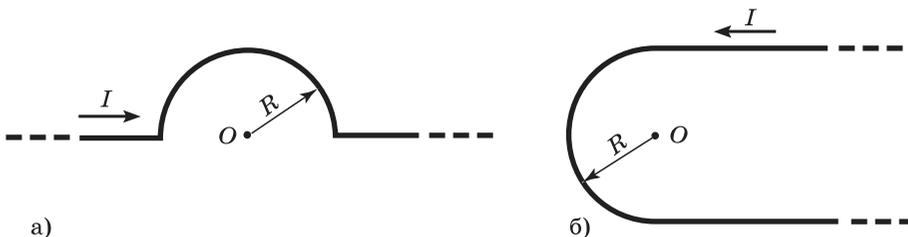


Рис. 84

Урок 41 (143). СИЛА ЛОРЕНЦА

Задачи урока	Сформировать представление об обобщённой силе Лоренца
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 70(61). Сила Лоренца
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать об обобщённой силе Лоренца Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

Основные виды деятельности учащихся	Записывать формулу для определения силы Лоренца. Исследовать поведение заряженных частиц в магнитном поле под действием силы Лоренца. Находить в Интернете и дополнительной литературе информацию об истории изучения электрических явлений. Перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами
--	--

На этом уроке следует познакомить учащихся ещё с одной силой — силой Лоренца, действие которой определяет траектории движения заряженных частиц в магнитном поле. Рассмотрение этой силы является важным, так как имеет ряд практических применений. Здесь следует рассказать об ускорителях частиц (циклотронах), о приборе для разделения частиц, различающихся по массе, — масс-спектрометре, а также о явлениях, связанных с поведением заряженных частиц в магнитном поле Земли, — полярных сияниях.

Задачи для решения на уроке: У10, задачи 70.1—70.3.

Рекомендованы:

1) Виртуальная экскурсия в Институт ядерных исследований; виртуальная экскурсия на изохронный циклотрон У-400 (http://flerovlab.jinr.ru/linkc/Virtual_tour/U400/1.html)

2) Виртуальная экскурсия по комплексу спектрометров импульсного реактора ИБР-2 (<http://uc2.jinr.ru/pano/lnf/>)

3) Виртуальная экскурсия в ИРЭН (источник резонансных нейтронов) (<http://uc2.jinr.ru/pano/iren/>)

4) Фазотрон (<http://phasotron.jinr.ru/>)

5) Телеканал ОИЯИ на YouTube (<http://www.youtube.com/user/jinrtv>)

Демонстрация. Отклонение электронного пучка магнитным полем.

Домашнее задание. У10, § 70(61); З. № 3.166—3.168.

Темы для сообщений

1. Известный российский учёный И. Е. Тамм.
2. Известный российский учёный А. Д. Сахаров.

Урок 42 (144). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Сформировать и закрепить умение решать задачи на применение выражения для обобщённой силы Лоренца
Форма урока	Решение задач
Текст учебника	У10. § 70(61). Сила Лоренца

<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><i>Предметные</i></p> <p><i>Метапредметные</i></p> <p><i>Личностные</i></p>	<p>Знать алгоритм решения задач на применение выражения для обобщённой силы Лоренца</p> <p>Уметь понимать проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, работать по предложенному алгоритму</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
<p>Основные виды деятельности учащихся</p>	<p>Вычислять силу, действующую на электрический заряд, движущийся в магнитном поле. Наблюдать отклонение электронного пучка магнитным полем. Участвовать в обсуждении возможностей применения силы Ампера и силы Лоренца. Объяснять принцип действия циклотрона, электроизмерительных приборов и электродвигателя постоянного тока</p>

Сначала следует совместно решить следующую задачу.

Задача. Сравните силы магнитного и электрического взаимодействий движущихся зарядов.

Решение. Пусть два достаточно массивных точечных заряда движутся параллельно друг другу с одинаковыми скоростями \vec{v} , причём $v < c$.

Пусть в месте нахождения заряда 2 созданы зарядом 1 магнитное и электрическое поля.

Найдём отношение сил F_M и $F_э$, действующих, например, со стороны заряда 1 на заряд 2: $F_M = qvB$, $F_э = qE$.

$$\text{Тогда } \frac{F_M}{F_э} = \frac{vB}{E}, \text{ где } B = \frac{\mu_0 qv}{4\pi r^2}; E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}; c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}.$$

$$\text{Следовательно, } \frac{F_M}{F_э} = \frac{Ev^2}{Ec^2} = \frac{v^2}{c^2}.$$

Затем можно предложить учащимся самостоятельно решить следующие задачи.

Задача 1. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 400$ В, попал в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1,5$ мТл. Определите радиус R кривизны траектории электрона. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям магнитной индукции.

Задача 2. Определите силу Лоренца, действующую на электрон, влетевший со скоростью $v = 4$ Мм/с в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Магнитная индукция поля $B = 0,2$ Тл.

Задача 3. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Определите момент им-

пульса, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если её траектория представляла собой дугу окружности радиусом $R = 0,2$ см.

Задача 4. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут различаться радиусы R кривизны траектории в начале и конце пути?

Задача 5. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определите силу, действующую на электрон со стороны поля, если радиус кривизны траектории $R = 0,5$ см.

Дополнительные задачи: З. № 3.147, 3.149, 3.169, 3.170.

Домашнее задание. З. № 3.147, 3.149, 3.169, 3.170 (для тех, кто не успел на уроке).

Урок 43 (145). МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Задачи урока	Ввести понятия: магнитная проницаемость, гистерезис, домен; познакомить учащихся с классификацией веществ по их взаимодействию с магнитным полем; повторить понятие «температура Кюри»
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 71(62). Магнитное поле в веществе
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: магнитная проницаемость, гистерезис, домен, температура Кюри, классификацию веществ по их взаимодействию с магнитным полем Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Сравнивать свойства ферромагнетиков, парамагнетиков и диамагнетиков. Описывать магнитные свойства веществ. Находить в Интернете и дополнительной литературе информацию об истории изучения магнитных явлений. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

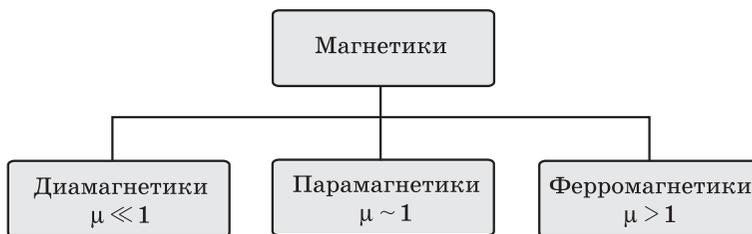


Рис. 85

Как известно, все вещества, которые нас окружают, каким-то образом взаимодействуют с магнитным полем, поэтому будет полезным рассмотреть классификацию этих веществ (рис. 85).

Следует объяснить природу ферро-, пара- и диамагнетизма, основываясь на гипотезе Ампера о молекулярных токах.

Показать, как используются эти свойства вещества, пока не упоминая о принципе магнитной записи информации, так как речь об этом будет идти в § 79(70). Здесь же можно упомянуть об использовании магнитных свойств вещества в криминалистике и для этого рассмотреть задачу о выстреле, которая заключается в том, чтобы определить, был ли произведён выстрел из пистолета или нет, сколько времени прошло с момента выстрела.

Когда речь идёт о только что произведённом выстреле, то достаточно измерить температуру ствола. Однако температура — плохой показатель: она слишком быстро падает до нормального значения.

Оказывается, выстрел сопровождается не только повышением температуры, но и ударными нагрузками на материал ствола. Поскольку ствол стальной, а сталь является ферромагнетиком, то естественное магнитное поле Земли определённым образом намагничивает сталь. При выстреле происходит его размагничивание (в результате механической ударной нагрузки), но так как оружие продолжает находиться в магнитном поле Земли, то через какое-то время сталь снова намагнитится.

Способ установления давности выстрела при баллистической экспертизе путём определения изменяющихся во времени физических свойств ствола после стрельбы заключается в измерении прибором степени намагниченности ствола в некоторый момент времени, например сразу после изъятия ствола на месте происшествия. Произведя контрольный отстрел из этого оружия, осуществляют контрольные замеры степени намагниченности ствола через равные промежутки времени до момента показания прибора, равного степени намагниченности ствола во время изъятия оружия на месте происшествия. Таким образом определяют давность выстрела из этого оружия.

Демонстрации

- 1) Магнитные свойства вещества.
- 2) Модель структуры ферромагнетиков (ДЭ1, с. 334).
- 3) Точка Кюри.

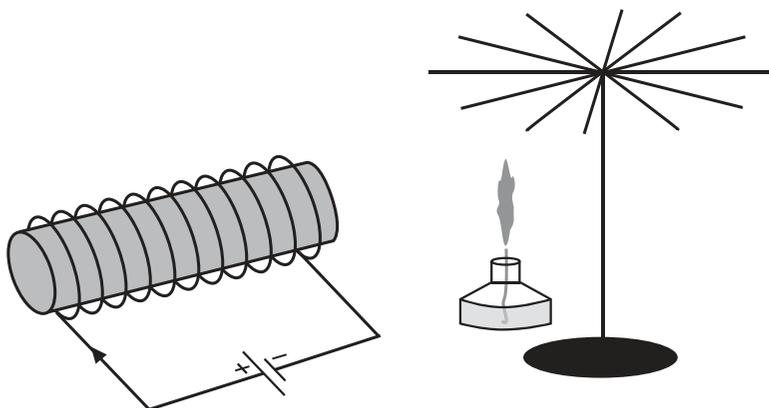


Рис. 86

Домашнее задание. У10, § 71(62).

Идеи для исследований и проектов

1. Исследование вязкости магнитных жидкостей.

Пояснение. С примером такого исследования можно познакомиться в статье: Диканский Ю. И., Рогов И. П. Исследование вязкости полимерсодержащих магнитных жидкостей // Потенциал. — 2009. — № 9.

Магнитная жидкость, или феррожидкость, представляет собой дисперсный (состоящий из множества мелких частиц) раствор ферромагнитного вещества. Её структуру можно наблюдать в слое при помощи оптического микроскопа.

2. Изготовление модели двигателя Шведова.

Пояснение. Российский физик Ф. Н. Шведов (1840—1905) предложил следующую модель электродвигателя. Рядом с вертушкой, сделанной из железной проволоки, помещён сильный электромагнит. Под вертушкой поставлена свеча или горелка, нагревающая проволоку, из которой сделана вертушка (рис. 86).

Объяснение принципа действия двигателя следующее. Сила притяжения ненагретых спиц больше, чем нагретых спиц. Поскольку спицы изготовлены из ферромагнитного материала, магнитная восприимчивость χ и намагниченность M материала в ферромагнитном состоянии, согласно закону Кюри, зависят от температуры. Таким образом, на вертушку действует момент сил, равный произведению разности сил притяжения нагретых и холодных спиц к магниту на соответствующее плечо, вследствие чего вертушка начинает вращаться.

Тема для сообщения. Использование гемосорбентов в медицине¹.

¹ См.: Афанасьева Т. А. и др. Исследование вязкости жидкости // Вопросы интернет-образования. — 2004. — № 23 [электронный ресурс http://vio.uchim.info/Vio_23/cd_site/articles/art_1_4.html].

Урок 44 (146). ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задачи урока	Дать представление об устройстве электроизмерительных приборов и принципах их использования; познакомить с обозначениями на шкалах приборов, научить определять погрешности приборов; познакомить с принципом действия электрического двигателя постоянного тока
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 72*(63*). Электроизмерительные приборы. § 73*(64*). Электрический двигатель постоянного тока
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Знать устройство электроизмерительных приборов и принципы их использования, обозначения на шкалах приборов, принцип определения погрешностей приборов, принцип действия электрического двигателя постоянного тока</p> <p>Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения</p> <p>Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность</p>
Основные виды деятельности учащихся	Классифицировать электроизмерительные приборы. Измерять различные электрические величины с помощью стрелочных измерительных приборов и мультиметра. Объяснять принцип действия генератора постоянного тока

Следует дать классификацию электроизмерительных приборов (электромеханического действия) по физическому принципу действия измерительного механизма, т. е. по способу преобразования электрической энергии в механическое движение подвижной части.

Рекомендуем найти фотографии различных приборов с указанием их характеристик и предложить учащимся небольшую самостоятельную работу по расшифровке надписей на приборах и определению их погрешностей.

Задача для решения на уроке: **З. № 3.172.**

Демонстрации

- 1) Электроизмерительные приборы без кожуха.
- 2) Серия плакатов об электроизмерительных приборах.

Домашнее задание. У10, § 72*(63*), 73*(64*); задачи 73.1, 73.2.

Урок 45 (147). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма урока	Выполнение тестовых заданий и анализ их решения
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	<p>Овладеть навыками выполнения тестовых заданий по электродинамике</p> <p>Уметь соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией</p> <p>Обрести готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности</p>
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять тестовые задания различной сложности. Планировать собственную деятельность для достижения поставленных целей. Оценивать полученные результаты

После выполнения учащимися тестовых заданий после Главы 7(6) учебника следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

Домашнее задание. Повторить темы «Электрический ток» и «Магнитное поле».

Идеи для исследований и проектов

Предложить конструкцию вечного двигателя, используя принцип магнетизма Перегринна.

Пояснение. В 1269 г. Пьер Перегрин из Марикурта (Перегрин — это прозвище, которое означает «пилигрим», «паломник», «странник», «путешественник по святым местам») установил, что при разделении куска магнитной руды каждый из обломков также имеет два полюса. Кроме того, он показал, что при разделении продолговатого магнита образуются два магнита с противоположной полярностью в месте раздела. Свои идеи он изложил в работе «Трактат о магнитах».

Урок 46 (148). ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. МАГНИТНЫЙ ПОТОК

Задачи урока	Ввести понятия вихревого поля, ЭДС индукции
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 74(65). Закон электромагнитной индукции

Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия вихревого поля, ЭДС индукции Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Исследовать явление электромагнитной индукции. Перечислять условия, при которых возникает индукционный ток в катушке. Определять роль железного сердечника в катушке

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: З. № 3.171, 3.175.

Демонстрации

- 1) Опыты Фарадея.
- 2) Зависимость ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока.
- 3) Зависимость ЭДС самоиндукции от скорости изменения силы тока и индуктивности проводника.

Домашнее задание. У10, § 74(65); задачи 74.1—74.3.

Урок 47 (149). ВИХРЕВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ. ПРАВИЛО ЛЕНЦА

Задачи урока	Дать представление о правиле Ленца и токах Фуко
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 75(66). Правило Ленца
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Уметь применять правило Ленца Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность

Основные виды деятельности учащихся	Формулировать и анализировать закон электромагнитной индукции и правило Ленца. Вычислять ЭДС индукции. Определять направление индукционного тока. Объяснять возникновение токов Фуко
--	---

При объяснении темы следует обратить внимание на связь правила Ленца с законом сохранения энергии.

В качестве нестандартного применения правила Ленца можно привести описание исторического опыта, называемого «гробом Магомета» или «парящим магнитом», проведённого в своё время известным физиком В. К. Аркадьевым. Это явление называется **левитацией**.

Опыт заключался в следующем.

Учёный поместил в жидкий гелий свинцовую чашу и бросил в неё магнит. Возникшие при этом в сверхпроводящей чаше токи были столь велики, что вследствие электромагнитного взаимодействия с ними магнит после нескольких движений вверх и вниз повис над чашей почти неподвижно (рис. 87).

Объяснение этого красивого опыта может быть дано с использованием правила Ленца.

В момент падения магнита его магнитное поле становится переменным (зависящим от времени), а переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле. В сверхпроводящей чаше это поле действует на свободные заряды, порождая кольцевые индукционные токи. Согласно правилу Ленца эти токи направлены так, что создаваемое ими магнитное поле отталкивает магнит.

Электрическое сопротивление сверхпроводника равно нулю, вследствие чего индукционные токи в сверхпроводнике сохраняются длительное время. Поэтому созданное ими магнитное поле будет отталкивать магнит, компенсируя действующую на него силу тяжести, в результате чего магнит и зависает над чашей.

Демонстрации

- 1) Прибор Ленца.
- 2) Маятники (сплошной и разрезанный) из набора «Трансформатор разборный».

Домашнее задание. У10, § 75(66).

Идеи для исследований и проектов

Воспроизвести один из вариантов опытов Араго.

Темы для сообщений.

1. Русский физик Э. Х. Ленц и его вклад в науку.

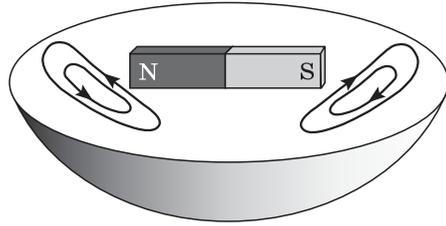


Рис. 87

2. Исторический опыт В. К. Аркадьева и его практическая реализация в наши дни.

3. Опыты Ф. Араго по «магнетизму вращения».

Урок 48 (150). САМОИНДУКЦИЯ. ИНДУКТИВНОСТЬ

Задачи урока	Ввести понятия: индуктивность, самоиндукция
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 76(67). Самоиндукция
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать понятия: индуктивность, самоиндукция Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Наблюдать и описывать явление самоиндукции. Определять зависимость индуктивности катушки от её длины и площади витков

Демонстрация. Модель освещения кинозала.

Электрическая цепь содержит источник тока, лампу и катушку с достаточно большим числом витков (рис. 88, а). При замыкании ключа накал лампы увеличивается постепенно. Это означает, что сила тока в цепи нарастает постепенно (рис. 88, б). То же самое можно наблюдать и при размыкании ключа.

Этот эксперимент служит иллюстрацией явления самоиндукции, которое и является причиной постепенного изменения силы тока: при возрастании или уменьшении силы тока в контуре возникает ЭДС индукции, которая противодействует этому изменению.

Физической причиной самоиндукции является возникновение вихревого электрического поля при изменении магнитного поля.

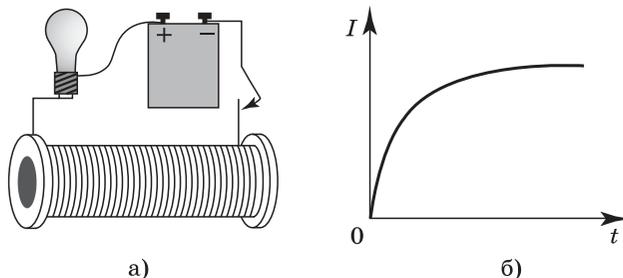


Рис. 88

В рассмотренном выше опыте при увеличении силы тока в контуре увеличивается создаваемое этим током магнитное поле. Вследствие этого возникает вихревое электрическое поле, которое согласно правилу Ленца «тормозит» нарастание тока.

Усилить эффект этого опыта можно, если параллельно уже имеющейся в цепи лампе и катушке подключить ещё одну такую же лампу. В этом случае можно видеть, что лампа без катушки будет моментально включаться и выключаться, а лампа с катушкой будет реагировать на изменение тока в цепи медленно.

Задачи для решения на уроке: 3. № 3.176—3.178.

Домашнее задание. У10, § 76(67); задачи 76.1—76.3.

Идеи для исследований и проектов

1. Предложить свой вариант демонстрации явления, изученного на уроке.

2. Предложить конструкцию, которая позволила бы изменять время, за которое лампа загорается или гаснет.

Пояснение. Одним из вариантов этой демонстрации является использование катушки с сердечником. При этом изменение положения сердечника в катушке позволяет изменять время, за которое лампа загорается или гаснет.

Тема для сообщения. Принцип действия индукционных фонарей и других индукционных устройств.

Пояснение. Таких устройств появилось в последнее время очень много. Например, индукционная плита, индукционные фонари, стикеры на товарах в магазинах, счётчики энергии и т. п. Очень полезно, если учащиеся самостоятельно найдут устройства, работа которых основана на явлении самоиндукции, и разберутся в принципе их действия.

Урок 49 (151). ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШКИ»

Задачи урока	Освоить экспериментальный метод измерения индуктивности катушки
Форма урока	Экспериментальное исследование
Текст учебника	ФП. Глава 4. Лабораторная работа № 14
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о методах измерения индуктивности катушки Уметь самостоятельно определять цели деятельности и составлять план деятельности; владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; применять различные методы познания Уметь сотрудничать со сверстниками и взрослыми в образовательной, проектной и учебно-исследовательской деятельности

Основные виды деятельности учащихся	Измерять индуктивность катушки. Работать в паре. Анализировать и интерпретировать результаты наблюдений или опытов
--	--

Работу следует провести по инструкции лабораторной работы № 14 (глава 4 **ФП**).

Для сравнения можно провести измерение значения индуктивности на прямую, если в кабинете имеется мультиметр с необходимой функцией.

Домашнее задание. Обработать результаты лабораторной работы.

Урок 50 (152). ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Задачи урока	Дать представление об энергии магнитного поля
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 77(68). Энергия электромагнитного поля
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать об энергии электромагнитного поля Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Иметь мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Вычислять энергию магнитного поля катушки с током. Выполнять задания, предложенные учителем

Содержание урока следует логике учебника.

Задачи для решения на уроке: **У10**, § 77(68); разбор решения задачи; задачи 68.1, 68.2.

Можно дополнительно решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. По обмотке соленоида индуктивностью $L = 0,2$ Гн идёт ток. Сила тока $I = 10$ А. Определите энергию магнитного поля соленоида.

Задача 2. Индуктивность катушки без сердечника равна $0,1$ мГн. При какой силе тока в катушке энергия магнитного поля равна 100 мкДж?

Задача 3. Соленоид содержит 1000 витков. Сила тока в его обмотке равна 1 А, магнитный поток через поперечное сечение соленоида равен $0,1$ мВб. Вычислите энергию магнитного поля.

Домашнее задание. **У10**, § 77(68); задачи 77.3, 77.4.

Урок 51 (153). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задачи урока	Дать представление о превращении механической энергии в электрическую, о принципе действия генератора постоянного электрического тока
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 78(69)*. Электрический генератор постоянного тока
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать о превращении механической энергии в электрическую, о принципе действия генератора постоянного электрического тока
<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Иметь мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять принцип действия электромеханических устройств. Описывать процесс преобразования механической энергии в электрическую. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения по заданной теме. Воспринимать, анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Содержание урока следует логике учебника.

Можно решить с учащимися следующие задачи.

Задача 1. Прямоугольная рамка площадью 100 см^2 вращается с частотой 50 об/с в горизонтальном однородном магнитном поле (рис. 89). Магнитная индукция поля $0,2 \text{ Тл}$. Определите закон изменения магнитного потока через рамку в зависимости от времени, если в начальный момент времени плоскость рамки: а) расположена горизонтально; б) составляет с горизонтальной плоскостью угол $\varphi = 30^\circ$.

Задача 2. Определите максимальный магнитный поток через прямоугольную рамку, вращающуюся в однородном магнитном поле с частотой 10 об/с , если амплитуда индуцируемой в рамке ЭДС равна 3 В (см. рис. 89).

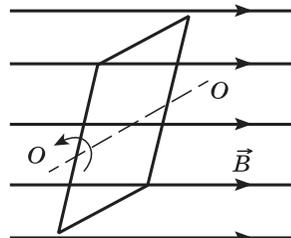


Рис. 89

Задача 3. Определите частоту вращения прямоугольной рамки в однородном магнитном поле с индукцией 0,5 Тл, если амплитуда индуцируемой в рамке ЭДС равна 10 В (см. рис. 89). Площадь рамки 200 см², рамка содержит 20 витков.

Демонстрация. Модель генератора постоянного тока.

Домашнее задание. У10, § 78(69)*; задачи 78.1, 78.2.

Урок 52 (154). МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ИНФОРМАЦИИ

Задачи урока	Дать представление о принципах магнитной записи информации
Форма урока	Комбинированный урок
Текст учебника	У10. § 79(70). Магнитная запись информации
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Знать о принципах магнитной записи информации Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения Иметь мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять принципы магнитной записи информации. Перечислять носители информации. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения по заданной теме. Перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

Способ магнитной записи информации оказался достаточно надёжным и используется по настоящее время. Даже магнитные ленты, которые, казалось бы, уже вышли из обихода, применяются до сих пор.

Интересна история создания «гибких» носителей информации.

Об историческом опыте Поулсена рассказано в учебнике.

Интересна также и история появления магнитной ленты. Предшественник Поулсена О. Смит в 1888 г. в своей статье описал модификацию метода Поулсена (но не реализовал её практически). В этой работе есть также указание на то, что в качестве звуконосителя может быть использована не только стальная проволока, но и проволока из свинца или латуни, содержащая железные частицы, либо значительно более гибкая шерстяная или шелковая нить, в которую введены магнитные частицы. Тем самым была предложена идея ленты из синтетического материала, содержащего железный порошок.

В СССР в 1921 г. А. Назаришвили и в 1925 г. И. Крейчман предложили изготавливать магнитную ленту путём нанесения на гибкую основу (бумагу, целлу-

лоид, пластмассу) слоя магнитного порошка со значительной коэрцитивной силой, например слоя порошка из карбонильного железа. Результатом этой разработки стал аппарат, названный магнитофоном, впервые показанный на радиотехнической выставке в 1935 г.

Вскоре оказалось, что окись железа превосходит металлические порошки, и сегодня она является почти единственным материалом для магнитной составляющей лент.

Вследствие незначительной стоимости изготовления, хорошей гибкости и некоторых других технических преимуществ магнитная лента из синтетического материала получила широкое применение, тогда как проволока используется в основном для некоторых особых случаев.

В настоящее время магнитные ленты продолжают использоваться в виде ленточных библиотек, так как они имеют значительные преимущества перед дисковым массивом по стоимости и энергопотреблению при больших объёмах хранимых данных.

Так, в 2010 г. были доступны модели ленточных библиотек с ёмкостью до 70 Пбайт при использовании 70 000 кассет.

Ленточной библиотекой называется накопитель на магнитной ленте, поддерживающий работу одновременно с несколькими лентами. Роботизированные ленточные библиотеки могут содержать хранилища с тысячами магнитных лент, из которых робот автоматически достаёт требуемые ленты и устанавливает в одно или несколько устройств чтения-записи. С программной точки зрения такая библиотека выглядит как один накопитель с огромной ёмкостью. Кассеты в ленточной библиотеке идентифицируются специальными наклейками со штрихкодом, который считывает робот.

Недостатком ленточной библиотеки является время произвольного доступа к данным, которое в нормальном режиме функционирования может достигать нескольких минут, а также падение производительности на несколько порядков при увеличении количества различных одновременных запросов более числа наличествующих устройств чтения-записи (когда кассеты оказываются стоящими в очереди к устройству).

Можно предложить учащимся посетить сайт http://fr.academic.ru/pictures/frwiki/83/StorageTek_Powderhorn_tape_library.jpg и посмотреть, как сегодня выглядит ленточная библиотека.

Домашнее задание. У10, § 79(70).

Урок 53 (155). МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Задачи урока	Рассмотреть электрическое и магнитное поля Земли, индукцию магнитного поля, положения магнитных и географических полюсов
Форма урока	Комбинированный урок
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i>	Знать характеристики электрического и магнитного полей Земли, индукцию магнитного поля, положения магнитных и географических полюсов

<i>Метапредметные</i>	Уметь ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства, аргументировать собственную позицию, формулировать выводы и заключения
<i>Личностные</i>	Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки; развить коммуникативную компетентность
Основные виды деятельности учащихся	Объяснять возможные механизмы возникновения магнитного поля Земли. Определять положения южного и северного магнитных полюсов Земли. Находить в Интернете и дополнительной литературе сведения по заданной теме. Анализировать, перерабатывать и предъявлять информацию в соответствии с поставленными задачами

На уроке следует рассмотреть причины возникновения магнитного поля Земли, обратить внимание на то, что магнитное поле Земли неодинаково в различных местах (над большими водными массивами оно больше).

Обсудить проблему смены магнитных полюсов Земли.

Геомагнитное поле Земли

Исследуя электрические и магнитные явления в море, учёные совершенно случайно обнаружили, что у некоторых морских обитателей выработаны условные рефлексы по отношению к сильным электрическим токам. В основном они наблюдаются у рыб при их ориентации в пространстве и определении присутствия в непосредственной близости соседей. У акул, например, имеются специальные чувствительные датчики, которые позволяют с лёгкостью обнаружить добычу.

В 70-х гг. прошлого века активно велись исследования океанов и морей. При измерениях, проводившихся в прибрежной части Баренцева моря, было обнаружено, что разность потенциалов между электродами всегда сильно колебалась около некоторого среднего значения, соответствующего постоянной составляющей напряжённости естественного электрического поля в море, равной 10—20 мВ/км. Амплитуда колебаний переменной составляющей напряжённости электрического поля, обычно равная в исследуемом районе моря нескольким милливольтам на километр, иногда увеличивается до нескольких десятков милливольт на километр (однажды было зафиксировано значение разности потенциалов 90 мВ/км).

В Чёрном море также была зарегистрирована примерно такая же постоянная составляющая напряжённости поля теллурических токов, как и в Баренцевом. Также была отмечена изменяющаяся часть напряжённости поля теллурических токов, превышающая на этот раз постоянную часть (по абсолютной величине) в 2—4 раза (доходящая до 40 мВ/км).

Естественное электрическое поле в твёрдой оболочке Земли (поле так называемых теллурических токов) было обнаружено давно. Давно было известно также и то, что электропроводность морской воды примерно в 100 раз выше, чем электропроводность почвы. Поэтому естественно предположить, что сильные токи могут быть обнаружены в водах океанов и морей, а не в почве.

Возникла гипотеза: а не повинна ли в образовании теллурических токов солнечная корпускулярная активность? (Вспомним о работах А. Л. Чижевского, который доказал, что на очень многие сферы земной жизни влияет солнечная активность.)

Известный российский учёный академик В. В. Шулейкин по этому поводу писал: «...колебания плотности теллурических токов в море, от месяца к месяцу, от года к году, происходят в полном согласии с изменениями корпускулярных потоков».

Установлена связь со значениями магнитного склонения: можно заметить, что над океанами склонение гораздо больше, чем над сушей. Невольно напрашивается мысль об особой роли океанов в создании дополнительного магнитного поля, налагающегося на основное магнитное поле Земли и искажающего его, к чему, собственно, и сводится эффект магнитного склонения.

Довольно долго не была понятна причина, вызывающая искажение основного магнитного поля в океане. Возникло сразу несколько гипотез по этому поводу.

Одна из них заключается в предположении о существовании на дне океанов каких-то возмущающих магнитных масс. Однако оно тотчас же отпадает: ведь при наличии таких масс в точках океана с наиболее резко выраженным искажением основного магнитного поля вертикальная составляющая напряжённости магнитного поля была бы значительна, в то время как в действительности она там равна нулю.

Другая гипотеза: искажение основного магнитного поля в океане, создание широтной составляющей напряжённости земного магнетизма, иными словами, возникновение магнитного склонения, вызванное полем теллурических токов.

Итак, по той или иной причине создаётся основное магнитное поле Земли, ось симметрии которого точно совпадает с осью вращения нашей планеты; теллурические токи в океане и почве создают дополнительное магнитное поле, налагающееся на основное и смещающее тем самым магнитную ось относительно оси вращения планеты на склонение.

Токи, создающие искажающее магнитное поле в центральной Атлантике, почти точно направлены вдоль меридианов с севера на юг. В Тихом океане, наоборот, преобладает направление токов с юга на север (и северо-запад). Есть предположение, что в Мировом океане образуются гигантские вихри токов. Они проходят вокруг материков Европа, Азия, Африка, Северная и Южная Америка и меньший вихрь — вокруг Австралии и Новой Зеландии.

К концу 40-х — началу 50-х гг. прошлого века сложилось довольно чёткое представление об электрическом поле в океанах и морях. Стало ясно, что, хотя электрический ток постоянно проходит по всей земной поверхности, основными путями тока служат океанские и морские воды, а вовсе не суша, куда он отводится лишь в небольшой части: плотность теллурического тока в океанах и морях несоизмеримо больше плотности этого же тока на суше (так, если на суше она обычно не превышает $2 \cdot 10^{-10}$ А/см², то в поверхностных слоях морей нередко достигает $3 \cdot 10^{-6}$ А/см²). Несмотря на это, учёным пришлось признать, что даже столь большая плотность теллурических токов совершенно недостаточна для создания сколько-нибудь значительного магнитного склонения.

Тем не менее изучение теллурических токов продолжалось.

Также пристально изучались и токи, создающие электрические поля в океане, — это так называемые фарадеевские токи.

Предположение о существовании этих токов высказал ещё в 1832 г. великий английский физик Майкл Фарадей, по имени которого они и названы. Он считал, что при движении воды в магнитном поле Земли в ней, как и во всяком проводнике электричества, должна индуцироваться электродвижущая сила. Значение этой ЭДС должно быть прямо пропорционально скорости движения воды и вертикальной составляющей напряжённости земного магнитного поля. Как пример водного потока, движущегося в магнитном поле Земли, Фарадей рассматривал родную ему реку Темзу. Однако отсутствие в то время достаточно точной электроизмерительной аппаратуры не позволило ему обнаружить в Темзе предсказанного им индукционного тока.

Со времён Фарадея электроизмерительная аппаратура, а также приборы для непрерывной регистрации разности потенциалов между отдельными точками в воде значительно усовершенствованы. Поэтому появилась возможность проверить предположения Фарадея, которые оправдались на практике.

Метод, предложенный Фарадеем, известен теперь как **магнитогидродинамический метод** измерения скорости течения жидкости. Он был продемонстрирован М. Фарадеем уже в 1838 г. на реке Темзе. По закону электромагнитной индукции при движении любой среды в магнитном поле в ней индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения и не зависящая от физических свойств среды. По разности потенциалов на электродах, соприкасающихся с жидкостью, можно судить о скорости течения жидкости.

Темы для сообщений

1. Работы М. Фарадея по разработке магнитогидродинамического метода.

2. В. В. Шулейкин — исследователь океана.

Пояснение. При подготовке сообщения можно порекомендовать книгу учёного: Шулейкин В. В. Дни прожитые. — М.: Наука, 1972.

Урок 54 (156). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задачи урока	Закрепить умение выполнять тестовые задания
Форма урока	Выполнение тестовых заданий и анализ их решения
Планируемые результаты обучения <i>Предметные</i> <i>Метапредметные</i> <i>Личностные</i>	Овладеть навыками выполнения тестовых заданий по электродинамике Уметь соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией Обрести готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности
Основные виды деятельности учащихся	Выполнять тестовые задания различной сложности. Планировать собственную деятельность. Оценивать полученные результаты

После выполнения учащимися тестовых заданий в конце главы 8(7) учебника следует обсудить правильные решения и разобрать типичные ошибки.

Домашнее задание. У10, глава 8(7).

===== Физический практикум =====

Уроки 55—59 (157—161)

1. Измерение электрического сопротивления проводников.
2. Измерение мощности электрического тока.
3. Градуировка термомпары.
4. Исследование полупроводникового диода.
5. Измерение индукции магнитного поля Земли.

Резерв времени (10 ч)

Экскурсии (4 ч) (во внеурочное время)

Список музеев, которые можно посетить

1. Политехнический музей
www.museum.ru/M303
2. Музей «Огни Москвы»
www.museum.ru/M382
3. Московский музей образования
www.museum.ru/M504
4. Мемориальный музей-кабинет академика П. Л. Капицы
www.museum.ru/M1632
5. Музей занимательных наук «Экспериментариум»
www.museum.ru/M2948
6. Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН
www.museum.ru/M332
7. Музей истории вычислительной техники
www.museum.ru/M2744
8. Музей льда в Сокольниках
www.museum.ru/M544
9. Музей истории русской почты и Московского почтамта
www.museum.ru/M1705
10. Музей геодезии и картографии
www.museum.ru/M560
11. Музей Мосводоканала
www.museum.ru/M345

Об электронной форме учебника

Электронная форма учебника, созданная АО «Издательство «Просвещение», представляет собой электронное издание, которое соответствует по структуре и содержанию печатному учебнику, а также содержит мультимедийные элементы, расширяющие и дополняющие содержание учебника.

Электронная форма учебника (ЭФУ) представлена в общедоступных форматах, не имеющих лицензионных ограничений для участников образовательного процесса. ЭФУ воспроизводится в том числе при подключении устройства к интерактивной доске любого производителя.

Для начала работы с ЭФУ на планшет или стационарный компьютер необходимо установить приложение «Учебник цифрового века». Скачать приложение можно из магазинов мобильных приложений или с сайта издательства.

Электронная форма учебника включает в себя не только изложение учебного материала (текст и зрительный ряд), но и тестовые задания (тренажёр, контроль) к каждой теме учебника, обширную базу мультимедиа-контента. ЭФУ имеет удобную навигацию, инструменты изменения размера шрифта, создания заметок и закладок.

Данная форма учебника может быть использована как *на уроке в классе* (при изучении новой темы или в процессе повторения материала, при выполнении как самостоятельной, так и парной или групповой работы), так и *во время самостоятельной работы дома, при подготовке к уроку*, для проведения внеурочных мероприятий.

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	7
МЕХАНИКА	22
Кинематика.....	23
Динамика	41
Законы сохранения в механике.....	70
Механические колебания и волны	90
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	101
Основы молекулярно-кинетической теории	—
Основы термодинамики.....	133
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	157
Электростатика.....	—
Постоянный электрический ток	182
Электрический ток в различных средах	200
Магнитные явления.....	211
Список музеев, которые можно посетить.....	236
Об электронной форме учебника.....	237

Учебное издание

Петрова Елена Борисовна
Королев Максим Юрьевич

ФИЗИКА
Поурочные разработки
10 класс

Учебное пособие для общеобразовательных организаций

ЦЕНТР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Руководитель Центра *М. Н. Бородин*

Редакция физики и химии

Зав. редакцией *Н. А. Коновалова*

Ответственный за выпуск *Н. В. Мелешко*

Редакторы *Н. В. Мелешко, Г. Н. Федина*

Младший редактор *Т. И. Данилова*

Художник *М. Е. Савельева*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка *О. С. Ивановой*

Корректор *М. Н. Панфилова*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—
953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 00.00.16.

Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBookCSanPin.

Печать офсетная. Уч.-изд. л. 00,00. Тираж 50 экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано в типографии «Onebook» ООО «Сам Полиграфист».

129090, Москва, Протопоповский пер., 6. Тел.: +7 (495) 545-37-10.

E-mail: info@onebook.ru Сайт: www.onebook.ru

