



Физика

10

Методическое
пособие



Вентана
граф



Алгоритм успеха

Физика

10 класс

Методическое пособие



Москва
Издательский центр
«Вентана-Граф»
2017

УДК 373.5.016:53
ББК 74.262.22
Ф48

Авторы: Синявина А. А., Холина С. А., Кудрявцев В. В.

Физика : 10 класс : методическое пособие / А. А. Синявина,
Ф48 С. А. Холина, В. В. Кудрявцев. — М. : Вентана-Граф, 2017. —
176 с. : ил.

ISBN 978-5-360-07575-2

Методическое пособие адресовано учителям, работающим по учебно-методическому комплекту «Физика. 10 класс» (авторы Л. С. Хижнякова, А. А. Синявина и др.).

Данное пособие включает теоретические основы конструирования содержания курса физики в старшей школе, методические рекомендации к главам учебника, планируемые результаты обучения, поурочные планирования и методические указания по планированию самостоятельных и контрольных работ.

УДК 373.5.016:53
ББК 74.262.22

ISBN 978-5-360-07575-2

© Синявина А. А., Холина С. А.,
Кудрявцев В. В., 2017
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2017

Теоретические основы конструирования содержания авторского курса физики старшей школы

Взаимосвязь научных знаний и методов познания в курсе физики старшей школы

В настоящее время мировым педагогическим сообществом принята новая образовательная парадигма, которая характеризуется новыми ценностями, мотивами, целями, формами, методами и средствами обучения. Ведущими мотивами обучения являются заинтересованность учащихся в непрерывном обучении, саморазвитии и самовоспитании, профессиональном самоопределении, а педагога – во всестороннем развитии личности учащихся.

К основным *целям обучения* в старшей школе относятся:

- формирование у учащихся устойчивой потребности учиться;
- завершение формирования у учащихся целостной и непротиворечивой системы знаний, умений и представлений о природе, обществе и человеке;
- овладение учащимися рядом компетенций (учебной, социальной, гражданской, профессиональной и др.);
- развитие интеллектуальных и творческих способностей учащихся;
- приобщение учащихся к опыту проектной и учебно-исследовательской деятельности и к представлению её результатов, в том числе с использованием средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и современных технических средств обучения (ТСО).

Значительный вклад в их достижение вносит учебный предмет «Физика». Изучение курса физики 10–11 классов (на базовом и углублённом уровнях) направлено на формирование:

- целостной системы научных знаний (понятий, законов, теорий), лежащих в основе современной физической картины мира;
- способов учебной деятельности по овладению научным методом познания, экспериментальными и теоретическими методами исследования, важнейшими методологическими принципами;
- умений применять полученные знания для объяснения физических явлений и процессов, принципов действия экспериментальных установок, технических объектов и бытовых устройств, защиты окружающей среды.

В старшей школе ведущая роль отводится умениям учащихся работать с конкретным учебным материалом, представленным в различных знаковых системах (текст, таблица, схема, график, электронный образовательный ресурс, аудиовизуальный ряд), целенаправленно подбирать сведения для аргументации своей позиции в ходе дискуссий по той или иной учебно-познавательной проблеме, использовать ИКТ для подготовки и реализации проектов и учебных исследований.

В физике основной формой научного знания является *физическая теория*, которая представляет собой взаимосвязанную систему научных знаний и методов исследования. Она определяет деятельность учащихся по достижению планируемых результатов обучения при изучении авторского курса физики старшей школы и содержит следующие концептуальные положения.

- Освоение метода как средства эмпирического или теоретического уровня познания в системе учебного знания — характерная особенность современного школьного физического образования.

В курсе физики основной школы учащиеся знакомились с различными явлениями и процессами, используя эксперимент и моделирование. При обучении физике в 10–11 классах значительное внимание уделено изучению физических теорий и элементов физической картины мира. Учащимся важно показать, что в их основе лежат два взаимосвязанных уровня познания

(эмпирический и теоретический), которые имеют общие методы (анализ, синтез, индукция, дедукция, моделирование), а также общие формы выражения — понятие (включая физическую величину), закон, идея, гипотеза. Этой дидактической задаче посвящена первая глава курса физики 10 класса «Научный метод познания». Содержание этого материала используется для раскрытия остальных тем курса.

Методы эмпирического и теоретического уровней познания определяют структуру содержания учебного материала рассматриваемой физической теории. Во вводной главе курса физики старшей школы описаны структурные элементы физической теории: основание, ядро, выводы (следствия), интерпретация. Их сущность раскрывается при изучении четырёх фундаментальных физических теорий — классической механики, молекулярной физики, электродинамики и квантовой физики.

- Конструирование содержания учебного материала по физике базируется на единстве философских, общенаучных и частнонаучных методов познания, что определяет вариативность видов учебной деятельности по освоению теоретических знаний.

При изучении курса физики старшей школы учащиеся знакомятся с *философскими принципами (методами)*, анализируя исторические этапы развития физической науки, фрагменты работ выдающихся учёных-физиков, противоречия между новыми и старыми физическими теориями, принцип соответствия. *Общенаучные методы* в содержании учебного материала по физике проявляются в виде методов эмпирического и теоретического познания, а также общелогических методов и приёмов исследования (анализ, обобщение, моделирование, вероятностно-статистические методы и др.). При изучении конкретных физических теорий к ним добавляются *частнонаучные методы*. Например, при рассмотрении тепловых явлений учащиеся наблюдают различные явления (диффузия, броуновское движение, тепловое расширение тел), применяют для их описания ряд физических моделей (идеальный газ, термодинамическая система, тепловое равновесие), частнонаучные методы (статистический и термодинамический) и вероятностно-статистические понятия (случайное событие, вероятность случайного события, распределение молекул газа по скоростям).

Условное разделение научных знаний, методов познания и методов исследования позволяет включить в содержание курса физики фронтальные лабораторные работы, работы физического практикума (на углублённом уровне), задания творческого характера, учебные исследования (проекты), дополнительные задания повышенной сложности.

Таким образом, взаимосвязь научных знаний и методов познания заложена в структуре содержания авторского курса. Она проявляется в единстве применения методов познания на эмпирическом и теоретическом уровнях и общелогических методов и приёмов исследования.

|| Концепция содержания курса физики старшей школы

В последней четверти XX в. группой педагогов под руководством В.В. Краевского, И.Я. Лернера и М.Н. Скаткина была разработана одна из ведущих дидактических концепций содержания среднего общего образования. Его главная социальная функция состоит в передаче опыта, накопленного предшествующими поколениями. Установлено, что социальный опыт состоит из четырёх элементов, каждый из которых представляет собой специфический вид содержания образования:

- знания о природе, обществе, технике, человеке, способах деятельности;
- опыт осуществления способов деятельности;
- опыт творческой деятельности, воплощённый в особых интеллектуальных процедурах;
- опыт эмоционально-ценностного отношения к действительности.

На основе указанной дидактической концепции были определены следующие *виды содержания* в авторском курсе физики старшей школы.

1. Объекты изучения физики, понятия (включая физические величины), законы, теории, физическая картина мира, научный метод познания.

В методике обучения физике каждый вид научного знания можно выразить через его элементы, используя *принцип теоретических обобщений*. Так, схема изложения учебного материала о физическом законе отражает составляющие естественнонаучного метода познания: эксперимент, иллюстрирующий связи между физическими величинами → модель физического явления → гипотеза → следствия → примеры практических применений закона → условия применимости закона. Подобный поэлементный анализ для основных форм выражения научного знания (физического закона, теории) широко применяется при изложении учебного материала.

2. Фронтальные лабораторные работы, задания и упражнения.

Этот вид содержания направлен на достижение предметных и метапредметных результатов обучения (например, овладение основными способами учебной деятельности – постановка целей, планирование, самоконтроль, оценка полученных результатов). Фронтальные лабораторные работы можно условно разделить на следующие группы:

- наблюдение физических явлений и процессов, например электромагнитной индукции, свободных колебаний пружинного и математического маятников, интерференции, дифракции и дисперсии света;
- измерение физических величин, характеризующих свойства вещества и электромагнитных излучений, например жёсткости пружины, коэффициента трения скольжения, удельной теплоты плавления льда, показателя преломления стекла, длины световой волны;
- моделирование физических явлений и процессов, например равномерного и равноускоренного прямолинейного движения, термодинамического (теплового) равновесия, преобразований энергии в идеальном колебательном контуре, треков заряженных частиц;
- экспериментальное изучение физических законов, например закона Бойля – Мариотта, закона Ома для цепи переменного тока, закона отражения света;
- измерение некоторых физических констант, например ускорения свободного падения, элементарного электрического заряда;

- сборка и испытание простейших экспериментальных установок и деталей технических приборов, например электромагнита, моделей электродвигателя постоянного тока, трансформатора, камеры-обскуры;
- определение основных характеристик физических приборов (цена деления, пределы измерения, абсолютная инструментальная погрешность и др.), например динамометров, устройств магнитоэлектрической системы (амперметра, вольтметра).

В систему экспериментальных методов входят также методы непосредственной оценки, осциллографический, калориметрический, спектральный, зондовый методы.

Задания и упражнения ориентируют учащихся на понимание, обобщение и систематизацию изученного материала, применение знаний в предложенных и новых ситуациях. На базовом уровне учащиеся решают физические задачи, используя формулы, связывающие физические величины, физические законы, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении. Углублённый уровень позволяет усилить теоретическую составляющую содержания курса за счёт использования творческих заданий и задач повышенной сложности. Их выполнение способствует подготовке учащихся к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по физике, приобретению опыта проектной и учебно-исследовательской деятельности.

3. Индивидуальные теоретические и экспериментальные исследования.

В авторском курсе физики они сформулированы в виде творческих заданий и учебных исследований (проектов) разного типа:

- теоретические и экспериментальные исследования физических процессов и явлений;
- измерение физических величин (в том числе с учётом максимальной абсолютной и относительной погрешностей измерений);
- конструирование экспериментальных установок, моделей технических объектов и испытание их в действии;
- исследование истории развития физики на основе хрестоматийного материала.

Эти задания представляют собой новый вид содержания, формирующий у учащихся опыт самостоятельной деятельности: применять научный метод познания к изучению физических явлений, проводить экспериментальные исследования различных физических объектов, выполнять теоретические обобщения с использованием общенаучных понятий и методологических принципов, работать с различными источниками информации (печатными и электронными), оценивать и обсуждать полученные результаты.

4. Компьютерная поддержка.

Изучение курса физики предполагает использование средств ИКТ. Их применение в учебном процессе позволяет:

- моделировать фундаментальные физические опыты;
- осуществлять диагностику и контроль знаний;
- использовать электронные таблицы для решения задач;
- работать с ресурсами образовательных интернет-сайтов;
- расширить дидактические возможности проведения различных форм учебного физического эксперимента и др.

5. Эмоционально-ценностное отношение к природе и друг к другу.

Данный вид содержания затрагивает экологические проблемы окружающей среды, нормы экологического поведения человека, различные меры предосторожности и правила безопасности. При рассмотрении механики используются законы Ньютона и законы сохранения для обоснования правила перехода улицы с интенсивным движением транспорта (рассчитывается тормозной путь автомобиля с помощью теоремы о кинетической энергии). При изучении молекулярной физики обращается внимание на совершенствование конструкций тепловых двигателей с целью предупреждения вредных выбросов в атмосферу, электродинамики – на электростатические поля большой напряжённости и их воздействие на организм человека, на меры безопасности при обращении с электрическими бытовыми приборами, квантовой физики – на биологическое действие ионизирующего излучения.

Таким образом, в авторском курсе физики старшей школы представлены пять видов содержания. Первый вид содержания во многом определяет содержание всех других видов, так как в

нём используется поэлементный анализ научных знаний и характеристик основных видов деятельности учащихся (на уровне учебных действий).

Опыт творческой деятельности учащихся — новый вид содержания образования по физике

По мнению В.Г. Разумовского, общим признаком учебной и научной систем знаний является *циклический характер творческой деятельности*, который заложен в естественнонаучном методе познания природы (методе Галилея). Его описание приведено во вводной главе курса «Научный метод познания». Процесс научного творчества состоит из следующих звеньев: факты → гипотеза → следствие → эксперимент.

В авторском курсе физики разработана технология исследовательской деятельности в форме системы заданий для углублённого уровня. Характеристики исследовательского процесса представлены в таблице.

Характеристики исследовательского процесса	Уровни исследования	
	Эмпирический	Теоретический
Цель исследования	Описание явления	Объяснение явления, прогнозирование новых явлений
	Овладение такими эмпирическими методами, как наблюдение, классификация, сравнение, измерение, эмпирическое моделирование	Овладение такими теоретическими методами, как теоретическое моделирование, аналогия, мысленный эксперимент

Характеристики исследовательского процесса	Уровни исследования	
	Эмпирический	Теоретический
Объект исследования	Физическое явление, физическое тело, вещество, физическое поле	
Формы выражения научного знания	Эмпирические обобщения, научные факты	Понятия, физическая теория, физическая картина мира
Общие формы выражения научного знания	Закон, идея, гипотеза	
Общелогические приёмы и методы	Анализ, синтез, индукция, дедукция, интерпретация	
Оценка, самооценка и интерпретация результатов исследования	<p>Качественная оценка:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оценка собственных возможностей и личностных интересов при выборе профессии; • обсуждение достижений классической и современной физики, вклада отечественных и зарубежных учёных в освоение космического пространства, развитие телевидения, радиосвязи, ядерной энергетики; • анализ истории открытия физических явлений и законов, развития физических теорий, становления физической картины мира (механической, электродинамической, квантово-статистической); • объяснение наблюдаемых явлений на основе физических теорий. <p>Количественная оценка:</p> <ul style="list-style-type: none"> • измерение физических величин с учётом максимальной абсолютной и относительной погрешностей прямых и косвенных измерений; • определение интервала, в пределах которого находится истинное значение измеряемой физической величины. 	

Характеристики исследовательского процесса	Уровни исследования	
	Эмпирический	Теоретический
	Интерпретация результатов исследования: <ul style="list-style-type: none"> • объяснение физических основ действия различных экспериментальных установок, технических объектов; • установление границ применимости физических законов и теорий; • обсуждение результатов выполненных работ физического практикума, учебных проектов (исследований), творческих заданий, заданий повышенной сложности; • обобщение полученных результатов исследования на основе общенаучных понятий (категорий) в рамках физической картины мира 	

В авторском курсе физики технология исследовательской деятельности представлена в виде системы заданий повышенной сложности, творческих заданий, заданий для проектной деятельности, работ физического практикума. Она позволяет организовать учебный процесс по физике на основе научного метода познания, общих познавательных приёмов и методов, постановки учебно-познавательных проблем, требующих от учащихся применения исследовательских навыков.

Структура и содержание учебного материала

Вводная глава содержит учебный материал о методах в физике, организующих и регулирующих процесс научного познания того или иного объекта исследования – физического явления, тела, вещества, физического поля. Научным методом опытного познания природы является естественнонаучный метод, или метод Галилея (§ 2). В его структуре можно выделить следующие элементы: опытные факты → гипотеза → следствия → эксперимент. С сущностью этого метода учащиеся познакомились при изучении свободного падения тела в курсе физики основной школы.

На с. 14 приведена содержательная схема изучения главы «Научный метод познания»*. В 10 классе особое внимание уделяется теоретическим методам познания (§ 1) и фундаментальным физическим теориям (§ 4), которые представляют собой теоретические обобщения более высокого уровня. Каждая физическая теория имеет свои методы и предметную область исследования. Тем не менее в её структуре можно выделить определённые составляющие – основание, ядро, выводы (следствия), интерпретация. В содержание физической теории входят эмпирические методы познания, образующие её основание (эмпирический базис), а также понятия, величины и модели. Ядро теории, её выводы (следствия) позволяют интерпретировать результаты исследования, предсказывать новые факты, устанавливать границы приме-

* При изложении курса физики старшей школы рекомендуется использовать содержательные схемы изучения глав, приведённые в методических пособиях для 7–9 классов.

нимости физических законов. К важнейшим методам физики относятся метод моделирования и измерение физических величин с помощью приборов. Их сущность рассматривалась при изучении курса физики основной школы. Новым является учебный материал о теоретических моделях (§ 3), которые можно условно разделить на четыре вида: макромодел, микромодел, математические модели, квантовые модели.



Формирование основных видов учебной деятельности, например измерение физической величины (§ 5), включает в себя следующие структурные элементы: объект, состояние которого характеризует измеряемая величина → единица этой величины → технические средства измерения, проградуированные в выбранных единицах → метод измерения → наблюдатель (или регистрирующие устройства), воспринимающий результат измерения → полученное значение измеряемой величины и оценка его отклонения от истинного значения, т. е. определение погрешности измерения. Погрешности измерений выражают в единицах измеряемой величины, или в относительных единицах.

Описанию метода измерений предшествует повторение учебного материала из курса физики основной школы. С учащимися необходимо рассмотреть основные и производные единицы физических величин, Международную систему единиц (СИ), важнейшие характеристики шкал измерительных приборов (пределы измерений, цена деления), виды (прямые и косвенные) и погрешности (максимальная абсолютная погрешность прямого измерения, абсолютная инструментальная погрешность, абсолютная погрешность отсчёта, относительная погрешность) измерений.

Важно подчеркнуть, что физические величины измеряются всегда с определённой погрешностью, т. е. результат любого измерения всегда приближённый. Формулы для расчёта относительной погрешности косвенных измерений (таблица 3 учебника) приводятся без вывода и используются при углублённом изучении курса физики.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- обсуждать объекты изучения физики и приводить их примеры;
- распознавать основные формы выражения научного знания;
- формулировать основные цели эмпирического и теоретического методов познания природы;
- рассматривать общие логические формы выражения эмпирического и теоретического методов познания природы;
- описывать схему естественнонаучного метода познания (метода Галилея) и применять его к исследованию свободного падения тел;
- наблюдать и объяснять физические явления и процессы (выделять явление из других наблюдаемых явлений, фиксировать изменения свойств объектов, оценивать результаты экспериментальных исследований);
- моделировать физические явления и процессы;
- выделять фундаментальные физические теории (разделы физики);
- приводить примеры основных и производных единиц СИ;
- определять важнейшие характеристики шкал измерительных приборов;
- измерять физические величины с учётом максимальной абсолютной погрешности и относительной погрешности прямого измерения.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- рассматривать структурные элементы физической теории;
- анализировать взаимосвязь эмпирического и теоретического методов познания природы;

- распознавать материальные и теоретические модели в физике;
- приводить примеры теоретических моделей в физике;
- понимать причины возникновения абсолютной инструментальной погрешности, абсолютной погрешности отсчёта и относительной погрешности измерения;
- различать прямые и косвенные методы измерений физических величин;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по измерению физических величин и применению физических методов исследования.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- обсуждать значение метода Галилея для развития физической науки;
- выдвигать гипотезы при исследовании физических явлений и процессов;
- приводить примеры структурных элементов классической механики, электродинамики, молекулярной и квантовой физики;
- рассчитывать максимальную абсолютную и относительную погрешности косвенных измерений физических величин;
- решать задачи на применение научного метода познания.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал о физических явлениях, законах, теориях;

- приводить примеры практического использования физических знаний о научном методе познания;
- интерпретировать физические теории на основе идей, понятий, законов и принципов, входящих в физическую картину мира;
- находить адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешать проблему на основе имеющихся знаний о методах в физике с использованием математического аппарата и оценивать реальность полученного значения физической величины.

Поурочное планирование

Базовый уровень

В таблицах поурочного планирования всех глав учебника используется единая система символов: ПРЗ – примеры решения задач из учебника, ЗУ – задания и упражнения из учебника, ТЗ – задания творческого характера из учебника, ЗПС – задания повышенной сложности из рубрики «Дополнительные задания повышенной сложности» учебника, ДЧ – сведения из рубрики «Материал для дополнительного чтения» учебника, ФЛР – фронтальные лабораторные работы.

При базовом изучении курса физики 10 класса можно использовать два варианта тематического планирования: вариант I (2 часа в неделю) и вариант II (3 часа в неделю)*. В таблицах поурочного планирования в квадратных скобках указаны номера уроков и задания, предназначенные для дополнительного изучения (вариант II).

Поурочное планирование главы «Научный метод познания» рассчитано на 3 часа (вариант I). Увеличение учебного времени до 4 часов (вариант II) возможно за счёт дополнительного урока решения задачи. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Физика и уровни познания природы	§ 1 ЗУ: 1, 2 [ТЗ]	§ 1 ЗУ: 3, 4

* Тематическое планирование курса физики 10 класса приведено в издании: Физика : рабочая программа : 10–11 классы / Л.С. Хижнякова, А.А. Синявина, В.В. Кудрявцев и др. – М. : Вентана-Граф, 2017. – 182 с.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	Естественнонаучные методы изучения природы	§ 2 ЗУ: 3 [ТЗ]	§ 2 ЗУ: 1, 2
2	Метод моделирования. Физические теории	§ 3 ЗУ: 1, 2 [ТЗ] § 4 ЗУ: 3, 5	§ 3 ЗУ: 3, 4 § 4 ЗУ: 1, 2
3	Измерение физических величин. Международная система единиц	§ 5 ЗУ: 1, 3	§ 5 ЗУ: 2 «Самое важное в главе»
[4]	Решение задач	§ 4 ЗУ: 4 § 5 ЗУ: 4 [ТЗ]	

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Научный метод познания» рассчитано на 6 часов. Из них на изучение нового материала отводится 4 часа, на решение задач – 1 час, на проведение самостоятельной работы – 1 час. Значительное внимание следует уделить расчёту максимальной абсолютной и относительной погрешностей косвенных измерений физических величин.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Физика и уровни познания природы	§ 1 ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 1 ЗУ: 3, 4
2	Естественнонаучные методы изучения природы. Метод моделирования	§ 2 ЗУ: 3 ТЗ § 3 ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 2 ЗУ: 1, 2 § 3 ЗУ: 3, 4
3	Физические теории	§ 4 ЗУ: 3, 5	§ 4 ЗУ: 1, 2
4	Измерение физических величин. Международная система единиц	§ 5 ЗУ: 1, 3	§ 5 ЗУ: 2, 5*
5	Решение задач	§ 4 ЗУ: 4 § 5 ЗУ: 4, 6* ТЗ	«Самое важное в главе»
6	Самостоятельная работа		

МЕХАНИКА

Глава 2

ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

Структура и содержание учебного материала

В авторском курсе физики изучение основ классической механики осуществляется в три этапа. На первом этапе (в курсе физики 7 класса) учащиеся познакомились с основными понятиями кинематики и динамики для одномерного механического движения тела (материальной точки) вдоль (или против) положительного направления выбранной координатной оси, с основной задачей механики. При этом координатный метод использовался для анализа частных случаев прямолинейного движения тела. На втором этапе (в курсе физики 9 класса) учащиеся рассматривали применение координатного метода к описанию движения тела на плоскости, алгоритмического метода к решению задач по кинематике, динамике и на законы сохранения в механике, а также наблюдали и объясняли колебательные и волновые процессы в механике. Значительное внимание было уделено графическому изображению функциональных зависимостей между физическими величинами. На третьем этапе (в курсе физики 10 класса) содержание учебного материала по кинематике расширяется за счёт включения следующих дидактических единиц: идеи относительности механического движения тела в пространстве, перехода от векторной записи уравнений движения тела к скалярной, знакомства с теоретическим (математическим) методом (дифференциальным исчислением), основы которого будут изложены в курсе математики. Кроме того, выводится формула определения центростремительного ускорения и устанавливается связь периодического движения с прямолинейным движением с помощью координатного метода.

Для исследования механического движения тел в заданной системе отсчёта используют такие эмпирические и теоретические методы кинематики, как физический эксперимент, теоретические обобщения на уровне физических понятий, метод моделирования, координатный метод, векторный способ описания физических величин, метод предельного перехода.

Ниже приведена содержательная схема изучения главы.



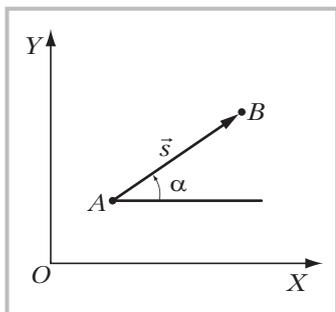


Рис. 1

В § 6 приводятся основные понятия механики, характеризующие особенности равномерного прямолинейного движения и состояние покоя тела в рассматриваемой системе отсчёта. Важно отметить, что векторный и координатный методы описания механического движения взаимосвязаны. Проекции радиуса-вектора на координатные оси в любой момент времени равны координатам тела в этот момент времени.

Относительность траектории механического движения тела можно наблюдать с помощью диска, катящегося параллельно плоскости доски (см. рис. 13 учебника).

В методике обучения физике существуют различные подходы к введению понятия проекции векторных величин на координатные оси. Например, проекцию рассматривают как алгебраическую величину, которая определяется выражением $s_x = s \cos \alpha$, где s_x – проекция вектора \vec{s} перемещения на ось X, s – модуль вектора, т. е. его длина, α – угол, отсчитываемый от положительного направления оси против часовой стрелки до направления вектора (рис. 1). Проекции вектора – это алгебраические величины, имеющие положительный или отрицательный знак. Когда вектор \vec{s} параллелен оси (при прямолинейном движении), угол α может быть равен либо 0° , либо 180° и соответственно $\cos \alpha = 1$ или $\cos \alpha = -1$. В этом случае $s_x = \pm s$.

В § 7 главы обсуждается относительность механического движения на примере движения сплавщика относительно двух инерциальных систем отсчёта, связанных с берегом реки и плотом. Зависимость перемещения и скорости от выбора системы отсчёта следует из эксперимента и может быть выражена с помощью векторных или скалярных физических величин. При этом необходимо получить формулу преобразования скоростей движения тела при переходе от одной системы отсчёта к другой.

Важнейшие характеристики неравномерного движения (средняя и мгновенная скорости) описаны в § 8. Схема изложения учебного материала о средней скорости состоит из следующих элементов: средняя скорость – физическая величина,

характеризующая неравномерное движение \rightarrow модель объекта (материальная точка) \rightarrow формула определения $\left(\bar{v}_{\text{cp}} = \frac{\bar{s}}{\Delta t}\right)$ \rightarrow физический смысл величины \rightarrow единица измерения в СИ \rightarrow способ измерения \rightarrow примеры использования в физике и технике. Физический смысл средней скорости раскрывается на примере неравномерного движения автомобиля по горизонтальному участку шоссе.

Технология формирования понятия мгновенной скорости включает несколько действий: наблюдения за изменениями показаний спидометра автомобиля, которые показывают, что автомобиль движется неравномерно и его скорость изменяется от точки к точке траектории, от одного момента времени к другому; введение понятия мгновенной скорости.

Формула её определения не вводится, так как у учащихся нет соответствующей математической подготовки.

При изложении учебного материала об ускорении (§ 9) рекомендуется воспользоваться следующей схемой: ускорение – физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости \rightarrow модель объекта (материальная точка) \rightarrow формула определения $\left(\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}\right)$ \rightarrow физический смысл величины \rightarrow единица измерения в СИ \rightarrow способ измерения \rightarrow примеры использования в физике и технике.

В качестве примера равноускоренного движения рассматривается свободное падение. Для его наблюдения можно использовать стробоскопическое освещение (рис. 2). Для освещения капель над краем устанавливают электронный стробоскоп, настроенный на частоту около 10 вспышек в секунду. Изменяя частоту вспышек стробоскопа,

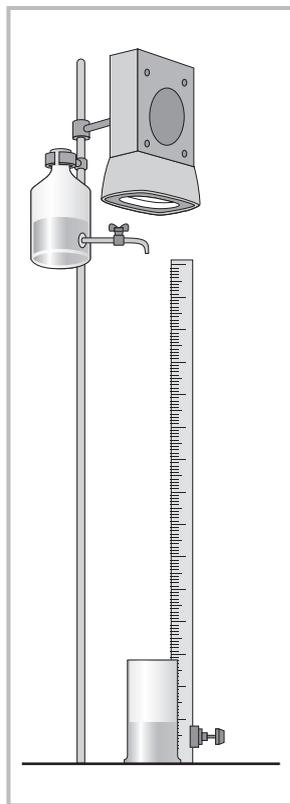


Рис. 2

можно регулировать кажущиеся движения капель. При этом изменяется расстояние между каплями. Когда капли медленно движутся вверх относительно линейки, можно наблюдать момент, в который верхняя капля как бы достигает крана. Важно показать, что расстояния между каплями пропорциональны ряду нечётных чисел, при условии что модуль начальной скорости равен нулю.

Изложение учебного материала о перемещении при равноускоренном прямолинейном движении (§ 10) начинается с изучения графика зависимости проекции скорости движения тела от времени. Отметим, что в курсе физики 7 класса формула определения проекции перемещения тела была выведена на основе следующего свойства: средняя скорость равноускоренного движения равна среднему арифметическому значений начальной и конечной скоростей движения тела.

В курсе физики 10 класса, используя метод предельного перехода, по графику определяется проекция перемещения тела за достаточно малый промежуток времени. В этом случае модуль скорости тела практически не изменяется, а движение можно считать равномерным. Из анализа графика следует, что проекция перемещения тела численно равна площади фигуры (трапеции). Подставляя необходимые данные в формулу определения площади трапеции, можно получить следующее выражение:

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

В § 11 описывается криволинейное движение, простейшим примером которого является равномерное движение тела (материальной точки) по окружности. Новым учебным материалом является вывод формулы определения центростремительного ускорения с помощью метода предельного перехода. В курсе физики 9 класса эта формула была получена на основе эксперимента с вращающимся диском. Вывод о том, что координаты тела изменяются по законам синуса и косинуса, будет использован при рассмотрении колебательного движения в курсе физики 11 класса.

При изучении главы проводятся несколько фронтальных лабораторных работ: «Измерение модуля ускорения тела при

равноускоренном прямолинейном движении» (ФЛР 1.1), «Исследование равноускоренного прямолинейного движения на модели» (ФЛР 1.2), «Исследование равномерного движения тела по окружности» (ФЛР 1.3), «Исследование движения тела, брошенного горизонтально» (ФЛР 2.1). Их описание приведено в учебнике.

На базовом уровне выполняются ФЛР 1.1 и 1.3 (для варианта I тематического планирования) и ФЛР 1.1, 1.2 и 1.3 (для варианта II тематического планирования), на углублённом уровне — все указанные работы. Отметим, что в ФЛР 1.3 используется второй закон Ньютона. Подобная пропедевтика позволит придать этой лабораторной работе исследовательский характер и подготовить учащихся к изучению вопросов динамики.

Нумерация фронтальных лабораторных работ двойная. Первый номер указывает на тип работы: 1 — фронтальная (её описание приведено в учебнике); 2 — дополнительная (проводится за счёт резерва учебного времени); 3 — работа физического практикума (выполняется только при углублённом изучении курса физики). Второй номер в нумерации указывает на порядок следования работы.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- применять координатный и векторный способы описания механического движения тела;
- выделять главные признаки таких физических моделей, как: материальная точка и абсолютно твёрдое тело;
- использовать физическую величину — пройденный путь — для характеристики длины траектории движения тел;
- рассматривать движение тела (материальной точки) в плоскости XU и равномерное прямолинейное движение тела по гладкой горизонтальной поверхности;
- изучать основные физические величины, характеризующие механическое движение тел, — перемещение, скорость, ускорение;
- выражать перемещение тела через проекции его вектора на координатные оси X и U и через приращение радиуса-вектора;
- формулировать правило определения знака проекции векторной величины;
- записывать формулу определения скорости равномерного прямолинейного движения, уравнение равномерного прямолинейного движения тела в проекциях на координатную ось X ;
- наблюдать относительность механического движения, равномерное и равноускоренное прямолинейное движение тела;
- формулировать закон сложения (преобразования) скоростей и записывать его математическое выражение;
- представлять результаты измерений и вычислений в виде уравнений (формул), графиков, таблиц;
- рассматривать важнейшие характеристики неравномерного движения — среднюю и мгновенную скорости;

- записывать формулы определения средней скорости неравномерного движения, ускорения, скорости (в векторной форме и в проекциях на координатную ось X), перемещения тела (в проекциях на координатную ось X) при равноускоренном прямолинейном движении;
- объяснять направление вектора мгновенной скорости неравномерного движения тела в данной точке на основе опыта;
- изучать особенности равноускоренного прямолинейного движения на примере свободного падения тел;
- приводить значение модуля ускорения свободного падения тел вблизи поверхности Земли и указывать направление его вектора;
- измерять модуль ускорения тела, движущегося по жёлобу (направляющей рейке);
- анализировать графики зависимости координаты, проекции перемещения и проекции скорости движения тела от времени при равномерном и равноускоренном прямолинейном движении;
- приводить примеры прямолинейного и криволинейного движений тел, различать прямолинейные и криволинейные движения в зависимости от формы траектории;
- рассматривать движение тела (материальной точки) по окружности с постоянной по модулю скоростью;
- понимать смысл основных физических величин, характеризующих равномерное движение тела по окружности: угла поворота, периода и частоты обращения, угловой скорости, линейной скорости, центростремительного ускорения;
- записывать формулы определения периода и частоты обращения, угловой скорости, модуля линейной скорости и модуля центростремительного ускорения тела, движущегося равномерно по окружности;
- указывать направление вектора центростремительного ускорения тела;
- измерять модуль центростремительного ускорения тела, движущегося равномерно по окружности, и исследовать его зависимость от радиуса окружности;
- рассматривать координатный способ описания движения тела (материальной точки) по окружности с постоянной по модулю скоростью;

- использовать формулы, связывающие основные величины кинематики, при решении физических задач.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- анализировать поступательное и вращательное движение, используя физические модели – материальную точку и абсолютно твёрдое тело;
- обсуждать зависимость формы траектории движения тела от выбора системы отсчёта;
- рассматривать движение тела (сплавщика) относительно двух инерциальных систем отсчёта, связанных с берегом реки и плотом;
- описывать аналитический, графический и табличный способы выражения функциональных зависимостей между физическими величинами и применять их к изучению равномерного прямолинейного движения тела;
- формулировать основную задачу механики и решать её для равномерного и равноускоренного прямолинейного движения;
- наблюдать свободное падение тел с помощью трубки Ньютона и анализировать его стробоскопическую запись;
- исследовать равноускоренное прямолинейное движение тела на модели;
- использовать графический метод определения проекции перемещения тела при равноускоренном прямолинейном движении;
- строить графики зависимости координаты, проекции перемещения и проекции скорости движения тела от времени при равномерном и равноускоренном прямолинейном движении;
- анализировать уравнение равномерного прямолинейного движения и уравнение равноускоренного прямолинейного движения тела в проекциях на координатную ось X , формулы определения проекций скорости и перемещения тела при равноускоренном прямолинейном движении;
- выражать проекцию перемещения тела при равноускоренном прямолинейном движении через проекции начальной и конечной скоростей движения и проекцию ускорения тела;

- показывать, что любую сложную кривую на небольшом участке траектории можно заменить дугой окружности;
- определять положение тела, равномерно движущегося по окружности, с помощью радиуса-вектора и угла его поворота;
- приводить различные формулы определения модуля центростремительного ускорения тела;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные величины кинематики, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по кинематике.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутому планируемому результату обучения базового уровня учащийся научится:

- выдвигать гипотезы при исследовании равномерного и равноускоренного прямолинейного движения тела, равномерного движения тела по окружности;
- исследовать экспериментально зависимость формы траектории движения тела от выбора системы отсчёта;
- различать относительные и абсолютные (инвариантные) величины в физике;
- анализировать метод предельного перехода при изучении мгновенной скорости неравномерного движения тела;
- исследовать движение тела, брошенного горизонтально;
- объяснять вывод формулы определения модуля центростремительного ускорения тела;
- строить, анализировать и сопоставлять графики движения тел.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал о понятиях, физических величинах и уравнениях кинематики;
- приводить примеры практического использования физических знаний о кинематике;
- решать физические задачи повышенной сложности по кинематике: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Основы кинематики» рассчитано на 8 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 5 часов, на решение задач – 1 час, на проведение ФЛР 1.1 и 1.3 – 2 часа. Увеличение учебного времени до 13 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 6, дополнительных уроков решения задач и дополнительной ФЛР 1.2. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1 [1–2]	Механическое движение. Перемещение. Скорость	§ 6 ЗУ: 1, 2 [ТЗ]	§ 6 ЗУ: 4
2 [3]	Относительность механического движения	§ 7 ЗУ: 3	§ 7 ЗУ: 1, 4
[4]	Решение задач	§ 6 ЗУ: 3 § 7 ЗУ: 2 [ТЗ]	§ 7 ЗУ: 5
3 [5]	Средняя скорость при неравномерном движении. Мгновенная скорость	§ 8 ЗУ: 1, 2	§ 8 ЗУ: 4
4 [6]	Ускорение	§ 9 ЗУ: 2, 3	§ 9 ЗУ: 1

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
4 [7]	Перемещение при равноускоренном прямолинейном движении	§ 10 ЗУ: 3, 4	§ 10 ЗУ: 1, 2
[8]	Решение задач	§ 8 ЗУ: 5 [ТЗ] § 9 ЗУ: 5 [ТЗ]	§ 8 ЗУ: 3 § 9 ЗУ: 4
5 [9]	Криволинейное движение. Равномерное движение по окружности	§ 11 ЗУ: 1, 3	§ 11 ЗУ: 2
6 [10]	ФЛР 1.1		
7 [11]	ФЛР 1.3		«Самое важное в главе»
[12]	ФЛР 1.2		
8 [13]	Решение задач	§ 10 ЗУ: 5 [ТЗ] § 11 ЗУ: 4* [ТЗ]	

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Основы кинематики» рассчитано на 16 часов. Из них на изучение нового материала отводится 9 часов, на решение задач – 3 часа, на выполнение ФЛР 1.1, 1.2, 1.3 и 2.1 – 3 часа, на проведение контрольной работы № 1 – 1 час. Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. В поурочном планировании ЗПС, представленные в рубрике «Дополнительные задания повышенной сложности» учебника, пронумерованы. Для рассматриваемой главы из раздела «Механика» используются ЗПС: 1, 2.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1–2	Механическое движение. Система отсчёта. Способы описания движения. Траектория движения. Путь. Перемещение. Равномерное прямолинейное движение. Скорость	§ 6 ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 6 ЗУ: 4
3	Относительность механического движения. Закон сложения (преобразования) скоростей. Относительные и инвариантные величины. Графики движения	§ 7 ЗУ: 2, 3	§ 7 ЗУ: 1, 4
4	Решение задач	§ 6 ЗУ: 3, 5* § 7 ЗУ: 6* ТЗ	§ 7 ЗУ: 5

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
5	Средняя скорость при неравномерном движении. Мгновенная скорость. Мгновенная скорость при прямолинейном и криволинейном движении	§ 8 ЗУ: 1–3	§ 8 ЗУ: 4
6–7	Равноускоренное прямолинейное движение. Ускорение. Свободное падение тел. Перемещение при равноускоренном прямолинейном движении	§ 9 ЗУ: 1, 2 § 10 ЗУ: 3, 4	§ 9 ЗУ: 3 § 10 ЗУ: 1, 2
8	Решение задач	§ 8 ЗУ: 6* ТЗ § 9 ЗУ: 4 § 10 ЗУ: 5 ТЗ	§ 8 ЗУ: 5 § 9 ЗУ: 5
9–10	Криволинейное движение. Угловая скорость. Равномерное движение по окружности. Центростремительное ускорение. Координатный способ описания движения тела по окружности с постоянной по модулю скоростью	§ 11 ЗУ: 1, 3	§ 11 ЗУ: 2

Окончание

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
11	Решение задач	§ 11 ЗУ: 4, 5* ТЗ	
12	ФЛР 1.1, ФЛР 1.2		
13	ФЛР 1.3		
14	ФЛР 2.1		§ 9 ТЗ
15	Решение задач	ЗПС: 1, 2	«Самое важное в главе»
16	Контрольная работа № 1		

Структура и содержание учебного материала

На с. 40 приведена содержательная схема изучения главы. Ядро классической механики составляют законы Ньютона, принцип суперпозиции сил, принцип относительности Галилея, гравитационная постоянная, законы сохранения импульса и полной механической энергии. Законы и принципы механики позволяют составить уравнения движения тел (материальных точек) по известным силам, действующим на них, и описать механическое движение и взаимодействие тел в инерциальных системах отсчёта. Тем самым проявляется причинно-следственная связь, вытекающая из законов Ньютона: сила – причина ускоренного движения тела. Фундаментальными понятиями динамики являются масса и сила. Одна из содержательных особенностей авторского курса физики состоит в том, что сначала экспериментально вводится понятие массы тела (после первого закона Ньютона), а затем понятие силы и второй закон Ньютона. Такой методический подход позволяет установить динамический характер силы, раскрыть физический смысл массы и рассмотреть способы её измерения.

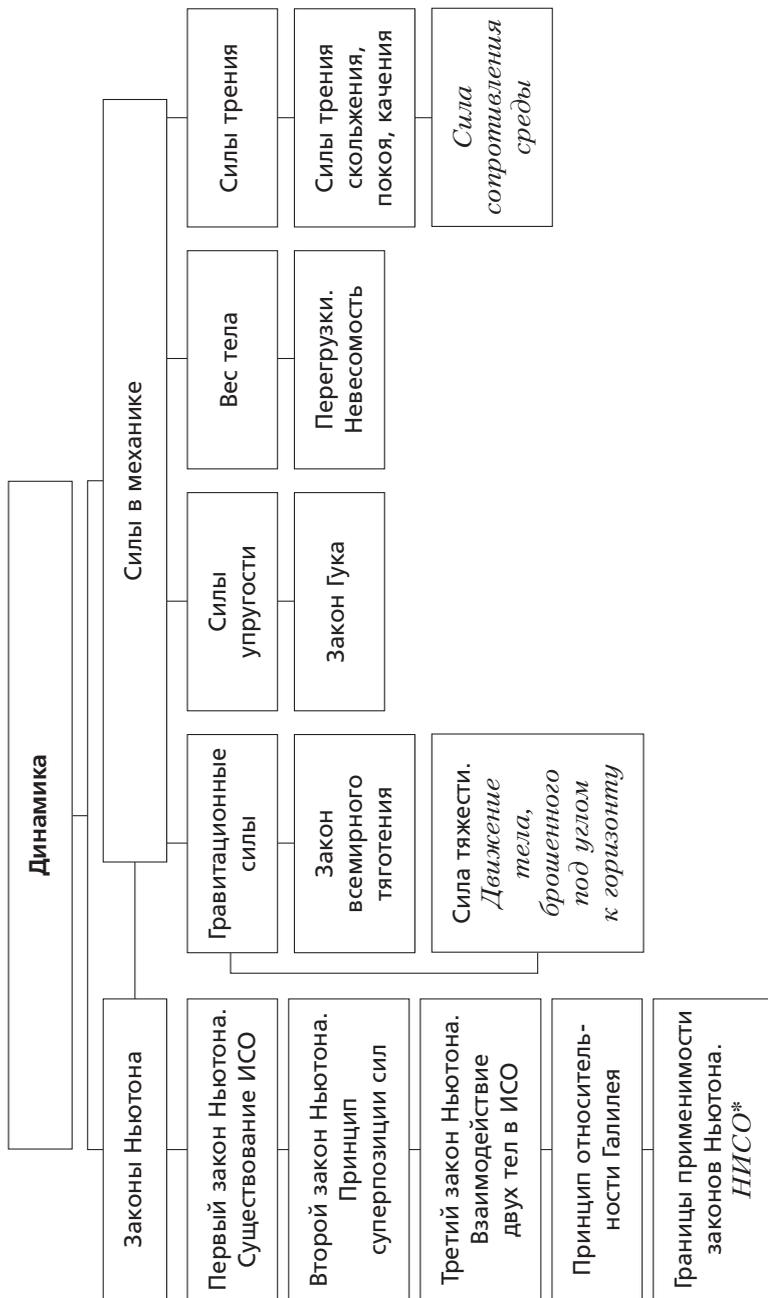
При изучении § 12 получает дальнейшее развитие идея относительности механического движения. Г. Галилей, проводя опыты по исследованию движения тел по наклонным плоскостям и анализируя их результаты, установил закон (принцип) инерции. Как обобщение экспериментальных фактов формулируется вывод о существовании в классической механике двух классов систем отсчёта – инерциальных (ИСО) и неинерциальных (НИСО). Значительное внимание следует уделить описанию примеров НИСО (например, ускоренное движение пасса-

жиров относительно стенок автобуса, совершающего резкое торможение, относительно карусели все движущиеся тела на Земле совершает ускоренное движение). Их анализ позволяет прийти к следующему выводу: в НИСО никаких внешних воздействий, вызвавших ускоренное движение тел, обнаружить нельзя.

В § 13 на основе опыта по взаимодействию вращающихся металлических цилиндров, надетых на стержень центробежной машины, можно обнаружить свойство, присущее всем телам, — инертность. В силу того что ускорение \vec{a} связано с промежутком времени Δt , в течение которого тела взаимодействуют друг с другом, можно сделать вывод, что инертность — это свойство тела, состоящее в том, что для изменения скорости его движения требуется некоторое время.

В § 14 рассмотрен второй закон Ньютона — основной закон динамики. Сначала вводится векторная физическая величина — сила. В общем случае сила \vec{F} зависит от координат тела, т. е. радиуса-вектора \vec{r} , его скорости \vec{v} и времени t . В школьном курсе физики рассматривается частный случай — равноускоренное движение тел под действием постоянной силы. С учащимися важно обсудить принцип суперпозиции, который используется в механике, электродинамике и термодинамике. Он выступает в качестве модели теоретического объяснения сложения сил. В основе принципа суперпозиции сил лежит теоретическое положение о том, что каждая сила сообщает телу одно и то же ускорение независимо от того, действует ли только один источник сил или все n источников одновременно. Затем необходимо сформулировать второй закон Ньютона с учётом этого принципа.

При этом следует записать выражение второго закона Ньютона в проекциях на координатные оси: $ma_x = F_x$, $ma_y = F_y$, $ma_z = F_z$. Эти уравнения представляют собой уравнения движения тела по координатным осям. Если проекция ускорения тела (материальной точки) на координатную ось известна, то можно найти проекцию суммы всех действующих на него сил (равнодействующей силы) на ту же ось. И наоборот, если проекция суммы всех действующих на тело сил (равнодействующей силы) известна, то можно определить проекцию его ускорения на эту ось.



* Курсивом выделен материал, предназначенный для углублённого изучения.

В § 15 при рассмотрении третьего закона Ньютона используется фрагмент книги «Математические начала натуральной философии», описывающий различные примеры взаимодействий двух тел. При этом рекомендуется также обратиться к опыту, который использовался при введении понятия массы (рис. 43 учебника). После изучения понятия силы и второго закона Ньютона результаты этого опыта можно записать в виде:

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2, \text{ т. е. } \vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Завершение данного параграфа обсуждается один из фундаментальных законов природы — принцип относительности Галилея. Из него делается вывод: законы Ньютона выполняются во всех ИСО. При углублённом изучении курса физики необходимо показать, что в НИСО законы Ньютона не действуют.

В § 16 представлен закон всемирного тяготения, определяющий гравитационную силу двух взаимодействующих тел (материальных точек). При его изложении важно опираться на историко-физический материал, законы Кеплера и законы Ньютона. Для того чтобы записать закон всемирного тяготения в математическом виде, следует рассмотреть опыт Кавендиша по определению гравитационной постоянной и установить её физический смысл. Важно также обсудить значение этого закона в истории науки и границы применимости формулы $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.

Отметим, что в 2007 г. в Центре экспериментальной ядерной физики и астрофизики Вашингтонского университета был проведён эксперимент по проверке закона всемирного тяготения на расстояниях от 55 мкм до 9,53 мм. С учётом погрешностей эксперимента в исследованном диапазоне расстояний отклонений от этого закона обнаружено не было.

При углублённом изучении курса физики в качестве примера движения тел под действием гравитационной силы (силы тяжести) описано движение тела, брошенного под углом к горизонту. Решение задачи о снаряде, вылетевшем из пушки под углом α к горизонту с начальной скоростью \vec{v}_0 , рассматривается для случая свободного падения. Учащиеся находят формулы для определения времени подъёма снаряда до высшей точки траектории, максимальной высоты его подъёма и дальности полёта снаряда.

В § 17 приведён учебный материал, посвящённый силам упругости и закону Гука. При его изложении учащиеся выполняют следующие виды учебной деятельности: обсуждение механической деформации тел и причин её появления → наблюдение возникновения сил упругости при различных видах деформации (растяжении, сжатии, кручении, изгибе) → экспериментальное исследование зависимости силы упругости от удлинения тела (пружины) → изучение экспериментально полученного графика зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины → анализ результатов эксперимента → формулировка и математическое выражение закона Гука → определение границ применимости этого закона (выполняется при малых упругих деформациях).

С учащимися важно обсудить направления векторов сил упругости при растяжении, сжатии и в других случаях. При углублённом изучении курса физики учащиеся знакомятся с проявлением упругих свойств в жидких и газообразных телах.

В § 18 приводится система физических задач на анализ движения тела, находящегося в кабине лифта и движущегося с ускорением, вектор которого направлен вертикально вниз или вертикально вверх. В этих случаях модули веса тела и силы тяжести не равны друг другу. Увеличение модуля веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса, называют коэффициентом перегрузки (перегрузкой). Для характеристики этого явления вводится понятие коэффициента перегрузки, указываются его предельно допустимые значения для тренированного спортсмена и при разгоне ракеты-носителя.

В § 19 рассматриваются силы трения, которое может быть жидким (или вязким) или сухим. Например, трение скольжения и трение качения относят к сухому трению. Во всех видах трения возникает сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, вектор которой направлен вдоль поверхностей соприкасающихся тел противоположно скорости их относительного перемещения. Силы трения, как и силы упругости, имеют электромагнитную природу. С учащимися важно установить главное отличие сил трения от сил упругости.

Проводя опыт с деревянным бруском, находящимся на наклонной плоскости, учащиеся анализируют действие на него различных сил — силы тяжести, силы реакции опоры, силы трения. Модуль силы трения покоя максимален в момент нача-

ла движения бруска по наклонной плоскости. Изменение угла наклонной плоскости приводит к скольжению бруска по её поверхности. При записи формулы определения модуля $F_{\text{тр. ск}}$ вводятся понятие силы нормального давления, коэффициент трения μ . После этого изучается ещё один вид сил трения – силы трения качения. Они препятствуют движению тела (например, шарика или цилиндра), катящегося по поверхности другого тела. Силы трения качения значительно меньше сил трения скольжения. По этой причине вращающиеся части машин при наличии подшипников изнашиваются значительно медленнее.

При углублённом изучении курса физики учащиеся описывают примерную зависимость модуля силы сопротивления среды (относится к силам вязкого трения) от модуля скорости движения тела относительно среды. Для увеличения силы сопротивления среды используют парашют.

При изучении главы проводятся несколько фронтальных лабораторных работ: «Исследование движения тела, брошенного горизонтально» (ФЛР 2.1), «Измерение жёсткости пружины» (ФЛР 1.4), «Измерение коэффициента трения скольжения» (ФЛР 1.5), а также лабораторная работа физического практикума «Исследование движения тела, брошенного под углом к горизонту» (ФЛР 3.1). Описание ФЛР 1.4 и ФЛР 1.5 приведено в учебнике. На базовом уровне выполняются ФЛР 1.4 (для варианта I тематического планирования) и ФЛР 2.1, 1.4 и 1.5 (для варианта II тематического планирования), на углублённом уровне – ФЛР 1.4, 1.5 и 3.1. ФЛР 3.1 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- показывать экспериментально, что причиной ускоренного движения тела является действие на него другого тела или нескольких тел;
- понимать смысл таких физических моделей, как: материальная точка, инерциальная система отсчёта;
- указывать примеры проявления закона (принципа) инерции;
- формулировать законы Ньютона, принцип суперпозиции сил, принцип относительности Галилея, законы Кеплера, закон всемирного тяготения, закон Гука;
- описывать геоцентрическую и гелиоцентрическую системы отсчёта;
- наблюдать и объяснять инертность тел в опыте с вращающимися металлическими цилиндрами, надетыми на стержень центробежной машины;
- измерять массу тела прямым и косвенным способами;
- выделять основные виды сил в механике;
- исследовать экспериментально причинно-следственную связь между силой, действующей на тело, и его ускорением;
- приводить математическую запись второго и третьего законов Ньютона, третьего закона Кеплера, закона всемирного тяготения, закона Гука;
- изучать экспериментально принцип суперпозиции сил;
- использовать законы Ньютона для описания движения и взаимодействия тел в ИСО;
- подтверждать, что действия тел друг на друга носят двусторонний характер;
- показывать, что силы, о которых идёт речь в третьем законе Ньютона, всегда являются силами одной природы и приложены к разным телам;

- описывать результаты наблюдений, согласно которым равномерное прямолинейное движение по отношению к Земле не сказывается на течении механических процессов;
- изучать схему опыта Кавендиша по измерению гравитационной постоянной;
- устанавливать физический смысл гравитационной постоянной;
- приводить примеры различных видов деформации, сил упругости;
- исследовать экспериментально зависимость модуля силы упругости от удлинения пружины;
- определять жёсткость пружины учебного динамометра;
- различать силу тяжести и вес тела, силу трения покоя и силу трения скольжения;
- обсуждать явления перегрузки и невесомости;
- различать жидкое (или вязкое) и сухое трение, приводить примеры видов сухого трения;
- показывать экспериментально, что модуль силы трения покоя может принимать значения от нуля до некоторого определённого предела – максимальной силы трения покоя;
- указывать направление вектора силы трения скольжения;
- понимать физический смысл коэффициента трения и приводить значения коэффициента трения скольжения для некоторых материалов;
- измерять коэффициент трения скольжения дерева по дереву;
- объяснять перемещение колёсного транспорта существованием сил трения покоя;
- использовать формулы, связывающие основные величины и законы динамики, при решении физических задач.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- различать инерциальные и неинерциальные системы отсчёта;
- показывать, что измерение массы сводится к определению модулей ускорений эталонного и измеряемого тел;
- подтверждать опытным путём свойство аддитивности массы;

- объяснять результат опытов с катками на вращающемся диске;
- определять модуль ускорения тела при одновременном действии на него нескольких сил;
- анализировать взаимодействие двух тел, значительно различающихся по массе;
- рассматривать взаимодействие двух тел, которое осуществляется посредством третьего тела, например упругой нити;
- описывать научные факты, ставшие основой для открытия закона всемирного тяготения;
- исследовать движение тела, брошенного горизонтально;
- обсуждать универсальность закона всемирного тяготения и его значение для развития механики и космонавтики;
- понимать границы применимости формулы закона всемирного тяготения, закона Гука, физический смысл коэффициента перегрузки;
- показывать, что векторы сил упругости всегда направлены перпендикулярно поверхности соприкосновения взаимодействующих тел; силы трения, как и силы упругости, имеют электромагнитную природу; силы трения покоя в жидкостях и в газах не существуют;
- определять модуль веса тела в лифте, движущемся с ускорением, вектор которого направлен либо вертикально вверх, либо вертикально вниз;
- рассматривать примеры явления невесомости;
- устанавливать главное отличие сил трения от сил упругости;
- описывать характер зависимости модуля силы трения скольжения от модуля относительной скорости движения трущихся поверхностей с помощью графика;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные величины и законы динамики, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образователь-

ных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по динамике.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- анализировать опыты Г. Галилея по исследованию движения тел по наклонным плоскостям;
- сравнивать формулировку второго закона Ньютона, данную И. Ньютоном, с одной из современных формулировок этого закона;
- показывать, что в НИСО законы Ньютона не выполняются;
- записывать второй закон Ньютона для поступательного прямолинейного движения тела в НИСО с учётом сил инерции;
- рассматривать и исследовать экспериментально движение тела, брошенного под углом к горизонту;
- описывать экспериментальный график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины;
- изучать проявления упругих свойств в твёрдых, жидких и газообразных телах;
- объяснять, почему модуль веса тела на экваторе меньше, чем на полюсах Земли;
- обсуждать зависимость модуля силы сопротивления среды от модуля скорости движения тела относительно среды;
- понимать принцип действия парашюта;
- выдвигать гипотезы при исследовании законов динамики и основных видов сил в механике.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- обсуждать исторические этапы становления и развития динамики;
- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал о понятиях, физических величинах и законах динамики;

- приводить примеры практического использования физических знаний о динамике;
- решать физические задачи повышенной сложности по динамике: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Динамика» рассчитано на 10 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 7 часов, на решение задач – 1 час, на выполнение ФЛР 1.4 – 1 час, на проведение контрольной работы № 1 – 1 час. Увеличение учебного времени до 14 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 16, дополнительных уроков решения задач и дополнительных ФЛР 2.1 и 1.5. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1 [1–2]	Опыты Галилея. Закон инерции – первый закон Ньютона. Инертность. Масса тела. Плотность вещества. Способы измерения массы	§ 12 ЗУ: 1, 2 ТЗ § 13 ЗУ: 3, 4 [ТЗ]	§ 12 ЗУ: 3 § 13 ЗУ: 1, 2
2 [3]	Сила. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил	§ 14 ЗУ: 3–5 [ТЗ]	§ 14 ЗУ: 1, 2
3 [4]	Взаимодействие тел. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея	§ 15 ЗУ: 1 [ТЗ]	§ 15 ЗУ: 3
4 [5–6]	Гравитационные силы. Законы Кеплера.	§ 16 ЗУ: 3	§ 16 ЗУ: 1, 2

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	Закон всемирного тяготения. Опыт Кавендиша. Сила тяжести	[ТЗ]	
5 [7]	Сила упругости. Закон Гука	§ 17 ПРЗ ЗУ: 3 [ТЗ]	§ 17 ЗУ: 1, 2
6 [8]	Вес тела. Перегрузки. Невесомость	§ 18 ЗУ: 2 [ТЗ]	§ 18 ЗУ: 1
7 [9]	ФЛР 1.4		§ 18 ЗУ: 3
8 [10]	Силы трения. Коэффициент трения скольжения	§ 19 ПРЗ ЗУ: 3 [ТЗ]	§ 19 ЗУ: 1
[11]	ФЛР 1.5		§ 19 ЗУ: 2
9 [12–13]	Решение задач	§ 13 ЗУ: 5 § 14 ЗУ: 6 § 15 ЗУ: 2 § 16 ЗУ: 4 § 17 ЗУ: 4 § 18 ЗУ: 4 § 19 ЗУ: 4	«Самое важное в главе»

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
10 [14]	Контрольная работа № 1		

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Динамика» рассчитано на 17 часов. Из них на изучение нового материала отводится 11 часов, на решение задач — 3 часа, на выполнение ФЛР 1.4 и 1.5 — 2 часа, на проведение контрольной работы № 2 — 1 час.

Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Механика» используются ЗПС: 3–6.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1–2	Опыты Галилея. Закон инерции — первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы отсчёта. Инертность. Масса тела. Плотность вещества. Способы измерения массы	§ 12 ЗУ: 1, 2, 4* ТЗ § 13 ЗУ: 3, 4 ТЗ	§ 12 ЗУ: 3, 5* § 13 ЗУ: 1, 2

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
3	Сила. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил	§ 14 ТЗ ЗУ: 3–5	§ 14 ЗУ: 1, 2
4–5	Взаимодействие тел. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Законы Ньютона в неинерциальных системах отсчёта	§ 15 ЗУ: 1, 4* ТЗ	§ 15 ЗУ: 2, 3
6–7	Гравитационные силы. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Опыт Кавендиша. Сила тяжести. Движение тела, брошенного под углом к горизонту	§ 16 ПРЗ ЗУ: 4 ТЗ	§ 16 ЗУ: 1, 2, 5
8	Решение задач	§ 13 ЗУ: 5 § 14 ЗУ: 6 § 16 ЗУ: 6	§ 15 ЗУ: 5* § 16 ЗУ: 3
9–10	Деформации. Сила упругости. Закон Гука. Силы упругости в твёрдых, жидких и газообразных телах	§ 17 ПРЗ ЗУ: 3 ТЗ	§ 17 ЗУ: 1, 2
11	Вес тела. Перегрузки. Невесомость	§ 18 ЗУ: 2 ТЗ	§ 18 ЗУ: 1, 3

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
12	Решение задач	§ 17 ЗУ: 5* § 18 ЗУ: 4, 5*	
13	ФЛР 1.4		§ 17 ЗУ: 4
14	Силы трения. Коэффициент трения скольжения. Сила сопротивления среды	§ 19 ПРЗ ЗУ: 3	§ 19 ЗУ: 1, 2
15	Решение задач	§ 19 ЗУ: 4*, 5* ЗПС: 3–6	
16	ФЛР 1.5		«Самое важное в главе»
17	Контрольная работа № 2		

Структура и содержание учебного материала

Основная задача механики состоит в определении положения (координат) тела (или системы тел) и его скорости в произвольный момент времени по заданным начальным условиям (начальным координатам, скорости и силам, действующим на тело). Эту задачу решают на основе законов Ньютона, с помощью которых можно вывести уравнения движения для любой механической системы в ИСО. Однако, когда силы, действующие на тело (систему тел), неизвестны, такой подход невозможно реализовать. В подобных случаях можно использовать такие методологические принципы (законы), как законы сохранения. Они являются универсальными физическими законами, согласно которым при определённых условиях некоторые физические величины (например, импульс, энергия, момент импульса, электрический заряд), характеризующие замкнутую систему тел (материальных точек), не изменяются с течением времени.

Законы сохранения не зависят от вида траектории движения тел и от характера действующих сил, поэтому с их помощью можно получить общие выводы о процессах, происходящих в механических системах, не рассматривая их детально с помощью уравнений движения. В свою очередь, это позволяет найти решение исследуемой задачи более простым путём, не прибегая к громоздким расчётам. Отметим, что в конце курса физики старшей школы будет показано, что законы сохранения связаны с симметриями физических систем. Так, законы сохранения энергии, импульса и момента импульса являются

следствиями пространственно-временных симметрий (соответственно однородности времени, однородности и изотропности пространства).

Ниже приведена содержательная схема изучения главы.



В § 20 рассматривается универсальная характеристика физического объекта (тела или частицы) – импульс. Схема изложения учебного материала об этой векторной физической величине включает следующие элементы: импульс как универсальная характеристика любого материального объекта, начиная от элементарных частиц и заканчивая макроскопическими телами → модель объекта (материальная точка) → формула определения ($\vec{p} = m\vec{v}$) → физический смысл величины → единица измерения в СИ → косвенный способ измерения → примеры использования в физике и технике. Описание движения

тела (тележки) в ИСО под действием постоянной силы, введение понятия импульса тела (материальной точки) и импульса силы (определяется произведением постоянной силы на время её действия) позволяет получить более общую формулировку второго закона Ньютона.

В § 21 изложен закон сохранения импульса, выполняющийся для замкнутых систем тел и ИСО. При этом рассматриваются физическая модель (замкнутая система тел), такие понятия, как внешние и внутренние силы. Закон сохранения импульса изучается на эмпирическом и теоретическом уровнях познания. Демонстрационный эксперимент проводится с двумя упруго взаимодействующими тележками (см. рис. 78 учебника). Если тележки одинаковой массы движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной поверхности с равными по модулю скоростями в ИСО, то после столкновения они движутся в противоположные стороны с теми же по модулю скоростями. После взаимодействия импульсы тележек изменились, но их общий (суммарный) импульс при этом остался неизменным. Если же тележки движутся навстречу друг другу с разными по модулю скоростями, то их общий импульс равен векторной разности импульсов и направлен в сторону тележки, движущейся с большей по модулю скоростью. После столкновения тележки обмениваются скоростями и разность их импульсов остаётся прежней и по величине, и по направлению. Затем экспериментальную установку видоизменяют: одну из тележек размещают ближе к краю стола, а другую — ставят на его середину. Если привести в движение первую тележку, то она, столкнувшись с неподвижной тележкой, остановится. При этом она полностью передаст свой импульс второй тележке. Кроме того, на одну из тележек можно установить добавочный груз так, чтобы её масса увеличилась в два раза, и повторить опыты. Перед демонстрацией учащимся предлагают на основе закона сохранения импульса смоделировать движение тележек после их взаимодействия. Данный эксперимент можно провести и после формулировки этого закона.

После демонстрации опытов учащиеся на основе законов Ньютона теоретически выводят закон сохранения импульса для двух тел замкнутой системы. Его можно распространить и на замкнутые системы, состоящие из множества тел. Для этого можно

рассмотреть опыт с системой шаров, подвешенных на тонких нитях (рис. 3).

В некоторых случаях закон сохранения импульса не выполняется. Вместе с тем если проекция суммы всех внешних сил на какую-либо координатную ось равна нулю, то проекция импульса на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется). В этом заключается закон сохранения проекции импульса на координатную ось ИСО. Но проекции импульса на другие координатные оси с течением времени могут изменяться.

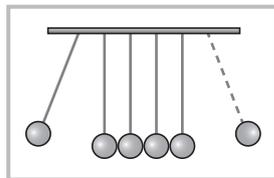


Рис. 3

С помощью закона сохранения импульса можно объяснить реактивное движение. Одним из его примеров является движение ракет. Этот учебный материал может стать основой для учебно-исследовательской и проектной деятельности по этой теме, так как он вызывает живой интерес у учащихся. Для выполнения учебных исследований и проектов, посвящённых становлению и развитию космонавтики, рекомендуется использовать сведения из рубрики «Материал для дополнительного чтения» в конце учебника.

В курсе физики 7 класса механическая работа рассматривалась для случая, когда на тело действует в горизонтальном направлении постоянная сила \vec{F} . При этом оно совершает в направлении действия силы перемещение \vec{s} (т. е. векторы силы и перемещения сонаправлены). В курсе физики 9 класса формула определения работы постоянной силы была расширена с учётом того, что на тело действует под углом α к вектору перемещения \vec{s} постоянная сила \vec{F} , отличная от нуля. После введения формулы $A = Fscos\alpha$ (для общего случая) проводят её анализ при разных значениях угла α . Этот материал представлен и в § 22 курса физики 10 класса. С учащимися необходимо рассмотреть случаи, при которых механическая работа может быть положительной, отрицательной или равной нулю.

После этого следует повторить учебный материал, посвящённый единице работы в СИ, мощности – физической величине, характеризующей быстроту совершения механической работы, единице мощности в СИ, сравнению значений мощностей некоторых двигателей (по таблице 9 учебника). Новым ма-

териалом является вывод и анализ выражения $N = Fv$. Оно показывает, что при постоянной силе модуль скорости автомобиля прямо пропорционален мощности его двигателя.

Понятие механической работы получает дальнейшее развитие при изучении работы силы тяжести, силы упругости и силы трения (§ 23). Исследуя свободное падение тела (материальной точки) с вершины наклонной плоскости, можно прийти к выводу, что работа силы тяжести не зависит от формы траектории движения тела и определяется только его начальным и конечным положениями над поверхностью Земли. Силы тяготения (в частности, сила тяжести), силы упругости относятся к потенциальным силам (это понятие вводится в § 25). Работа этих сил зависит только от начального и конечного положений движущейся материальной точки и не зависит от формы траектории. При изучении электростатики учащиеся узнают, что потенциальными являются силы электростатического поля. В отличие от работы силы тяжести и работы силы упругости, работа силы трения зависит от формы траектории движения тела. Силы трения – пример непотенциальных сил.

В § 24 и 25 рассматривается фундаментальное понятие физики и одно из центральных (наряду с импульсом) понятий главы – механическая энергия. С помощью теоремы о кинетической энергии можно показать, что механическая работа является мерой изменения кинетической энергии, а также рассчитать тормозной путь автомобиля, подъезжающего к светофору (материал для углублённого изучения). Отметим, что формула определения времени, необходимого для остановки автомобиля, была приведена в курсе физики 7 класса и получена на основе второго закона Ньютона.

В § 25 на конкретных примерах показано, что потенциальная энергия тел, на которые действуют силы тяготения или силы упругости (потенциальные силы), характеризует их взаимодействие. Исследуя свободное падение шара (материальной точки) из точки 1 в точку 2 с высоты h в ИСО, можно убедиться, что работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком. Отсюда можно прийти к формулировке теоремы о потенциальной энергии, которая выполняется для любых систем взаимодействующих тел.

Представления учащихся о потенциальной энергии, приобретённые ими при изучении курса физики основной школы, расширяются. Наряду с потенциальной энергией взаимодействия тела и Земли рассматривается потенциальная энергия упруго деформированной пружины. Опираясь на материал § 23, можно записать формулу $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$. В связи с тем, что физический смысл имеет не сама потенциальная энергия, а её изменение, нулевой уровень потенциальной энергии можно выбирать произвольно, исходя из решаемой задачи и удобства.

На основе теорем о кинетической энергии и потенциальной энергии можно сформулировать один из фундаментальных законов природы — закон сохранения полной механической энергии. В отличие от курса физики основной школы, в § 26 рассматривается действие на замкнутую систему тел («Земля — поднятое над её поверхностью тело») непотенциальных сил (сил сопротивления воздуха). Теоретические преобразования позволяют установить, что полная механическая энергия системы изменяется и её изменение равно работе непотенциальных сил. Если эта работа равна нулю, то полная механическая энергия системы остаётся неизменной (сохраняется). С учащимися важно обсудить условия, при которых выполняется закон сохранения полной механической энергии.

При изложении материала главы значительное внимание следует уделить решению задач на применение законов сохранения в механике. Это можно осуществить, рассматривая примеры решения задач. В § 21 описывается упругое соударение шаров разной массы, движущихся по прямолинейной траектории навстречу друг другу в ИСО (для решения используется закон сохранения импульса), а в § 26 — движение шарика в опыте с «мёртвой петлёй» (для решения используется закон сохранения полной механической энергии). При углублённом изучении курса физики учащиеся знакомятся с применением законов сохранения в механике к исследованию различных столкновений (ударов) тел. В § 27 вводятся такие новые для учащихся понятия, как абсолютно неупругий удар, центральный удар, абсолютно упругий удар. Важно показать, что неупругое столкновение тел всегда сопровождается потерями кинетической энергии, которые в случае соударения двух тел пропор-

циональны квадрату относительной скорости. Рассматривая поступательное движение бильярдных шаров навстречу друг другу по гладкой горизонтальной поверхности в ИСО, приходят к выводу, что при абсолютно упругом ударе шары обмениваются проекциями скоростей.

При изучении главы проводятся несколько фронтальных лабораторных работ: «Исследование свойства сохранения полной механической энергии в замкнутой системе тел» (ФЛР 1.6) и «Сравнение масс взаимодействующих тел (шаров)» (ФЛР 2.2). ФЛР 1.6 выполняется на базовом и углублённом уровнях. Её описание приведено в учебнике. Дополнительная фронтальная лабораторная работа «Измерение модуля скорости движения тела двумя способами» (ФЛР 2.3) может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- наблюдать и анализировать движения тележек (тел) под действием постоянной силы в ИСО;
- изучать понятие импульса тела, используя схему изложения учебного материала о физической величине;
- указывать направление вектора импульса тела и измерять его модуль косвенным способом;
- формулировать второй закон Ньютона в импульсной форме, закон сохранения импульса, определение работы постоянной силы (для общего случая), теорему о кинетической энергии, теорему о потенциальной энергии, закон сохранения полной механической энергии;
- получать более общую форму записи закона Ньютона, используя понятия импульса тела и импульса силы;
- привести ещё одно определение силы с учётом второго закона Ньютона в импульсной форме;
- понимать смысл такой физической модели, как замкнутая система, таких понятий, как внутренние и внешние силы;
- наблюдать изменения импульсов тел (тележек), составляющих замкнутую систему, при их упругом соударении;
- показывать, что суммарный импульс замкнутой системы тел сохраняется;
- наблюдать и объяснять реактивное движение на основе закона сохранения импульса;
- записывать формулы определения работы постоянной силы (для общего случая), мощности, работы силы тяжести, работы силы упругости, работы силы трения, кинетической энергии движущегося тела, потенциальной энергии взаимодействия тела и Земли, потенциальной энергии упруго деформированной пружины, решать физические задачи на их использование;

- анализировать формулу определения работы постоянной силы (для общего случая) при разных значениях угла α ;
- характеризовать производительность машин и двигателей, используя понятие мощности;
- приводить кратные единицы механической работы и мощности, применяемые на практике и в технике;
- сравнивать значения мощностей некоторых двигателей;
- понимать смысл таких физических величин, как: механическая энергия, кинетическая энергия, потенциальная энергия, полная механическая энергия;
- приводить примеры тел, обладающих кинетической энергией, потенциальной энергией;
- устанавливать связь между работой постоянной силы и изменением кинетической энергии тела, работой постоянной силы и изменением потенциальной энергии системы взаимодействующих тел;
- показывать, что механическая работа является мерой изменения кинетической энергии; механическая работа выражает энергию, переданную от одного тела к другому (на основе теоремы о кинетической энергии); в механике физический смысл имеет только изменение потенциальной энергии;
- рассматривать понятия потенциальных и непотенциальных сил и приводить примеры таких сил;
- измерять работу постоянной силы, кинетическую энергию и потенциальную энергию косвенным способом;
- исследовать свойство сохранения полной механической энергии в замкнутой системе тел;
- применять закон сохранения импульса и закон сохранения полной механической энергии при решении задач.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- сравнивать изменения импульсов двух тел в результате действия большой (по величине) силы в течение малого интервала времени и малой (по величине) силы за большой интервал времени по графику;
- обсуждать безопасность прыжков в высоту, используя понятие импульса силы;

- показывать, что импульс тела изменяется под действием постоянной силы одинаково у всех тел, если время действия силы одинаково;
- рассматривать случай, когда на тело не действуют силы, и делать вывод о том, что импульс тела сохраняется;
- приводить примеры замкнутой системы тел, внутренних и внешних сил;
- получать закон сохранения импульса, используя законы Ньютона (для замкнутой системы тел, движущихся в ИСО);
- обсуждать условия применимости закона сохранения импульса и закона сохранения полной механической энергии;
- описывать реактивное движение ракеты (на модели);
- формулировать на основе анализа движения ракет вывод о том, что чем больше модуль скорости и масса выбрасываемого газа, тем больше модуль импульса ракеты;
- получать и объяснять выражение, устанавливающее зависимость скорости движения транспортных средств от мощности двигателя;
- выводить формулы определения работы силы тяжести, силы упругости и силы трения;
- показывать, что работа силы тяжести и работа силы упругости не зависят от формы траектории движения тела и определяются только его начальным и конечным положениями;
- описывать зависимость работы силы трения от формы траектории движения тела;
- раскрывать физический смысл понятия «нулевой уровень потенциальной энергии» и обсуждать его выбор в зависимости от конкретной физической задачи (для системы «Земля – поднятое над её поверхностью тело»);
- наблюдать изменения кинетической энергии движущегося тела (на примере движения шара по наклонной плоскости), потенциальной энергии тела, поднятого относительно поверхности Земли, сжатой пружины;
- получать закон сохранения полной механической энергии на основе теоремы о кинетической энергии и теоремы о потенциальной энергии (для замкнутой системы тел, движущихся в ИСО);

- объяснять уменьшение полной механической энергии в системе тел «шарик – брусок – поверхность Земли», в которой действуют силы трения;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные энергетические характеристики механического движения, законы сохранения в механике, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы, посвящённые законам сохранения в механике.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- анализировать взгляды Р. Декарта и Г. Лейбница на меру движения материи, идеи Х. Гюйгенса о сохранении энергии;
- распространять закон сохранения импульса на замкнутые системы, состоящие из множества тел (материальных точек);
- рассматривать схему устройства реактивного двигателя, задачу определения модуля реактивной силы (уравнение Мещерского), принцип работы ракетного двигателя, используя сведения из рубрики «Материал для дополнительного чтения»;
- обсуждать вклад отечественных и зарубежных учёных в становление и развитие космонавтики;
- подтверждать на примерах относительность механической работы;
- получать и анализировать формулы определения тормозного пути автомобиля (на основе теоремы о кинетической

энергии), потенциальной энергии тел, на которые действуют силы тяготения или силы упругости, модуля второй космической скорости (на основе закона сохранения полной механической энергии);

- обосновывать выбор нулевого уровня потенциальной энергии в зависимости от конкретной физической задачи (для системы «упругая пружина – шар», потенциальной энергии двух тел, взаимодействующих посредством сил тяготения);
- рассчитывать значение второй космической скорости;
- рассматривать физические явления, происходящие при абсолютно неупругом столкновении тел, превращения кинетической энергии и потенциальной энергии при абсолютно упругом столкновении тел;
- объяснять абсолютно неупругое и абсолютно упругое столкновения тел, используя законы сохранения в механике;
- выдвигать гипотезы при исследовании закона сохранения импульса и закона сохранения полной механической энергии.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об энергетических характеристиках механического движения и законах сохранения в механике;
- приводить примеры практического использования физических знаний о законах сохранения в механике;
- решать физические задачи повышенной сложности на использование закона сохранения импульса и закона сохранения полной механической энергии: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Законы сохранения в механике» рассчитано на 8 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 6 часов, на решение задач – 1 час, на проведение ФЛР 1.6 – 1 час. Увеличение учебного времени до 10 часов (вариант II) возможно за счёт отдельного рассмотрения § 20 и 21, дополнительного урока решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1 [1–2]	Импульс тела (материальной точки). Импульс тела и второй закон Ньютона. Замкнутая система тел. Закон сохранения импульса. Реактивное движение	§ 20 ПРЗ ЗУ: 2, 5 § 21 ПРЗ ЗУ: 1	§ 20 ЗУ: 1 [ТЗ] § 21 ЗУ: 2 [ТЗ]
2 [3]	Механическая работа. Мощность	§ 22 ЗУ: 3, 4	§ 22 ЗУ: 1 [ТЗ]
3 [4]	Работа силы тяжести, силы упругости и силы трения	§ 23 ЗУ: 3, 4 [ТЗ]	§ 23 ЗУ: 1, 5
4 [5]	Механическая энергия. Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии	§ 24 ЗУ: 1, 2, 4	§ 24 ЗУ: 3 [ТЗ]

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
5 [6]	Потенциальная энергия. Теорема о потенциальной энергии	§ 25 ЗУ: 1, 2	§ 25 ЗУ: 3, 4 [ТЗ]
6 [7]	Закон сохранения полной механической энергии	§ 26 ПРЗ ЗУ: 1	§ 26 ЗУ: 2, 3
7 [8]	ФЛР 1.6		§ 26 [ТЗ] «Самое важное в главе»
8 [9–10]	Решение задач	§ 20 ЗУ: 4 § 21 ЗУ: 4 § 22 ЗУ: 2 § 23 ЗУ: 2 § 24 ЗУ: 5 § 25 ЗУ: 5 § 26 ЗУ: 4	§ 20 ЗУ: 3 § 21 ЗУ: 3

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Законы сохранения в механике» рассчитано на 13 часов. Из них на изучение нового материала отводится 9 часов, на решение задач – 3 часа, на выполнение ФЛР 1.6 – 1 час. Дополнительные ФЛР 2.2 и 2.3 могут быть выполнены за счёт резерва учебного времени.

Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Механика» используются ЗПС: 7, 8.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Импульс тела (материальной точки). Импульс тела и второй закон Ньютона	§ 20 ПРЗ ЗУ: 2, 5	§ 20 ЗУ: 1, 3, 4 ТЗ
2–3	Замкнутая система тел. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Из истории развития космонавтики	§ 21 ПРЗ ЗУ: 1, 4 ТЗ ДЧ: 1	§ 21 ЗУ: 2, 3
4	Механическая работа. Мощность	§ 22 ЗУ: 1, 3 ТЗ	§ 22 ЗУ: 2, 4
5	Работа силы тяжести, силы упругости и силы трения	§ 23 ЗУ: 2, 4 ТЗ	§ 23 ЗУ: 1, 5
6	Механическая энергия. Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энер-	§ 24 ЗУ: 1, 2, 4 ТЗ	§ 24 ЗУ: 3, 6*

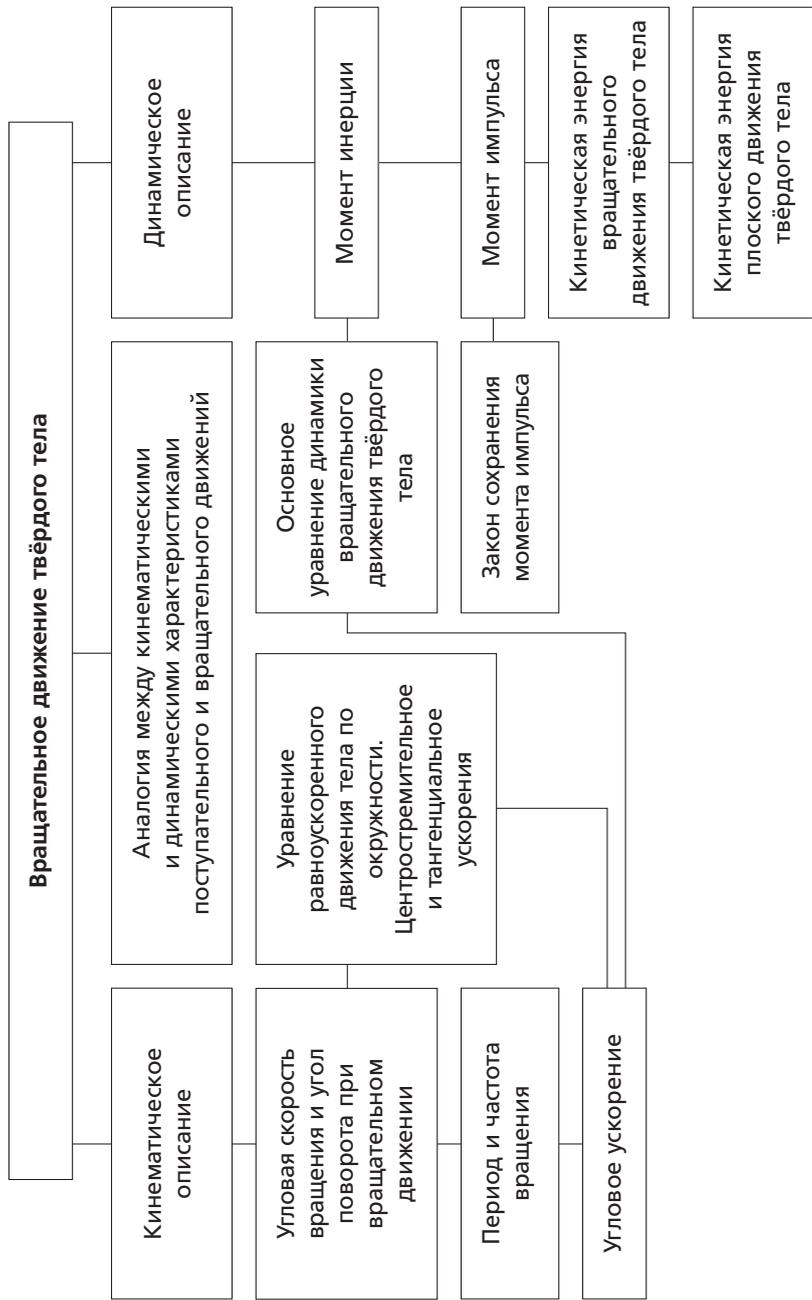
Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	гии. Тормозной путь автомобиля		
7	Потенциальные силы. Потенциальная энергия. Теорема о потенциальной энергии. Выбор нулевого уровня потенциальной энергии	§ 25 ЗУ: 1, 2, 5 ТЗ	§ 25 ЗУ: 3, 4
8	Закон сохранения полной механической энергии	§ 26 ПРЗ ЗУ: 1 ТЗ	§ 26 ЗУ: 2, 3
9	Абсолютно неупругое и абсолютно упругое столкновения тел	§ 27 ЗУ: 1, 3 ТЗ	§ 27 ЗУ: 2, 4
10	ФЛР 1.6		§ 26 ЗУ: 5 «Самое важное в главе»
11–13	Решение задач	§ 21 ЗУ: 5* § 22 ЗУ: 5* § 23 ЗУ: 3 § 24 ЗУ: 5 § 25 ЗУ: 6* § 26 ЗУ: 4, 5* § 27 ЗУ: 6* ЗПС: 7	§ 27 ЗУ: 5* ЗПС: 8

Структура и содержание учебного материала

Знакомство учащихся с особенностями вращательного движения твёрдого тела с закреплённой (неподвижной) осью позволяет им расширить и углубить основные понятия, уравнения и законы механики. Этот материал рассматривается только при углублённом изучении курса физики.

Когда тело вращается вокруг неподвижной оси и не может свободно перемещаться, его нельзя моделировать материальной точкой. В этом случае применяют другую физическую модель — абсолютно твёрдое тело (или просто твёрдое тело). Расстояние между любыми двумя точками такого тела не изменяется с течением времени. Использование этой модели приводит к введению новых кинематических и динамических величин, характеризующих вращательное движение твёрдого тела.

На с. 71 приведена содержательная схема изучения главы. Основным методом эмпирического уровня познания при изложении материала является демонстрационный эксперимент. К ведущим методам теоретического уровня познания относятся динамический, графический и алгоритмический методы, методы аналогии и моделирования. Динамический метод позволяет вывести основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела, связывающее между собой момент силы шарика (материальной точки) и его угловое ускорение при постоянном моменте инерции точки. С помощью метода аналогии можно установить связь между физическими величинами (их модулями) и уравнениями, описывающими поступательное и вращательное движения твёрдого тела.



В таблице приведены составляющие алгоритмического метода применительно к решению задач на использование основного уравнения динамики вращательного движения твёрдого тела.

Номер действия	Алгоритм решения задач на использование основного уравнения динамики вращательного движения твёрдого тела
1	Выбрать инерциальную систему отсчёта
2	Изобразить на рисунке векторы постоянной силы, тангенциального, центростремительного ускорений, скорости движения точки твёрдого тела
3	Записать основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела
4	Решить уравнение относительно искомой физической величины
5	Подставить числовые данные и записать ответ

В силу недостаточной математической подготовки учащихся при описании вращательного движения твёрдого тела рекомендуется выражать векторные физические величины (угловое ускорение, момент силы, момент импульса) через их абсолютные значения (модули).

В § 28 для описания неравномерного вращательного движения твёрдого тела вводится векторная физическая величина – угловое ускорение, характеризующее равноускоренное движение тела по окружности. Изложение учебного материала об этой величине можно провести согласно схеме: угловое ускорение – характеристика быстроты изменения угловой скорости → модель объекта (твёрдое тело) → формула определения $\left(\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \text{ где } \Delta t \rightarrow 0\right)$ → единица измерения в СИ → вывод уравнения равноускоренного движения тела по окружности (на основе метода аналогии) → связь модуля тангенциального ускорения тела и постоянного углового ускорения.

Твёрдое тело представляют как совокупность материальных точек, неподвижных (не смещающихся) относительно друг

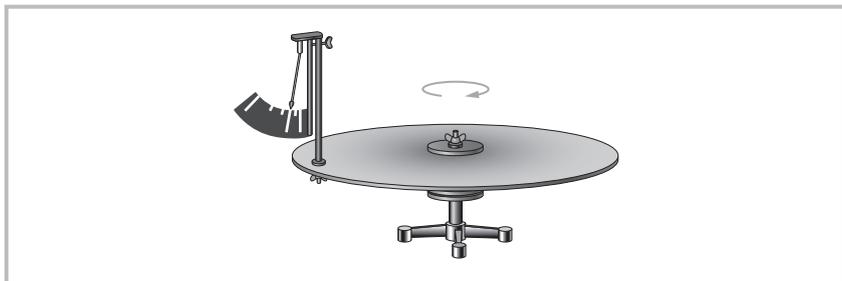


Рис. 4

друга. При вращении твёрдого тела с закреплённой осью все эти материальные точки имеют одинаковые угловые скорости. Для иллюстрации этого факта рекомендуется провести опыт с вращающимся диском и закреплённым на нём маятниковым тахометром (рис. 4). Диск приводят во вращение и поддерживают угловую скорость такой, чтобы маятниковый тахометр устойчиво удерживался на среднем крупном делении. С помощью стрелки-указателя и секундомера можно найти время одного оборота диска, т. е. период обращения.

Применяя формулу определения угловой скорости, можно найти изменение угла поворота за малый промежуток времени. При этом формула $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ ($\omega = \text{const}$) аналогична (по форме) уравнению равномерного прямолинейного движения тела $x = x_0 + vt$ ($v = \text{const}$), записанному через модули соответствующих величин. При постоянной угловой скорости равномерное вращательное движение твёрдого тела можно охарактеризовать с помощью понятий периода и частоты вращения. Используя метод аналогии, можно показать, что формула $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ идентична по форме выражению для определения модуля скорости равноускоренного прямолинейного движения тела $v = v_0 + at$.

На основе метода графического интегрирования можно объяснить способ определения угла поворота при вращательном движении твёрдого тела с постоянным угловым ускорением и получить уравнение равноускоренного движения тела по окружности. Выражение для определения модуля ускорения тела при равноускоренном движении по окружности находят, используя теорему Пифагора. При таком движении скорость тела изменяется и по направлению, и по модулю. В связи с этим на-

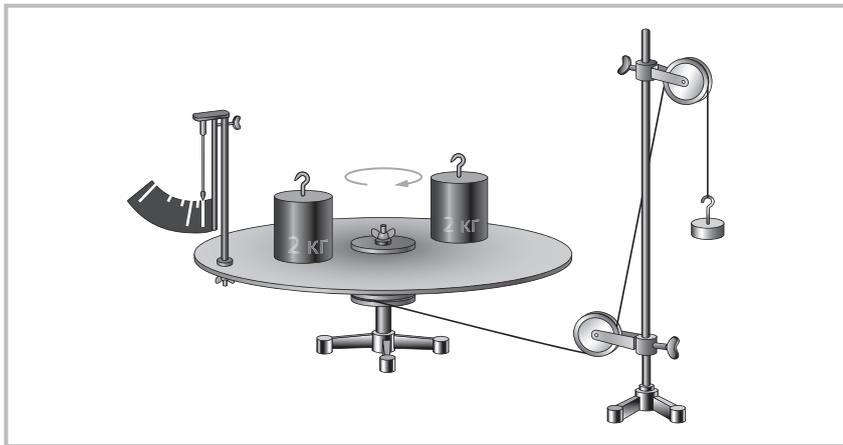


Рис. 5

ряду с центростремительным ускорением вводят понятие тангенциального ускорения.

В начале изучения § 29 целесообразно провести повторение некоторых понятий (линия действия силы, плечо силы, момент силы), известных из курса физики основной школы. Формулу определения момента силы следует преобразовать для случая, когда на шарик (материальную точку), расположенный на определённом расстоянии от оси вращения, действует постоянная сила в плоскости вращения шарика. Её вектор направлен по касательной к траектории шарика. Под действием этой силы шарик приобретает тангенциальное ускорение (см. рис. 113 учебника). Преобразуя второй закон Ньютона, можно записать основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела:

$$M = I\varepsilon.$$

Зависимость углового ускорения от момента силы и момента инерции можно продемонстрировать с помощью опыта, изображённого на рис. 5. На диске закрепляют тахометр и на равных расстояниях от оси вращения устанавливают два груза одинаковой массы. С помощью нити приводят диск во вращение, отмечая при этом значение угловой скорости по показаниям тахометра. Затем плечо силы уменьшают в два раза (перемещают нить на нижний шкив). При этом величина углового

ускорения диска уменьшается. Из опыта следует, что с уменьшением момента силы уменьшается и угловое ускорение. Если в данной установке заменить грузы на два других с меньшими массами, то угловое ускорение увеличится. Тот же результат можно получить, располагая грузы ближе к оси вращения диска. Таким образом, делают вывод о зависимости углового ускорения от величины момента инерции.

Используя основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела и формулу определения углового ускорения, можно получить выражение для момента импульса тела относительно данной оси. Метод аналогии применяется и здесь, а именно при записи уравнения вращательного движения твёрдого тела с постоянным угловым ускорением и закреплённой осью вращения. Закон сохранения момента импульса следует из основного уравнения динамики вращательного движения твёрдого тела с закреплённой осью, если суммарный момент всех внешних сил, действующих на замкнутую систему материальных точек, равен нулю. В этом случае момент импульса тела относительно оси вращения остаётся неизменным. Данный вывод необходимо экспериментально подтвердить с помощью вращающейся скамьи с вертикальной осью вращения – скамьи Жуковского. Опыты позволяют выявить особенность вращательного движения твёрдого тела: при изменении момента инерции угловая скорость при вращательном движении тела изменяется.

Выражение для кинетической энергии вращательного движения твёрдого тела с закреплённой осью получают, используя основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела и теорему о кинетической энергии. В результате математических преобразований учащиеся записывают формулу:

$$E_{\text{квр}} = \frac{I\omega^2}{2}.$$

С учащимися можно дополнительно обсудить кинетическую энергию тела, совершающего плоское движение. В таком случае тело одновременно вращается и перемещается в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

При изучении главы за счёт резерва учебного времени можно провести лабораторную работу физического практикума «Измерение модуля скорости скатывания цилиндра с наклонной плоскости» (ФЛР 3.2).

Планируемые результаты обучения

По окончании изучения главы учащийся научится:

- подтверждать экспериментально, что при вращательном движении твёрдого тела углы поворота радиусов-векторов различных его точек одинаковы;
- использовать кинематические и динамические характеристики для описания вращательного движения твёрдого тела с закреплённой осью;
- определять положение точки твёрдого тела, вращающегося по окружности с постоянной угловой скоростью, в любой момент времени;
- описывать неравномерное вращательное движение с помощью векторной физической величины — углового ускорения;
- анализировать случаи, когда модуль угловой скорости при равноускоренном движении тела по окружности увеличивается или уменьшается;
- выводить формулу определения угла поворота при вращательном движении твёрдого тела с постоянным угловым ускорением, используя метод аналогии (вывод формулы определения перемещения тела при равноускоренном прямолинейном движении);
- записывать и анализировать уравнение равноускоренного движения тела по окружности;
- представлять ускорение тела при равноускоренном движении по окружности в виде векторной суммы центростремительного и тангенциального ускорений;
- рассматривать особенности тангенциального ускорения: оно характеризует изменение вектора скорости по модулю, его вектор всегда направлен параллельно вектору скорости тела;
- показывать, что направление вектора тангенциального ускорения зависит от значения скорости тела;
- выражать модуль тангенциального ускорения тела через угловое ускорение (для случая постоянного углового ускорения);

- получать основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела, используя второй закон Ньютона и формулу, выражающую связь момента силы и постоянно-го углового ускорения;
- формулировать определения таких физических величин, как: момент инерции материальной точки относительно данной оси, момент импульса твёрдого тела относительно данной оси; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы измерения в СИ, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами;
- показывать, что момент инерции является мерой инертности твёрдого тела;
- обсуждать способ определения момента инерции твёрдого тела относительно данной оси;
- находить момент инерции однородной гантели, состоящей из двух одинаковых грузов, соединённых упругим невесомым стержнем;
- приводить формулы определения моментов инерции некоторых тел;
- записывать основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела с закреплённой осью с учётом понятия момента импульса;
- рассматривать закон сохранения момента импульса (словесную формулировку, математическую запись, границы применимости);
- применять закон сохранения момента импульса для объяснения опытов со скамьёй Жуковского;
- находить выражение для кинетической энергии вращающегося твёрдого тела, используя основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела и теорему о кинетической энергии;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные характеристики вращательного движения твёрдого тела и равноускоренного движения тела по окружности, закон сохранения момента импульса, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- выполнять экспериментальное исследование равномерного и равноускоренного вращения диска (твёрдого тела), на котором находятся три одинаковых маятника;
- наблюдать плоское движение твёрдого тела;
- рассматривать кинетическую энергию плоского движения твёрдого тела;
- изучать устройство и физические основы работы центробежного регулятора (регулятора Уатта);
- устанавливать связь между физическими величинами, характеризующими поступательное движение и вращательное движение твёрдого тела, используя метод аналогии;
- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал о понятиях, физических величинах и законах вращательного движения твёрдого тела и равноускоренного движения тела по окружности;
- приводить примеры практического использования физических знаний о вращательном движении твёрдого тела и равноускоренном движении тела по окружности;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы, посвящённые вращательному движению твёрдого тела и равноускоренному движению тела по окружности.

Поурочное планирование

Поурочное планирование главы «Вращательное движение твёрдого тела» рассчитано на 5 часов. Из них на изучение нового материала отводится 3 часа, на решение задач – 1 час, на проведение самостоятельной работы – 1 час. Дополнительная ФЛР 3.2 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Вращательное движение твёрдого тела с закреплённой осью. Угловая скорость вращения твёрдого тела. Угловое ускорение. Равноускоренное движение тела по окружности. Ускорение тела при равноускоренном движении по окружности	§ 28 ЗУ: 1, 3 ТЗ	§ 28 ЗУ: 2
2–3	Момент инерции. Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела	§ 29 ПРЗ ЗУ: 1, 3, 5	§ 29 ЗУ: 2 «Самое важное в главе»

Окончание

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
4	Решение задач	§ 28 ЗУ: 4, 5 § 29 ЗУ: 6, 7 ТЗ	§ 29 ЗУ: 4
5	Самостоятельная работа		

Структура и содержание учебного материала

При решении многих практических задач необходимо знать, при каких условиях тело, на которое действует несколько различных сил, не движется с ускорением. Условия, при которых тела остаются неподвижными в некоторых ИСО, изучают в разделе механики – статике. При этом рассматриваются только твёрдые тела, деформации которых пренебрежимо малы в сравнении с размерами самих тел.

На с. 82 представлена содержательная схема изучения главы. Применение условий равновесия твёрдого тела в общем виде составляет сложную задачу, поэтому в школьном курсе физики приводятся примеры их применения лишь к частным случаям равновесия твёрдых тел. К ним можно отнести равновесие плоских тел, подвешенных на тонких нитях, шарика, находящегося на поверхности, рычага и других простых механизмов. В главе также описываются условия равновесия жидкостей и газов под действием приложенных к ним сил и условия равновесия твёрдых тел в жидкостях и в газах. Эти вопросы изучаются в разделах механики – гидро- и аэростатике.

При изложении материала § 30 можно использовать следующую схему: повторение понятия центра масс плоских тел при поступательном движении (из курса физики основной школы) → условие неподвижности центра масс – первое условие равновесия твёрдого тела (модуль начальной скорости центра масс тела равен нулю) → необходимость введения второго условия равновесия твёрдого тела (на примере пары сил, приложенных к рулевому колесу автомобиля) → повторе-

ние понятий плеча силы и момента силы (из курса физики основной школы) → формулировка второго условия равновесия твёрдого тела на примере рычага (угловая скорость вращения тела равна нулю) → экспериментальное подтверждение второго условия равновесия твёрдого тела. В данном случае в качестве эксперимента проводится демонстрация равновесия рычага и вращения рулевого колеса.



В § 31 рассматриваются различные виды простых механизмов (рычаг, подвижный и неподвижный блоки, наклонная плоскость). Из опыта с рычагом (см. рис. 124 учебника) можно сформулировать условие его равновесия. При обсуждении устройства и принципа действия блоков важно показать, что неподвижный блок не даёт выигрыша в силе, а позволяет только изменять направление действия силы. С помо-

щью же подвижного блока можно получить выигрыш в силе в 2 раза.

Из курса физики основной школы учащимся известно «золотое правило» механики, применимое ко всем простым механизмам. Отметим, что оно лишь приближённо считается законом, так как в нём не учитывается преобразование механической работы во внутреннюю энергию тела. Новизна содержания данного учебного материала состоит в том, что на большем числе примеров подтверждены экспериментально и теоретически условия равновесия твёрдого тела, а также «золотое правило» механики с указанием условий его применимости.

Отметим основные методические идеи, которые должны быть реализованы при изучении § 32: формулировка закона Паскаля, который является следствием подвижности частиц жидкости и газа → применение закона Паскаля для определения давления жидкости на дно сосуда (давление зависит только от плотности и высоты столба жидкости) и к действию сообщающихся сосудов, различных гидравлических механизмов и машин → рассмотрение закона Архимеда как следствия закона Паскаля → экспериментальный и теоретический выводы закона Архимеда → условие плавания тел (вводится новое понятие – подъёмная сила).

Новизна содержания данного учебного материала состоит в обобщении элементов гидро- и аэростатики на основе физической теории: выделение объекта исследования, модели (идеальная жидкость), ключевых понятий, законов, обсуждение практических приложений, формулировка условий применимости законов.

При углублённом изучении главы за счёт резерва учебного времени проводятся фронтальная лабораторная работа «Измерение атмосферного давления» (ФЛР 2.4) и лабораторная работа физического практикума «Измерение коэффициента полезного действия наклонной плоскости» (ФЛР 3.3).

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- понимать условие равновесия материальной точки;
- повторять и обобщать основные понятия статики: линия действия силы, центр масс тела, центр тяжести тела, плечо силы, момент силы;
- применять при объяснении равновесия тел такие физические модели, как: абсолютно твёрдое тело, центр масс и центр тяжести тела;
- изучать первое условие равновесия твёрдого тела как условие неподвижности центра масс тела;
- формулировать второе условие равновесия твёрдого тела (на примере рычага), используя понятия плеча силы и момента силы;
- рассматривать равновесие твёрдого тела (шарика), находящегося на вогнутой, выпуклой и горизонтальной поверхностях;
- приводить примеры простых механизмов — устройств, с помощью которых можно изменять направление и модуль силы;
- формулировать условие равновесия рычага и записывать его математическое выражение;
- показывать теоретически, что неподвижный блок не даёт выигрыша в силе, а только позволяет изменять направление действия силы;
- устанавливать, что с помощью подвижного блока можно получить выигрыш в силе в два раза;
- понимать физический смысл «золотого правила» механики и применять его к объяснению действия различных простых механизмов;
- характеризовать эффективность использования подводимой к системе (механизмы, двигатели, машины) энергии с

помощью физической величины — коэффициента полезного действия (КПД);

- рассматривать условия равновесия жидкостей и газов под действием приложенных к ним сил и равновесия твёрдых тел в жидкостях и в газах;
- понимать смысл такой физической модели, как идеальная жидкость;
- анализировать результат действия силы на поверхность неподвижного тела с помощью физической величины — давления;
- подтвердить экспериментально и формулировать закон Паскаля и закон Архимеда, записывать математическое выражение закона Архимеда;
- описывать опыт Торричелли, с помощью которого было доказано существование атмосферного давления;
- наблюдать и анализировать действие архимедовой силы, указывать направление её вектора;
- формулировать и исследовать условие плавания тел;
- применять условия равновесия твёрдого тела, законы гидро- и аэростатики при решении задач.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- устанавливать, что для выполнения первого условия равновесия твёрдого тела необходимо равенство нулю модуля начальной скорости его центра масс;
- объяснять на примере пары сил, почему равенство нулю суммы внешних сил, действующих на тело, необходимо для его равновесия, но недостаточно;
- показывать, что для выполнения второго условия равновесия твёрдого тела необходимо равенство нулю угловой скорости его вращения;
- понимать, что потенциальная энергия твёрдого тела в устойчивом положении имеет минимальное значение;
- применять условие равновесия рычага для объяснения действия различных инструментов, используемых в технике и в быту;
- подтверждать экспериментально преобразования сил и движений с помощью простых механизмов;

- доказывать теоретически, что, используя простой механизм, можно выиграть или в силе, или в расстоянии (на примере наклонной плоскости);
- понимать, что «золотое правило» механики лишь приближённо считается законом, так как в нём не учитывается преобразование механической работы во внутреннюю энергию тела;
- объяснять, почему КПД реального механизма всегда меньше единицы;
- показывать, что в основе действия сообщающихся сосудов, гидравлических механизмов и машин лежит закон Паскаля;
- измерять атмосферное давление с помощью барометра-анероида;
- измерять модуль архимедовой силы с помощью динамометра с учётом погрешностей измерений;
- объяснять возникновение подъёмной силы воздушного шара;
- решать физические задачи, используя условия равновесия твёрдого тела, формулы, связывающие основные величины и законы гидро- и аэростатики, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по статике, гидро- и аэростатике.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- проверять экспериментально теоремы, сформулированные в книге Архимеда «О равновесии плоских фигур»;
- рассматривать устройство и принцип действия полиспаста;
- определять, какой выигрыш в силе даёт конкретный полиспаст;

- объяснять с помощью законов гидро- и аэростатики условие плавания тел (подводных лодок, воздушных шаров, дирижаблей и других морских и воздушных судов);
- анализировать фрагменты сочинения Архимеда «О плавающих телах» и формулировать вывод о том, что в них приведён закон Архимеда;
- определять объём полости в теле с помощью первого условия равновесия твёрдого тела и закона Архимеда;
- выдвигать гипотезы при исследовании условий равновесия твёрдого тела, законов гидро- и аэростатики.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об условиях равновесия твёрдого тела, о законах гидро- и аэростатики;
- обсуждать структурные элементы классической механики, границы применимости физических законов, используемых в этом разделе физики;
- приводить примеры практического использования физических знаний об условиях равновесия твёрдого тела, о законах гидро- и аэростатики;
- решать физические задачи повышенной сложности на использование условий равновесия твёрдого тела, законов гидро- и аэростатики: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Статика. Законы гидро- и аэростатики» рассчитано на 5 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 3 часа, на решение задач — 1 час, на проведение контрольной работы № 2 — 1 час. Увеличение учебного времени до 6 часов (вариант II) возможно за счёт дополнительного урока решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Условия равновесия материальной точки и твёрдого тела. Виды равновесия	§ 30 ПРЗ ЗУ: 2	§ 30 ЗУ: 1, 3
2	Простые механизмы. Условие равновесия рычага. Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов и машин	§ 31 ЗУ: 1, 2	§ 31 ЗУ: 3
3	Давление. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Закон Архимеда. Условие плавания тел	§ 32 ПРЗ ЗУ: 2	§ 32 ЗУ: 1 [ТЗ]
4 [4–5]	Решение задач	§ 30 ЗУ: 4 [ТЗ]	§ 32 ЗУ: 4 «Самое важное в главе»

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
		§ 31 ЗУ: 4 [ТЗ] § 32 ЗУ: 3, 5	
5 [6]	Контрольная работа № 2		

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Статика. Законы гидро- и аэростатики» рассчитано на 6 часов. Из них на изучение нового материала отводится 3 часа, на решение задач – 2 часа, на проведение контрольной работы № 3 – 1 час. Дополнительная фронтальная лабораторная работа (ФЛР 2.4) и лабораторная работа физического практикума (ФЛР 3.3) могут быть выполнены за счёт резерва учебного времени.

Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Механика» используются ЗПС: 9, 10.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Условия равновесия материальной точки и твёрдого тела. Виды равновесия	§ 30 ПРЗ ТЗ	§ 30 ЗУ: 1, 3

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
2	Простые механизмы. Условие равновесия рычага. Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов и машин	§ 31 ЗУ: 1 ТЗ	§ 31 ЗУ: 2
3	Давление. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Закон Архимеда. Условие плавания тел	§ 32 ПРЗ ЗУ: 2 ТЗ	§ 32 ЗУ: 1
4—5	Решение задач	§ 30 ЗУ: 2, 5* § 31 ЗУ: 3, 4 § 32 ЗУ: 3, 5, 6* ЗПС: 9, 10	§ 30 ЗУ: 4 § 32 ЗУ: 4 «Самое важное в главе»
6	Контрольная работа № 3		

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Глава 7

Методы изучения тепловых явлений. Температура

Структура и содержание учебного материала

Раздел «Молекулярная физика» включает в себя две взаимосвязанные физические теории — молекулярно-кинетическую теорию и термодинамику. Каждая из них использует собственный метод исследования тепловых явлений и процессов (соответственно статистический и термодинамический методы). Традиционно основы этих теорий изучаются отдельно в школьном курсе физики, а при изучении агрегатных состояний вещества и фазовых переходов они взаимно дополняют друг друга. В курсе физики 10 класса преобладающим методом исследования тепловых явлений является статистический метод. Он используется при изучении молекулярно-кинетической теории идеального газа, термодинамики, агрегатных состояний вещества и фазовых переходов.

В связи с тем что статистический и термодинамический методы лежат в основе изложения учебного материала по молекулярно-кинетической теории и термодинамике, их сущность раскрывается в главе «Методы изучения тепловых явлений. Температура». Содержательная схема её изучения приведена на с. 92. При этом вводится понятие температуры как одного из важнейших параметров термодинамической системы. В дальнейшем оно будет рассмотрено и с точки зрения статистического метода — как мера средней кинетической энергии поступательного хаотического движения молекул идеального газа.

Методы изучения тепловых явлений. Температура

Объекты изучения: макроскопические процессы, обусловленные движением молекул и атомов		
Статистический метод	Модель идеального газа	Термодинамический метод
Основные понятия и физические величины: положения молекулярно-кинетической теории, наиболее общие характеристики молекул, случайное событие, вероятность случайного события, макросостояние, <i>распределение молекул газа по скоростям</i>	Описание тепловых явлений и процессов, газовых законов, свойств вещества в различных агрегатных состояниях, фазовых переходов	Основные понятия и физические величины: важнейшие параметры термодинамической системы (температура, объём, давление, масса), термодинамическое (тепловое) равновесие, равновесный процесс
Объяснение броуновского движения, диффузии, характера движения и взаимодействия молекул в жидкостях, газах и твёрдых телах, распределения молекул идеального газа по объёму сосуда		Введение понятия температуры как характеристики равновесного состояния термодинамической системы. Измерение температуры. Температурные шкалы (Цельсия, идеальная газовая, Кельвина, <i>Фаренгейта</i>)

В § 33 представлены основные положения молекулярно-кинетической теории, с которыми учащиеся познакомились при изучении курса физики основной школы, а также на уроках химии и биологии. При этом межпредметные связи физики с химией реализуются при изучении косвенного доказательства Д. Дальтоном того, что все вещества состоят из молекул (творческое задание «Из истории развития физики»), физики с биологией – через описание экспериментов Р. Броуна по наблюдению беспорядочного движения малых частиц, взвешенных в жидкости или в газе.

Изложение учебного материала осуществляется на теоретическом и эмпирическом уровнях. Учащиеся рассматривают наиболее общие характеристики молекул и связывающие их соотношения. Важно подчеркнуть, что метод приближённой оценки результатов опытов по наблюдению тонкой плёнки, которую образует капля оливкового или моторного масла на поверхности воды, позволяет определить размеры молекул жидкости. Для подтверждения основ молекулярно-кинетической теории следует широко использовать: систему демонстрационного эксперимента (её описание приводится в методическом пособии к курсу физики 7 класса); материал о механической модели броуновского движения (о нём рассказано в методическом пособии к курсу физики 8 класса) и средства ИКТ.

В § 34 рассматривается статистический метод описания теплового движения молекул применительно к идеальному газу. Эта физическая модель подробно обсуждалась в курсе физики 8 класса. В старшей школе необходимо сделать акцент на том, что столкновения молекул идеального газа между собой и со стенками сосуда являются абсолютно упругими.

Изучение способов распределения молекул идеального газа между двумя частями сосуда позволяет сделать два ключевых вывода: 1) каждое макросостояние системы может быть реализовано определённым числом различных микросостояний; 2) равномерное распределение молекул газа в сосуде является наиболее вероятным состоянием.

Для равновесного состояния газа можно количественно охарактеризовать вероятность распределения его частиц по скоростям. При углублённом изучении курса физики учащиеся анализируют графики распределения молекул газа (кислорода)

по скоростям. Для наглядного представления распределения молекул газа по скоростям используется механическая модель — доска Гальтона. Важно показать, что оно является статистической закономерностью.

В § 35 приведены составляющие термодинамического метода применительно к учебному материалу о температуре. Данная физическая величина является одним из важнейших параметров термодинамической системы. Новым по сравнению с курсом физики основной школы является материал, посвящённый созданию термометра, свойства термометрического тела которого зависели бы от температуры по строгому закону.

Метод экспериментального определения температуры термодинамической системы основан на газовых законах. В качестве термометрического тела был выбран идеальный газ. В связи с этим температура, определённая по газовому закону ($pV = CT$), слабо зависит от химической природы газа, которым заполнен резервуар газового термометра. Шкалу температур, которая не зависела бы от свойств термометрического тела, предложил У. Томсон (лорд Кельвин). Она построена на основе законов термодинамики и является основной температурной шкалой в физике.

При углублённом изучении курса физики за счёт резерва учебного времени можно провести фронтальную лабораторную работу «Оценка размеров молекул масла» (ФЛР 2.5).

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

*По окончании изучения главы учащийся на-
учится:*

- рассматривать особенности статистического и термодинамического методов и применять их к описанию тепловых явлений и процессов;
- формулировать основные положения молекулярно-кинетической теории;
- приводить наиболее общие характеристики молекул: размеры молекул, количество вещества, число Авогадро, относительная молекулярная масса и молярная масса;
- оценивать размеры молекул жидкости по величине их поверхностного слоя;
- раскрывать физический смысл постоянной Авогадро и атомной единицы массы;
- записывать числовые значения постоянной Авогадро и атомной единицы массы, формулы определения количества вещества, относительной молекулярной массы, молярной массы;
- наблюдать и объяснять с позиций молекулярно-кинетической теории броуновское движение и явление диффузии;
- понимать смысл таких физических моделей, как: идеальный газ, термодинамическая система, равновесное состояние системы, равновесный процесс;
- рассматривать составляющие термодинамического метода на примере введения температуры – одного из важнейших параметров термодинамической системы;
- измерять температуру тел термометром;
- приводить примеры различных видов термометров;
- объяснять устройство температурной шкалы Цельсия;
- выражать значения температуры тела с помощью шкалы Цельсия, абсолютной (термодинамической) шкалы температур.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- понимать, что размеры молекул одного и того же вещества одинаковы;
- объяснять, что с ростом температуры модуль средней скорости движения броуновских частиц (следовательно, и молекул) увеличивается;
- описывать характер движения и взаимодействия молекул в жидкостях, газах и твёрдых телах;
- показывать, что на основе законов механики описать хаотичность молекулярного движения невозможно;
- изучать такие вероятностно-статистические понятия, как: случайное событие, вероятность случайного события, макросостояние, микросостояние, и использовать их для характеристики распределения частиц идеального газа по объёму сосуда;
- делать выводы, что хаотичность молекулярного движения в идеальном газе проявляется в равномерном распределении молекул по объёму и направлениям движения; каждое макросостояние системы может быть реализовано определённым числом различных микросостояний;
- анализировать интервалы скоростей молекул кислорода (при нормальных условиях) и вероятность микросостояний молекул кислорода, имеющих скорости в данных интервалах;
- указывать интервал наиболее вероятных скоростей молекул кислорода, используя табличные данные;
- различать эмпирическую газовую и теоретическую (абсолютную) температурные шкалы;
- объяснять преимущество идеальной газовой шкалы перед эмпирическими температурными шкалами, устройство и физические основы работы газового термометра как прибора для прямого измерения температуры термодинамической системы;
- измерять температуру тел термометром с учётом абсолютной и относительной погрешностей измерения;
- решать задачи, используя основные положения молекулярно-кинетической теории, наиболее общие характеристики молекул, вероятностно-статистические понятия, соотно-

шение, связывающее значения температур по шкалам Цельсия и Кельвина;

- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы, посвящённые методам изучения тепловых явлений.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- анализировать историю развития атомно-молекулярной гипотезы строения вещества;
- оценивать объём одной молекулы (или атома) в жидкостях и твёрдых телах;
- изучать закон кратных отношений и обосновывать его важность для подтверждения атомно-молекулярной гипотезы;
- описывать распределение молекул газа по скоростям, используя диаграмму, графики и механическую модель — доску Гальтона;
- показывать, что распределение молекул газа по скоростям зависит от температуры;
- анализировать результаты экспериментального исследования Ж. Перреном броуновского движения, в частности график зависимости распределения броуновских частиц, взвешенных в эмульсии гуммигута, от высоты, а также иллюстрации из работы Перрена «Атомы»;
- раскрывать общие составляющие термодинамического метода и естественнонаучного метода познания;
- устанавливать соотношение, связывающее значения температур по шкалам Цельсия и Фаренгейта.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об основных положениях, методах исследования и основных понятиях молекулярно-кинетической теории и термодинамики;
- приводить примеры практического использования физических знаний о статистическом и термодинамическом методах исследования тепловых явлений и процессов;
- решать физические задачи повышенной сложности на использование вероятностно-статистических понятий: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Методы изучения тепловых явлений. Температура» рассчитано на 3 часа (вариант I). Увеличение учебного времени до 6 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 33 и двух дополнительных уроков решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1 [1–2]	Основные положения молекулярно-кинетической теории. Строение вещества. Масса и размеры молекул. Постоянная Авогадро. Тепловое движение частиц вещества. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие частиц вещества. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел и объяснение свойств вещества на основе этих моделей	§ 33 ЗУ: 1, 2	§ 33 ЗУ: 3
2 [3]	Идеальный газ. Статистический метод описания теплового движения	§ 34 ПРЗ ЗУ: 2	§ 34 ЗУ: 1

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
3 [4]	Термодинамический метод. Термодинамическое равновесие. Равновесный термодинамический процесс. Температура. Шкала Цельсия. Термодинамическая (абсолютная) шкала температур. Абсолютная температура	§ 35 ЗУ: 1	§ 35 ЗУ: 2 «Самое важное в главе»
[5–6]	Решение задач	§ 33 ЗУ: 4 [ТЗ] § 34 [ТЗ] § 35 ЗУ: 3 [ТЗ]	§ 34 ЗУ: 3

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Методы изучения тепловых явлений. Температура» рассчитано на 7 часов. Из них на изучение нового материала отводится 5 часов, на решение задач – 2 часа. Дополнительная ФЛР 2.5 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени. Значительное внимание следует уделить выполнению индивидуальных заданий творческого характера.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1–2	<p>Основные положения молекулярно-кинетической теории. Строение вещества. Масса и размеры молекул. Постоянная Авогадро. Тепловое движение частиц вещества. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие частиц вещества. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел и объяснение свойств вещества на основе этих моделей</p>	<p>§ 33 ЗУ: 1, 2, 4</p>	<p>§ 33 ЗУ: 3</p>
3–4	<p>Идеальный газ. Статистический метод описания теплового движения. Распределение молекул газа по скоростям</p>	<p>§ 34 ПРЗ ЗУ: 2, 3 ТЗ</p>	<p>§ 34 ЗУ: 1</p>
5	<p>Термодинамический метод. Термодинамическое равновесие. Равновесный термодинамический процесс. Температура. Шкала Цельсия. Идеальная газовая шкала. Термодинамическая (абсолютная) шкала температур. Абсолютная температура</p>	<p>§ 35 ЗУ: 2, 3 ТЗ</p>	<p>§ 35 ЗУ: 1 «Самое важное в главе»</p>

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
6–7	Решение задач	§ 33 ЗУ: 5* ТЗ § 34 ЗУ: 5, 6* § 35 ЗУ: 4*	§ 34 ЗУ: 4

Структура и содержание учебного материала

В главе рассматриваются основные понятия, величины, законы, уравнения и практические применения молекулярно-кинeтической теории идеального газа. Экспериментальным подтверждением её теоретических представлений являются опыты Штерна по измерению значений скоростей теплового движения частиц (молекул, атомов). При изложении учебного материала следует использовать взаимосвязь статистического и термодинамического методов. Для изучения свойств газа применяют физическую модель — идеальный газ, элементы теории вероятностей, законы механики. Это позволяет получить основное уравнение молекулярно-кинeтической теории, а из него дедуктивным методом вывести уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона — Менделеева).

С учащимися важно установить и проанализировать связь средней кинeтической энергии хаотического движения молекул идеального газа и абсолютной температуры. Газовые законы можно получить на основе уравнения состояния идеального газа и интерпретировать на основе статистического метода.

На с. 105 приведена содержательная схема изучения главы. В § 36 учащиеся знакомятся с упрощённой схемой опыта Штерна и условиями его проведения. Анализ результатов опыта позволяет сделать вывод о распределении молекул газа по скоростям при определённой температуре (см. рис. 149 учебника) и существовании наиболее вероятной скорости. Внимание уча-

щихся следует обратить на соотношение между наиболее вероятной, средней и средней квадратичной скоростями. По своему численному значению три данные физические величины очень близки, что свидетельствует о строгой статистической закономерности. Для описания особенностей теплового движения молекул вводится понятие средней кинетической энергии их хаотического движения. Эта физическая величина имеет вполне определённое значение для данной температуры.

В § 37 рассматривается мысленный эксперимент Р. Клаузиуса, описывающий возникновение давления газа на стенку сосуда. Далее необходимо определить, от каких физических величин зависит это давление. Используя законы Ньютона, закон сохранения импульса, а также понятия средней силы, среднего квадрата скорости хаотического движения молекул и среднего квадрата проекции скорости, устанавливают зависимость давления идеального газа от концентрации молекул и средней кинетической энергии их хаотического поступательного движения. С учащимися следует обсудить ряд допущений, необходимых для упрощения вывода основного уравнения молекулярно-кинетической теории.

В § 38 раскрывается связь между средней кинетической энергией хаотического движения молекул газа и абсолютной температурой на основе закона Шарля и основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа. При этом вводится коэффициент пропорциональности — постоянная Больцмана. С учащимися важно сделать вывод, что средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул идеального газа пропорциональна абсолютной температуре.

Используя основное уравнение молекулярно-кинетической теории $p = \frac{2}{3}n\bar{E}$ и выражение $\bar{E} = \frac{3}{2}kT$, можно получить формулу $p = nkT$, которая устанавливает связь между давлением идеального газа, концентрацией его молекул и абсолютной температурой.

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) идеального газа

Взаимосвязь между макроскопическими и микроскопическими параметрами термодинамической системы (идеального газа)	
Эмпирический базис	Физические величины
Тепловое движение молекул. Опыты Штерна	Средняя квадратичная скорость
<i>Исследование зависимости давления идеального газа от концентрации молекул и их средней кинетической энергии</i>	Наиболее вероятная скорость
<i>Исследование изопроцессов с помощью сиффона</i>	Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул
Распределение молекул газа по скоростям: анализ экспериментальных данных	Температура и средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул
	Внутренняя энергия идеального одноатомного газа
	Физические законы, уравнения, константы
	Основное уравнение МКТ
	Постоянная Больцмана. Формула, выражающая зависимость давления идеального газа от концентрации его молекул и абсолютной температуры
	Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона — Менделеева). Универсальная газовая постоянная
	Изопроцессы. Газовые законы
	Границы применимости основных законов и уравнений МКТ

В § 39 вводятся уравнение состояния идеального газа и универсальная газовая постоянная. Она равна произведению постоянной Больцмана и числа Авогадро. Необходимо отметить, что французский физик Б. Клапейрон вывел уравнение состояния идеального газа, объединив законы Бойля – Мариотта и Гей-Люссака. В результате им было получено следующее выражение (уравнение Клапейрона): $\frac{pV}{T} = B = \text{const}$, где B – газовая постоянная, различная для разных газов.

Для газа, взятого в количестве $\nu = 1$ моль, уравнение состояния идеального газа получил русский учёный Д.И. Менделеев. С учащимися важно обсудить границы применимости уравнения Клапейрона – Менделеева. После этого следует определить внутреннюю энергию одноатомного газа (на примере гелия) с использованием уравнения состояния идеального газа и основного уравнения молекулярно-кинетической теории.

В § 40 газовые законы интерпретируются с точки зрения молекулярно-кинетической теории исходя из строения и свойств идеального газа. Напомним, что в курсе физики 8 класса газовые законы вводились опытным путём. В курсе физики 10 класса они рассматриваются согласно следующей схеме: характеристика изучаемого изопротесса → математическая связь между двумя параметрами газа (при фиксированном значении третьего параметра) → формулировка газового закона → запись газового закона при решении задач → графическое представление изопротесса → статистическая трактовка газового закона. После этого следует обсудить границы применимости газовых законов и примеры изопротессов.

При изучении главы проводятся несколько фронтальных лабораторных работ: «Экспериментальная проверка закона Бойля – Мариотта» (ФЛР 1.7) и «Экспериментальная проверка уравнения состояния идеального газа» (ФЛР 2.6). ФЛР 1.7 выполняется на базовом и углублённом уровнях. Её описание приведено в учебнике. Дополнительная ФЛР 2.5 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- рассматривать схему опыта Штерна по измерению значений скоростей теплового движения частиц (молекул, атомов);
- понимать физический смысл таких понятий, как: средняя квадратичная скорость, средняя (средняя арифметическая) скорость, наиболее вероятная скорость, средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа;
- объяснять тепловое движение молекул идеального газа с помощью понятия средней кинетической энергии их поступательного движения;
- описывать условия, удовлетворяющие модели идеального газа;
- записывать и анализировать основное уравнение молекулярно-кинетической теории, уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева);
- устанавливать связь между средней кинетической энергией хаотического движения молекул идеального газа и абсолютной температурой;
- приводить значения таких физических констант, как: постоянная Больцмана, универсальная газовая постоянная;
- раскрывать физический смысл температуры с точки зрения молекулярно-кинетической теории;
- понимать, что внутренняя энергия идеального газа определяется кинетической энергией хаотического движения его молекул;
- рассматривать внутреннюю энергию идеального одноатомного газа;
- раскрывать физическую сущность изотермического, изобарного и изохорного процессов и приводить их примеры;
- формулировать и приводить математическую запись закона Бойля – Мариотта, закона Гей-Люссака, закона Шарля;

- объяснять изотермический, изохорный и изобарный процессы с точки зрения молекулярно-кинетической теории;
- анализировать графики изо процессов: изотермы, изобары и изохоры;
- решать задачи на определение основных величин, характеризующих тепловое движение молекул, на использование основного уравнения молекулярно-кинетической теории, уравнения состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева), газовых законов.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- обсуждать схему опыта Штерна, усовершенствованную на основе идеи разделения (селекции) молекул газа по скоростям;
- анализировать результаты опыта Штерна, используя график распределения молекул газа по скоростям при определённой температуре;
- показывать, что наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости молекул очень близки по своим числовым значениям;
- делать вывод о существовании строгой статистической закономерности, которая проявляется в тепловом движении молекул газа;
- получать закономерность, отражающую связь между средним квадратом проекции скорости и средним квадратом скорости хаотического движения молекул газа;
- описывать мысленный эксперимент Р. Клаузиуса, с помощью которого можно объяснить возникновение давления газа на стенку сосуда;
- рассматривать законы механики и допущения, которые используются при выводе основного уравнения молекулярно-кинетической теории;
- устанавливать и анализировать формулу, выражающую зависимость давления идеального газа от концентрации его молекул и абсолютной температуры;
- выводить уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева);
- понимать границы применимости уравнения Клапейрона – Менделеева, газовых законов;

- получать и анализировать выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа;
- объяснять условие, при котором происходит изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа;
- делать вывод о том, что газовые законы представляют собой частный случай уравнения Клапейрона – Менделеева;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные величины, уравнения и законы молекулярно-кинетической теории идеального газа, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по молекулярно-кинетической теории идеального газа.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- обсуждать вклад учёных-физиков в развитие молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- объяснять значение опыта Штерна по измерению скорости теплового движения частиц для развития молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- анализировать результаты опыта Штерна, исходя из распределения молекул газа по скоростям (распределения Максвелла);
- выводить основное уравнение молекулярно-кинетической теории;
- исследовать зависимость давления идеального газа от концентрации молекул и их средней кинетической энергии с помощью механической модели;

- исследовать экспериментально изотермический, изобарный и изохорный процессы с помощью сиффона;
- выдвигать гипотезы при исследовании особенностей теплового движения молекул газа, газовых законов.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- обсуждать структурные элементы молекулярно-кинетической теории идеального газа, границы применимости физических законов, используемых в этой теории;
- рассматривать исторические этапы становления и развития молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал о понятиях, физических величинах, законах и уравнениях молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- приводить примеры практического использования физических знаний о молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- решать физические задачи повышенной сложности по молекулярно-кинетической теории идеального газа: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Молекулярно-кинетическая теория идеального газа» рассчитано на 7 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 5 часов, на решение задач – 1 час, на выполнение ФЛР 1.7 – 1 час. Увеличение учебного времени до 11 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 39, дополнительных уроков решения задач и проведения контрольной работы № 3. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Тепловое движение молекул газа. Опыт Штерна. Средняя квадратичная скорость и средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа	§ 36 ЗУ: 2, 3	§ 36 ЗУ: 1 [ТЗ]
2	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	§ 37 ПРЗ ЗУ: 1 [ТЗ]	§ 37 ЗУ: 3
3	Температура и средняя кинетическая энергия молекул. Постоянная Больцмана	§ 38 ЗУ: 2, 4	§ 38 ЗУ: 1 [ТЗ]
4 [5]	Уравнение состояния идеального газа	§ 39 ПРЗ	§ 39 ЗУ: 1

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	(уравнение Клапейрона — Менделеева). Универсальная газовая постоянная. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа	ЗУ: 2, 3	[ТЗ]
5	Молекулярно-кинетическая теория и газовые законы	§ 40 ПРЗ [ТЗ]	§ 40 ЗУ: 1
6 [7–9]	Решение задач	§ 36 ЗУ: 4, 5 § 37 ЗУ: 2 § 38 ЗУ: 5 § 39 ЗУ: 4, 5 § 40 ЗУ: 3, 4	§ 38 ЗУ: 3 § 40 ЗУ: 2
7 [10]	ФЛР 1.7		«Самое важное в главе»
[11]	Контрольная работа № 3		

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Молекулярно-кинетическая теория идеального газа» рассчитано на 11 часов. Из них на изучение нового материала отводится 6 часов, на решение задач — 3 часа, на выполнение ФЛР 1.7 — 1 час, на проведение контрольной работы № 4 — 1 час. Дополнительная ФЛР 2.6 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Молекулярная физика» используются ЗПС: 2, 3.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Тепловое движение молекул газа. Опыт Штерна. Средняя квадратичная скорость и средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа	§ 36 ЗУ: 2, 3 ТЗ	§ 36 ЗУ: 1
2	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	§ 37 ПРЗ ЗУ: 1, 4* ТЗ	§ 37 ЗУ: 3
3	Температура и средняя кинетическая энергия молекул. Постоянная Больцмана	§ 38 ЗУ: 2, 4	§ 38 ЗУ: 1 ТЗ
4–5	Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона — Менделеева). Универсальная газовая постоянная. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа	§ 39 ПРЗ ЗУ: 2, 3, 6* ТЗ	§ 39 ЗУ: 1
6	Молекулярно-кинетическая теория и газовые законы	§ 40 ПРЗ ЗУ: 5* ТЗ	§ 40 ЗУ: 1

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
7–9	Решение задач	§ 36 ЗУ: 4, 5 § 37 ЗУ: 2, 5* § 38 ЗУ: 5, 6* § 39 ЗУ: 4, 5 § 40 ЗУ: 4, 6* ЗПС: 2, 3	§ 38 ЗУ: 3 § 40 ЗУ: 2, 3
10	ФЛР 1.7		«Самое важное в главе»
11	Контрольная работа № 4		

Структура и содержание учебного материала

Термодинамика — физическая теория, изучающая наиболее общие свойства макроскопических физических систем, которые находятся в состояниях термодинамического равновесия, и процессы перехода между этими состояниями. В основе термодинамики лежат фундаментальные принципы (начала), которые являются обобщением множества наблюдений и выполняются независимо от природы тел, образующих систему. По этой причине закономерности и соотношения между физическими величинами, установленные в рамках термодинамики, имеют универсальный характер.

На с. 117 приведена содержательная схема изучения главы. При изложении учебного материала к описанию рассматриваемых тепловых явлений и процессов можно применить как термодинамический, так и статистический метод. Термодинамический метод позволяет исследовать системы, состоящие из большого числа частиц, с помощью макроскопических параметров при различных превращениях энергии, происходящих в системе. При этом не учитывается внутренняя структура термодинамических систем и не используются какие-либо модели строения вещества. С помощью статистического метода можно объяснить изопроцессы с точки зрения молекулярно-кинетической теории, а также провести статистическую интерпретацию второго начала (закона) термодинамики.

Одним из центральных понятий термодинамики является внутренняя энергия, которая связана с тепловым (хаотическим) движением молекул. Отметим, что внутренняя энергия является однозначной функцией состояния термодинамической системы (а не функцией процесса), которая определяется

рядом макроскопических параметров (давление, объём, температура). Из этого следует, что в каждом состоянии термодинамическая система обладает лишь одним значением внутренней энергии. Для более полного определения понятия внутренней энергии необходимо использовать термодинамическую и молекулярно-кинетическую трактовки.

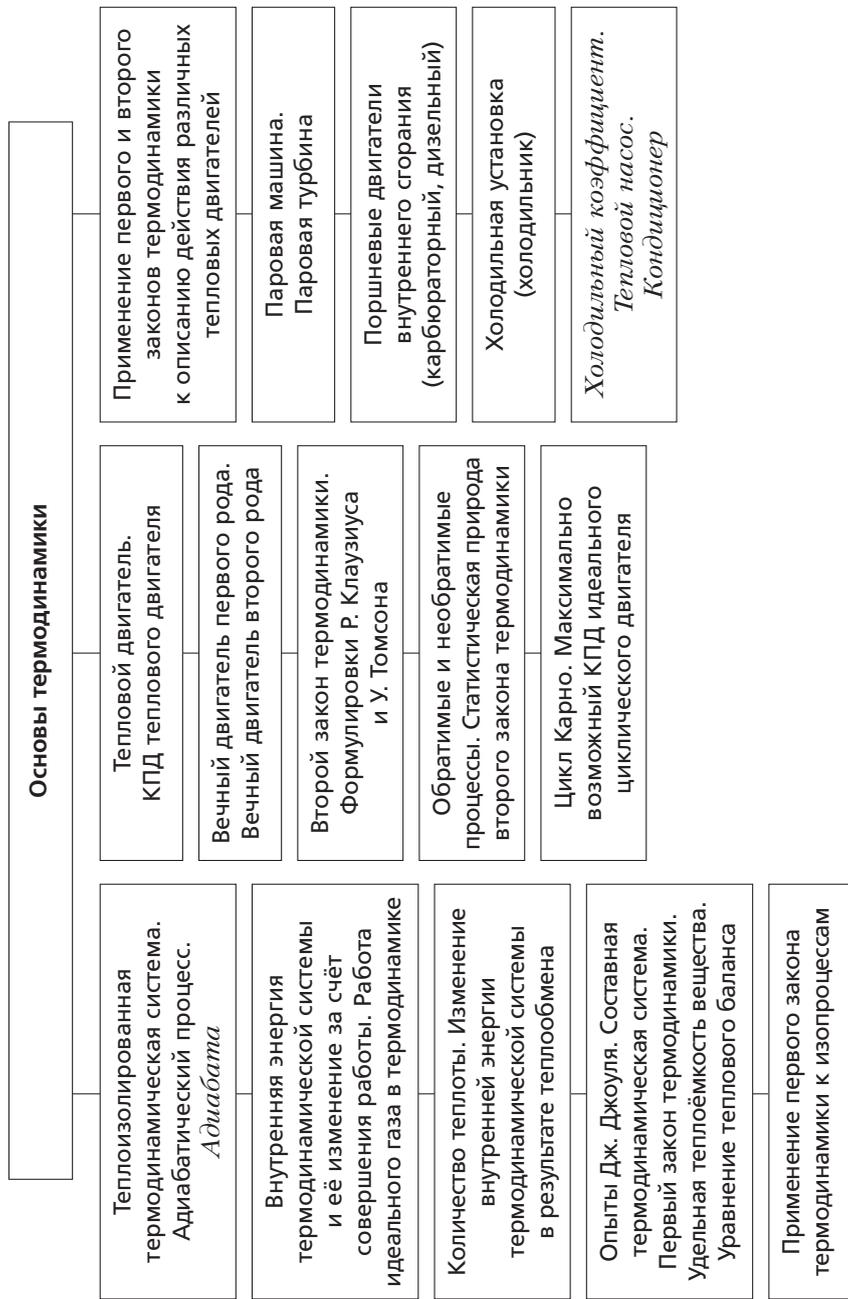
Внутренняя энергия системы зависит от характера движения и взаимодействия составляющих её частиц. В современной физике под внутренней энергией понимают сумму:

- кинетической энергии хаотического (теплого) движения частиц (молекул, атомов, ионов и др.), образующих систему;
- потенциальной энергии их взаимодействия друг с другом;
- энергии движения и взаимодействия частиц в атомах и молекулах (энергия колебательного движения атомов, энергия электронных оболочек атомов, внутриядерная энергия и др.).

При изучении тепловых явлений внутренняя энергия определяется суммой кинетической энергии хаотического движения молекул и потенциальной энергии их взаимодействия. Другие виды внутренней энергии остаются неизменными при температурах, которые используются в термодинамике.

В курсе физики старшей школы происходит дальнейшее формирование представления о фундаментальном принципе сохранения энергии. Первый закон термодинамики представляет собой закон сохранения энергии для тепловых процессов. Для учащихся второй закон термодинамики можно сформулировать в доступной форме (без привлечения понятия энтропии), используя циклически действующий тепловой двигатель: «В циклическом тепловом двигателе невозможно преобразовать всё количество теплоты, полученное от нагревателя, в механическую работу» (формулировка У. Томсона).

Таким образом, второй закон термодинамики указывает на необратимость процессов перехода одной формы движения в другую. Законы термодинамики лежат в основе действия тепловых двигателей и машин.



Перед изучением § 41 рекомендуется повторить основные понятия и модели, характеризующие объекты изучения термодинамики, такие как термодинамическая система, тепловое равновесие, процесс, равновесное состояние системы, равновесный термодинамический процесс, теплоизолированная термодинамическая система. Учащиеся знакомятся с новым видом изопроцессов – адиабатическим процессом. Он представляет собой термодинамический процесс, который происходит в системе без её теплообмена (т. е. $Q = 0$) с окружающими телами.

В курсе физики 8 класса была приведена формула для работы, совершённой при расширении идеального газа при постоянном давлении (изобарном процессе). С учащимися необходимо определить работу идеального газа и для других изопроцессов. Из графика изохорного процесса (см. рис. 166 учебника) следует, что работа, совершаемая газом, равна нулю. По графику изотермического процесса (см. рис. 167 учебника) можно определить работу газа, которая соответствует площади под кривой, изображающей изотермическое расширение.

В § 42 проводится повторение таких понятий, как теплообмен, количество теплоты, удельная теплоёмкость вещества. При взаимодействии движущихся молекул одного тела с медленно движущимися молекулами другого тела совершается работа, в результате которой кинетическая энергия молекул первого тела уменьшается, а второго – возрастает. Подобная статистическая интерпретация теплообмена позволяет ввести понятие количества теплоты. В отличие от курса физики основной школы, первый закон термодинамики устанавливается не только экспериментально (опыты Дж. Джоуля), но и теоретически (для общего случая). Его теоретический вывод основан на описании двух термодинамических систем, заполненных газом и находящихся в адиабатической оболочке (см. рис. 174 учебника).

После этого необходимо проанализировать уравнение этого закона для теплоизолированной термодинамической системы и сделать вывод, что её внутренняя энергия сохраняется. Этот вывод лежит в основе уравнения теплового баланса. Перед тем как решать задачи на его применение, важно повторить формулы определения количества теплоты, необходимой для изменения температуры системы, и удельной теплоёмкости вещества.

В § 43 рассматривается применение первого закона термодинамики к изопроцессам — изохорному, изобарному, изотермическому и адиабатическому. На примере описания изохорного процесса для идеального одноатомного газа у учащихся формируются представления о внутренней энергии как функции состояния, направлении передачи количества теплоты от одного тела к другому. При этом отрабатывается умение выбирать знаки физических величин, входящих в первый закон термодинамики, в зависимости от изопроцесса. Итогом изложения материала параграфа может стать составление таблицы, примерный вид которой представлен на с. 253 учебника (таблица 16).

В § 44 представлено описание тепловых двигателей. Анализ схемы преобразования тепловой энергии в механическую работу позволяет сделать вывод, что теплота не может самопроизвольно переходить от менее нагретого тела к более нагретому. Необходимость введения второго закона термодинамики обусловлена тем, что первый закон термодинамики не позволяет установить, в каком направлении может осуществляться термодинамический процесс. В данном параграфе рассматриваются обратимые и необратимые процессы (их невозможно различить в рамках первого закона термодинамики), отражающие особенности тепловой формы движения материи. Второй закон термодинамики приобретает статистический смысл, так как выражает необратимость процессов, которая связана с тем, что неравновесные макросостояния маловероятны.

В § 45 рассматриваются различные виды тепловых двигателей (паровая машина, паровая турбина, карбюраторный и дизельный двигатели, холодильная установка). Описание каждого теплового двигателя можно провести по следующей схеме: название и назначение устройства → автор (или авторы) изобретения → конструктивные особенности → физические основы работы → примеры практического применения → КПД устройства. Значительное внимание следует уделить описанию устройства и действия холодильника, идеальной холодильной установки, работающей по обратному циклу Карно. С учащимися необходимо сравнить графики прямого и обратного циклов Карно (см. рис. 179 и 186 учебника) и показать, что в результате обратного кругового процесса количество теплоты передаётся от холодильника к нагревателю. Отметим, что для

действия холодильной машины необходимо совершение работы внешними источниками (тепловой двигатель сам совершает полезную работу).

При углублённом изучении курса физики учащиеся знакомятся с такой важной характеристикой работы холодильной машины, как холодильный коэффициент. Если идеальный холодильник (т. е. без учёта потерь энергии) работает по циклу Карно, то его холодильный коэффициент можно вычислить по формуле, в которую входят только температуры нагревателя и холодильника. Кроме того, учащиеся рассматривают такие режимы работы холодильной установки, как тепловой насос и кондиционер. Схему преобразования механической работы в тепловую энергию в кондиционере можно изучить, выполнив задание из РТ № 1 (8 класс) к § 14.

В конце § 45 обсуждаются экологические проблемы использования тепловых двигателей. При этом рекомендуется использовать схему к § 14 из методического пособия к курсу физики 8 класса.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- приводить примеры термодинамических систем;
- объяснять понятие внутренней энергии термодинамической системы с точки зрения молекулярно-кинетической теории;
- показывать, что при изучении тепловых явлений внутренняя энергия определяется суммой кинетической энергии хаотического движения молекул и потенциальной энергии их взаимодействия;
- рассматривать адиабатический процесс как термодинамический процесс, происходящий в системе без её теплообмена с окружающими телами;
- наблюдать и экспериментально исследовать изменение внутренней энергии теплоизолированной термодинамической системы при совершении работы самой системой (против внешних сил) и над системой внешними силами;
- устанавливать, что внутренняя энергия термодинамической системы при адиабатическом расширении уменьшается, а при адиабатическом сжатии увеличивается;
- определять работу идеального газа с помощью графиков изопроцессов в координатах p, V ;
- объяснять процесс теплообмена в рамках молекулярно-кинетической теории;
- повторять такие понятия, как: количество теплоты, удельная теплоёмкость вещества;
- анализировать упрощённую схему опыта Дж. Джоуля и делать вывод о том, что определённая работа эквивалентна (равноценна) определённому количеству теплоты;
- рассматривать изменение внутренней энергии составной термодинамической системы, находящейся в адиабатической оболочке, при совершении работы и за счёт теплообмена;

- формулировать первый закон термодинамики как закон сохранения энергии для тепловых процессов;
- записывать уравнение первого закона термодинамики (для общего случая и применительно к изопроцессам), формулы определения количества теплоты, необходимого для изменения температуры термодинамической системы, удельной теплоёмкости вещества, КПД теплового двигателя, максимально возможного КПД идеального циклического двигателя;
- раскрывать физический смысл удельной теплоёмкости вещества;
- показывать, что внутренняя энергия теплоизолированной термодинамической системы сохраняется;
- применять первый закон термодинамики к объяснению изопроцессов, происходящих в термодинамической системе;
- рассматривать устройство и действие теплового двигателя, используя схему преобразования тепловой энергии в механическую работу;
- характеризовать эффективность устройства (машины, двигателя) в отношении преобразования или передачи энергии с помощью КПД;
- понимать, что первый закон термодинамики не позволяет установить, в каком направлении может осуществляться термодинамический процесс; второй закон термодинамики имеет статистическую природу и выражает необратимость процессов, которая связана с тем, что неравновесные макросостояния системы маловероятны;
- приводить формулировки второго закона термодинамики, данные Р. Клаузиусом и У. Томсоном;
- рассматривать примеры обратимых и необратимых процессов;
- изучать переход термодинамической системы (два разных идеальных газа в сосуде) из неупорядоченного состояния (менее вероятного) в упорядоченное (более вероятное) состояние в результате диффузии газов;
- объяснять процессы, происходящие в цикле Карно, причины возникновения потерь энергии в реальных двигателях;
- описывать различные виды тепловых двигателей, их устройство и физические основы работы;

- рассматривать простейшую тепловую машину, работающую как холодильная установка;
- обсуждать экологические проблемы, связанные с использованием тепловых машин, меры предупреждения загрязнения окружающей среды тепловыми машинами;
- решать задачи на применение формул определения термодинамических физических величин, первого закона термодинамики, на составление уравнения теплового баланса.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- делать вывод о том, что в каждом состоянии термодинамическая система обладает лишь одним значением внутренней энергии;
- выводить уравнение первого закона термодинамики, используя описание двух термодинамических систем, заполненных газом и находящихся в адиабатической оболочке;
- обсуждать условие получения полезной работы с помощью теплового двигателя;
- показывать, что в рамках первого закона термодинамики невозможно создать вечный двигатель первого рода; возможность построения вечного двигателя второго рода не противоречит закону сохранения энергии;
- понимать, что передача энергии в процессе теплообмена от менее нагретого тела к более нагретому возможна, если при этом происходит ещё один компенсирующий процесс;
- анализировать и сравнивать графики прямого и обратного циклов Карно;
- решать физические задачи, используя первый закон термодинамики, формулы, связывающие основные величины термодинамики, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по термодинамике.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- обсуждать вклад учёных-физиков в развитие термодинамики;
- понимать, что внутренняя энергия является однозначной функцией состояния термодинамической системы, которая определяется рядом макроскопических параметров (давление, объём, температура);
- анализировать графики адиабатического и изотермического процессов при расширении идеального газа;
- делать вывод, что опыты Дж. Джоуля являются фундаментальными в физике;
- обсуждать физический смысл первого закона термодинамики, используя фрагмент книги Р. Клаузиуса «Механическая теория тепла»;
- объяснять статистическую природу второго закона термодинамики, используя фрагмент доклада Л. Больцмана «Второй закон механической теории тепла»;
- сравнивать и оценивать различные тепловые двигатели с помощью КПД;
- раскрывать физический смысл холодильного коэффициента;
- записывать формулы определения максимального холодильного коэффициента для идеальной холодильной машины и холодильного коэффициента для идеальной холодильной машины, работающей по циклу Карно;
- рассчитывать значения холодильного коэффициента для разных холодильных машин;
- рассматривать физические основы работы теплового насоса и кондиционера;
- выдвигать гипотезы при исследовании равновесных термодинамических процессов, обратимых и необратимых процессов.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об основных положениях, понятиях и методах исследования термодинамики;
- обсуждать структурные элементы термодинамики, границы применимости физических законов, используемых в этой теории;
- приводить примеры практического использования физических знаний о термодинамике;
- решать физические задачи повышенной сложности по термодинамике: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Основы термодинамики» рассчитано на 6 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 5 часов, на решение задач – 1 час. Увеличение учебного времени до 9 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 44 и дополнительных уроков решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Внутренняя энергия термодинамической системы. Адиабатический процесс. Работа идеального газа в термодинамике	§ 41 ЗУ: 3, 5	§ 41 ЗУ: 1, 2
2	Количество теплоты. Опыты Дж. Джоуля. Первый закон термодинамики. Удельная теплоёмкость вещества	§ 42 [ПРЗ] ЗУ: 4, 5 [ТЗ]	§ 42 ЗУ: 1, 2
3	Применение первого закона термодинамики к изопроцессам	§ 43 ЗУ: 4 [ТЗ]	§ 43 ЗУ: 1, 2
4 [4–5]	Тепловой двигатель. КПД теплового двигателя. Второй закон	§ 44 ЗУ: 3, 4 [ТЗ]	§ 44 ЗУ: 1, 2

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	термодинамики. Цикл Карно		
5 [6]	Виды тепловых двигателей. Экологические проблемы использования тепловых двигателей	§ 45 ЗУ: 3, 4 [ТЗ]	§ 45 ЗУ: 1, 2 «Самое важное в главе»
6 [7–9]	Решение задач	§ 41 ЗУ: 4 § 42 ЗУ: 3 § 43 ЗУ: 3 § 45 ЗУ: 5	§ 44 ЗУ: 5

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Основы термодинамики» рассчитано на 10 часов. Из них на изучение нового материала отводится 7 часов, на решение задач – 3 часа. Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Молекулярная физика» используются ЗПС: 1, 4, 5, 7, 8.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Внутренняя энергия термодинамической системы. Адиабатический процесс. Работа идеального газа в термодинамике	§ 41 ЗУ: 3, 4 ТЗ	§ 41 ЗУ: 1, 2
2	Количество теплоты. Опыты Дж. Джоуля. Первый закон термодинамики. Удельная теплоёмкость вещества	§ 42 ПРЗ ЗУ: 3, 5 ТЗ	§ 42 ЗУ: 1, 2
3	Применение первого закона термодинамики к изопроцессам	§ 43 ЗУ: 1, 4 ТЗ	§ 43 ЗУ: 2, 3
4–5	Тепловой двигатель. КПД теплового двигателя. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно	§ 44 ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 44 ЗУ: 3, 4
6–7	Виды тепловых двигателей. Холодильные машины. Холодильный коэффициент. Экологические проблемы использования тепловых двигателей	§ 45 ЗУ: 1, 3 ТЗ	§ 45 ЗУ: 2, 4, 7* «Самое важное в главе»
8–10	Решение задач	§ 41 ЗУ: 5, 6* § 42 ЗУ: 6*	§ 42 ЗУ: 4 § 44 ЗУ: 5

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
		§ 43 ЗУ: 5* § 44 ЗУ: 6* § 45 ЗУ: 5, 6* ЗПС: 1, 4, 5, 7, 8	

Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы

Структура и содержание учебного материала

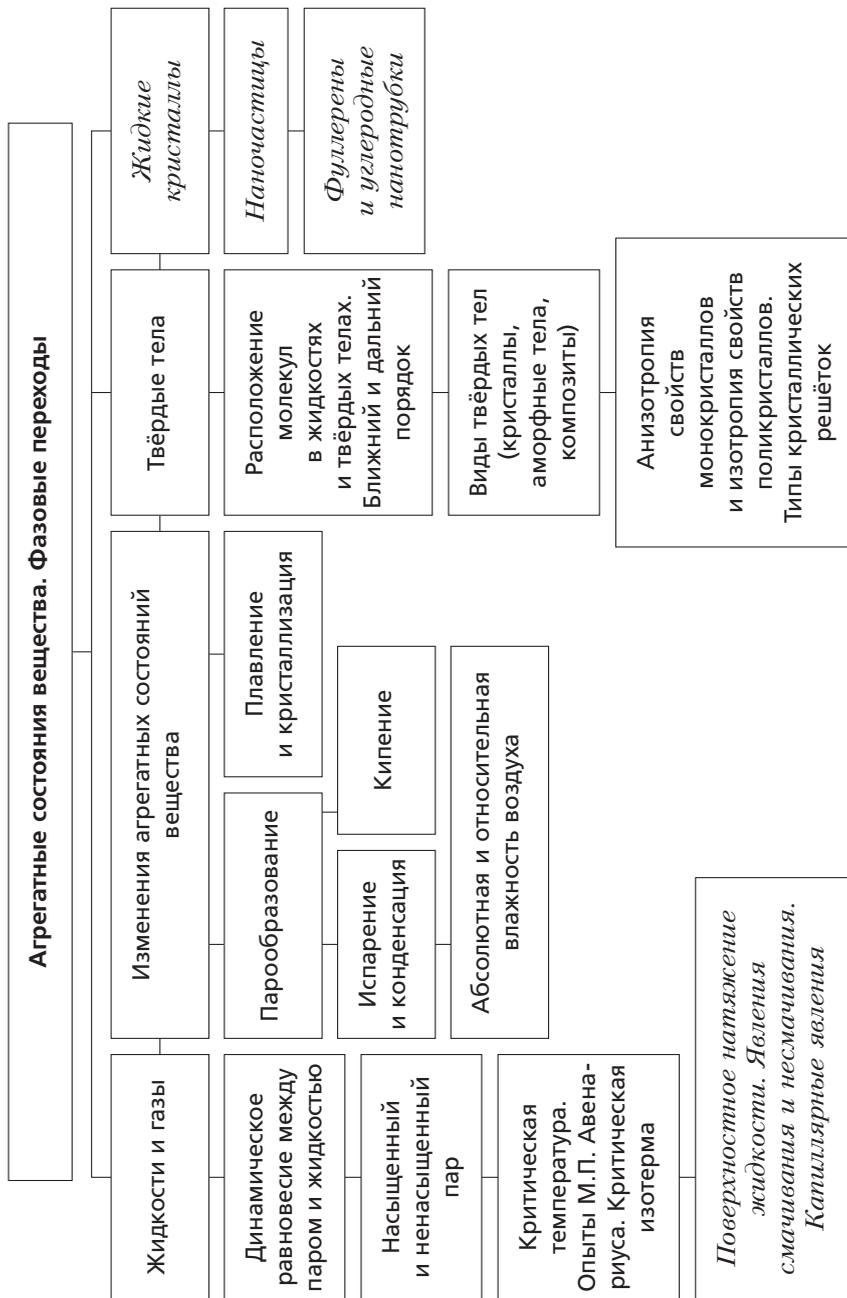
В главе рассматриваются свойства трёх агрегатных состояний вещества (жидкого, газообразного и твёрдого) и происходящие с ними фазовые превращения. Для целостного описания сложных тепловых процессов требуются разные физические модели и методы исследования. В связи с этим используются термодинамический и статистический методы, такие понятия, как фаза, фазовые переходы, насыщенный и ненасыщенный пар, динамическое равновесие. Основой термодинамического метода является физический эксперимент по исследованию условий перехода макроскопических тел из одного агрегатного состояния в другое. Статистический метод предполагает использование представлений молекулярно-кинетической теории строения вещества для объяснения свойств тел в разных агрегатных состояниях.

На с. 132 приведена содержательная схема изучения главы. Во введении приводится определение фазы как макроскопической, физически однородной части вещества, отделённой от остальных частей термодинамической системы границами раздела. Фаза характеризует равновесное состояние вещества. Отметим, что одно и то же вещество в твёрдом состоянии может иметь несколько кристаллических решёток. Например, у углерода существуют несколько кристаллических модификаций: графит, алмаз, фуллерен, графен и др. Фосфор при нормальных условиях существует в виде нескольких устойчивых модификаций: белый, красный, чёрный и металлический фосфор. В связи с этим,

кроме понятия агрегатного состояния вещества, вводят более широкий термин «фаза». В пределах одного агрегатного состояния вещество может находиться в нескольких фазах, различающихся по своим свойствам, составу и строению. Переход вещества из одной фазы в другую – фазовый переход – всегда связан с качественными изменениями свойств (механических, тепловых, электрических, магнитных) вещества. Примерами фазовых переходов являются изменения агрегатных состояний вещества или переходы, связанные с изменениями в составе, строении и свойствах вещества (например, переход кристаллического вещества из одной модификации в другую).

В § 46 рассматриваются взаимные превращения жидкостей и газов. При изложении учебного материала вводится понятие о критической температуре – температуре, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и паром, находящимся с ней в динамическом равновесии. Значительное внимание следует уделить изучению особенностей фазовых переходов, происходящих между жидкостью и газом (испарение, конденсация и кипение). Новизна представленного учебного материала состоит в том, что учащиеся знакомятся с динамическим равновесием двух фаз – жидкости и насыщенного пара – и описывают происходящие при этом фазовые переходы с использованием термодинамического и статистического методов.

В § 47 вводятся такие понятия, как парциальное давление (оно рассматривается в курсе химии основной школы), абсолютная влажность воздуха, точка росы. Учащиеся знакомятся с устройством и физическими основами работы конденсационного гигрометра – прибора для измерения абсолютной влажности воздуха, действие которого основано на использовании точки росы. В данном параграфе оцениваются параметры (давление, плотность, температура) термодинамической системы – пара, находящегося в термодинамическом равновесии с жидкостью, на основе уравнения Клапейрона – Менделеева. При этом давление идеального газа при постоянной концентрации молекул возрастает прямо пропорционально абсолютной температуре. Однако давление насыщенного пара с увеличением температуры возрастает быстрее, чем давление идеального газа. Это связано с тем, что в насыщенном паре при увеличении температуры концентрация молекул увеличивается.



Содержание § 48–49 рассматривается только при углублённом изучении. В § 48 особенности поверхностного слоя жидкости раскрываются на основе экспериментов. Необходимо обратить внимание учащихся на то, что вектор равнодействующей сил притяжения, действующих на молекулы этого слоя со стороны всех остальных молекул, направлен внутрь жидкости, жидкость в поверхностном слое находится в растянутом напряжённом состоянии и, как следствие, стремится сократить эту поверхность. Для характеристики свойств поверхностного слоя вводится физическая величина – коэффициент поверхностного натяжения жидкости (поверхностное натяжение жидкости).

Явление смачивания и несмачивания, капиллярные явления описываются в § 49. Из опыта (см. рис. 202 учебника) делается вывод, что силы притяжения между молекулами стекла и молекулами воды больше сил притяжения между молекулами воды. Отсюда следует, что стекло смачивается водой. После этого обсуждается явление несмачивания, и рассматриваются примеры, когда жидкость не смачивает поверхность. Внимание учащихся следует обратить на поведение смачивающей и несмачивающей жидкостей в капиллярах, а также на формы поверхности жидкости (мениски) в том месте, где жидкость соприкасается с твёрдым телом. Подъём смачивающей жидкости по капилляру можно объяснить действием сил поверхностного натяжения.

Свойства кристаллических и аморфных тел, а также процессы плавления и кристаллизации рассматриваются в § 50. После этого следует рассказать о расположении молекул в жидкостях (ближний порядок) и кристаллах (дальний порядок). Затем важно повторить основные свойства кристаллов и аморфных тел, которые известны учащимся из курса физики 8 класса. К ним относятся: трёхмерная периодичность атомной структуры; анизотропия свойств монокристаллов; отсутствие анизотропии свойств у поликристаллов; минимальное значение потенциальной энергии атомов в узлах кристаллической решётки; изотропия свойств аморфных тел.

Учебный материал расширяется за счёт сведений о классификации твёрдых тел (по характеру расположения атомов) и типах кристаллических решёток. Особенности наночастиц, структуры жидких кристаллов, их свойства и применение в

электронике были описаны в курсе физики 8 класса в § 21 (для дополнительного изучения). В курсе физики старшей школы учащимся предлагается не только повторить и обобщить этот материал, используя рубрику «Материал для дополнительного чтения», но и рассмотреть структуру, свойства и типы таких нанообъектов, как фуллерены и углеродные нанотрубки.

При изучении главы на базовом уровне проводится несколько фронтальных лабораторных работ: «Определение удельной теплоты плавления льда» (ФЛР 1.8) и «Измерение относительной влажности воздуха» (ФЛР 1.9). Их описание приведено в учебнике. Для варианта I тематического планирования выполняется ФЛР 1.9, для варианта II тематического планирования выполняются ФЛР 1.8 и 1.9, на углублённом уровне – все указанные работы. Лабораторная работа физического практикума «Измерение коэффициента поверхностного натяжения воды» (ФЛР 3.4) может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся на- учится:

- понимать физический смысл понятия фазы, которое в термодинамике характеризует равновесное состояние вещества;
- использовать статистический и термодинамический методы при исследовании фазовых переходов, происходящих между жидкостью и газом, жидкостью и твёрдым телом;
- повторять и обобщать такие понятия, как: динамическое равновесие, насыщенный и ненасыщенный пар, парциальное давление, анизотропия свойств монокристаллов, изотропия свойств поликристаллов и аморфных тел;
- приводить текстовые формулировки (и формулы определения) таких физических величин, как: удельная теплота парообразования жидкости, количество теплоты, необходимое для превращения в пар жидкости массой m при данных температуре и давлении, количество теплоты, выделяющееся при конденсации пара массой m , температура кипения жидкости, относительная влажность воздуха (через плотность насыщенного пара), температура плавления, количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела, удельная теплота плавления вещества;
- описывать динамическое равновесие между жидкостью и насыщенным паром с точки зрения молекулярно-кинетической теории;
- раскрывать смысл таких физических величин и понятий, как: критическая температура, критическая изотерма, абсолютная влажность воздуха, точка росы;
- различать такие агрегатные состояния вещества, как газ и пар;
- рассматривать опыты М.П. Авенариуса по изучению критического состояния жидкого эфира и делать вывод, что при температуре выше критической газ нельзя обратить в жидкость ни при каких значениях давления;

- анализировать зависимость удельной теплоты парообразования жидкости от температуры, плотности насыщенного пара от температуры;
- показывать, используя закон сохранения энергии, что при конденсации пара происходит выделение такого же количества теплоты, какое было затрачено при парообразовании той же массы жидкости при той же температуре;
- обсуждать роль процессов испарения и конденсации в природе, влажности в жизни человека, важность поддержания относительной влажности воздуха на различных предприятиях и в учреждениях;
- выражать абсолютную влажность воздуха при данной температуре через парциальное давление и плотность насыщенного пара, содержащегося в воздухе, относительную влажность воздуха через такие физические величины, как концентрация и давление насыщенного водяного пара;
- приводить примеры процесса превращения ненасыщенного пара в насыщенный пар;
- измерять относительную влажность воздуха разными способами;
- изучать устройство и физические основы работы конденсационного и волосного гигрометров;
- сравнивать средние расстояния между частицами вещества в трёх его агрегатных состояниях;
- приводить примеры монокристаллов, поликристаллов и аморфных тел;
- наблюдать и объяснять анизотропию свойств монокристаллов;
- описывать типы кристаллических решёток, виды твёрдых тел (в зависимости от характера расположения атомов), особенности строения аморфных тел;
- решать задачи на определение основных физических величин, характеризующих фазовые переходы, а также на расчёт относительной влажности воздуха.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- раскрывать различия между понятиями «фаза» и «агрегатное состояние вещества»;

- описывать такую трёхфазную термодинамическую систему, как вода в калориметре с помещённым в него кусочком льда;
- сравнивать изотерму идеального газа и критическую изотерму;
- обсуждать зависимость температуры кипения жидкости от внешнего давления;
- показывать, что если пар является насыщенным (но не перенасыщенным) и находится в состоянии термодинамического равновесия, то его макроскопические параметры можно с достаточной степенью точности определить с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева;
- объяснять, почему давление насыщенного пара с увеличением температуры возрастает быстрее, чем давление идеального газа;
- исследовать с помощью графиков процессы кипения воды и плавления вещества;
- характеризовать расположение молекул в жидкостях и в газах, используя понятия о ближнем и дальнем порядках;
- определять удельную теплоту плавления льда;
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие основные характеристики фазовых переходов, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы по изучению агрегатных состояний вещества и фазовых переходов.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутому планируемому результату обучения базового уровня учащийся научится:

- рассматривать конструктивные особенности и физические основы работы сосуда Дьюара, психрометра;

- наблюдать и объяснять особенности поверхностного слоя жидкости, возникновение силы поверхностного натяжения, явления смачивания и несмачивания, подъём смачивающей жидкости в капилляре;
- сравнивать состояние молекул, находящихся на поверхности раздела двух сред — жидкости и газа (пара) над ней, и молекул внутри жидкости;
- показывать, что молекулы поверхностного слоя жидкости обладают большей потенциальной энергией по сравнению с энергией, которую они имели, находясь внутри жидкости;
- понимать смысл и приводить формулы определения таких физических величин, как: поверхностная энергия, коэффициент поверхностного натяжения жидкости, сила поверхностного натяжения;
- обсуждать зависимость коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры;
- выводить и анализировать формулы определения модуля силы поверхностного натяжения, высоты подъёма жидкости в капилляре;
- объяснять направление вектора силы поверхностного натяжения, свойство жидкостей принимать шарообразную форму, находясь в состоянии невесомости;
- различать поверхности жидкости (мениски) в том месте, где жидкость соприкасается с твёрдым телом;
- приводить примеры проявления поверхностного натяжения, явлений смачивания и несмачивания в природе и быту, капиллярных явлений в природе, быту и технике;
- рассматривать структуру жидких кристаллов, особенности наночастиц, типы нанообъектов (фуллерены и углеродные нанотрубки) и примеры их практического использования», применяя сведения из рубрики «Материал для дополнительного чтения»;
- понимать, что молекулярно-кинетическая теория не позволяет истолковать строение и свойства макроскопических тел, состоящих из огромного числа атомов и молекул;
- выдвигать гипотезы при исследовании агрегатных состояний вещества, фазовых переходов.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об основных физических величинах, характеризующих агрегатные состояния вещества, фазовые переходы;
- обсуждать структурные элементы молекулярной физики, границы применимости физических законов, используемых в этом разделе физики;
- приводить примеры практического использования физических знаний об агрегатных состояниях вещества и фазовых переходах;
- решать физические задачи повышенной сложности на определение основных физических величин, характеризующих фазовые переходы: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы» рассчитано на 6 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 3 часа, на выполнение ФЛР 1.9 – 1 час, решение задач – 1 час, на проведение контрольной работы № 3 – 1 час. Увеличение учебного времени до 10 часов (вариант II) возможно за счёт двухчасового рассмотрения § 46 и 50, выполнения ФЛР 1.8 и 1.9, а также дополнительных уроков решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1 [1–2]	Фаза. Насыщенный и ненасыщенный пар. Критическая температура. Парообразование. Испарение и конденсация. Удельная теплота парообразования жидкости. Кипение	§ 46 ПРЗ ЗУ: 1, 3 [ТЗ]	§ 46 ЗУ: 2
2 [3]	Влажность воздуха	§ 47 ПРЗ ЗУ: 1, 2	§ 47 ЗУ: 3
3 [4–5]	Кристаллические и аморфные тела. Плавление и кристаллизация. Удельная	§ 50 ПРЗ ЗУ: 1, 3	§ 50 ЗУ: 2

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	теплота плавления вещества		
[6]	ФЛР 1.8		§ 50 [ТЗ]
4 [7]	ФЛР 1.9		§ 47 [ТЗ]
5 [8–9]	Решение задач	§ 46 ЗУ: 4, 5 § 47 ЗУ: 4, 5 § 50 ЗУ: 4	«Самое важное в главе»
6 [10]	Контрольная работа № 3 [№ 4]		

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы» рассчитано на 13 часов. Из них на изучение нового материала отводится 7 часов, на решение задач – 3 часа, на выполнение ФЛР 1.8 и 1.9 – 2 часа, на проведение контрольной работы № 5 – 1 час. Дополнительная ФЛР 3.4 может быть выполнена за счёт резерва учебного времени.

Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Молекулярная физика» используются ЗПС: 6, 9, 10.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1–2	Фаза. Насыщенный и ненасыщенный пар. Критическая температура. Опыты Авенариуса. Парообразование. Испарение и конденсация. Удельная теплота парообразования жидкости. Кипение	§ 46 ПРЗ ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 46 ЗУ: 3
3	Влажность воздуха	§ 47 ПРЗ ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 47 ЗУ: 3
4	Поверхностное натяжение жидкости	§ 48 ПРЗ ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 48 ЗУ: 3
5	Явления смачивания и несмачивания. Капиллярные явления	§ 49 ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 49 ЗУ: 4
6	Кристаллические и аморфные тела. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления вещества.	§ 50 ПРЗ ЗУ: 1, 2 ТЗ	§ 50 ЗУ: 3
7	Жидкие кристаллы. Наночастицы	ДЧ: 2	
8	ФЛР 1.8		
9	ФЛР 1.9		§ 46 ЗУ: 4

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
10–12	Решение задач	§ 46 ЗУ: 5, 6* § 47 ЗУ: 4, 5 § 48 ЗУ: 4, 5* § 49 ЗУ: 3 § 50 ЗУ: 5* ЗПС: 6, 9, 10	§ 50 ЗУ: 4 «Самое важное в главе»
13	Контрольная работа № 5		

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Глава 11

Электромагнитное поле. Напряжённость электростатического поля

Структура и содержание учебного материала

Раздел «Основы электродинамики» включает теорию электромагнитного поля Дж.К. Максвелла и классическую электронную теорию. Для усвоения их основных положений необходимо рассмотреть две группы вопросов. К первой из них относятся свойства электрических и магнитных полей, законы постоянного тока. Уравнения Максвелла, образующие ядро теории Максвелла, являются фундаментальными уравнениями для описания электрических и магнитных полей в покоящихся средах.

Изучение уравнений Максвелла в школьном курсе физики не представляется возможным (ни в интегральной, ни в дифференциальной форме) в силу сложности используемого математического аппарата. Тем не менее, опираясь на концепцию поля М. Фарадея, представление о силовых линиях, концепцию близкодействия и основополагающие идеи Дж.К. Максвелла, следует провести качественную интерпретацию уравнений Максвелла и сформулировать следующие выводы.

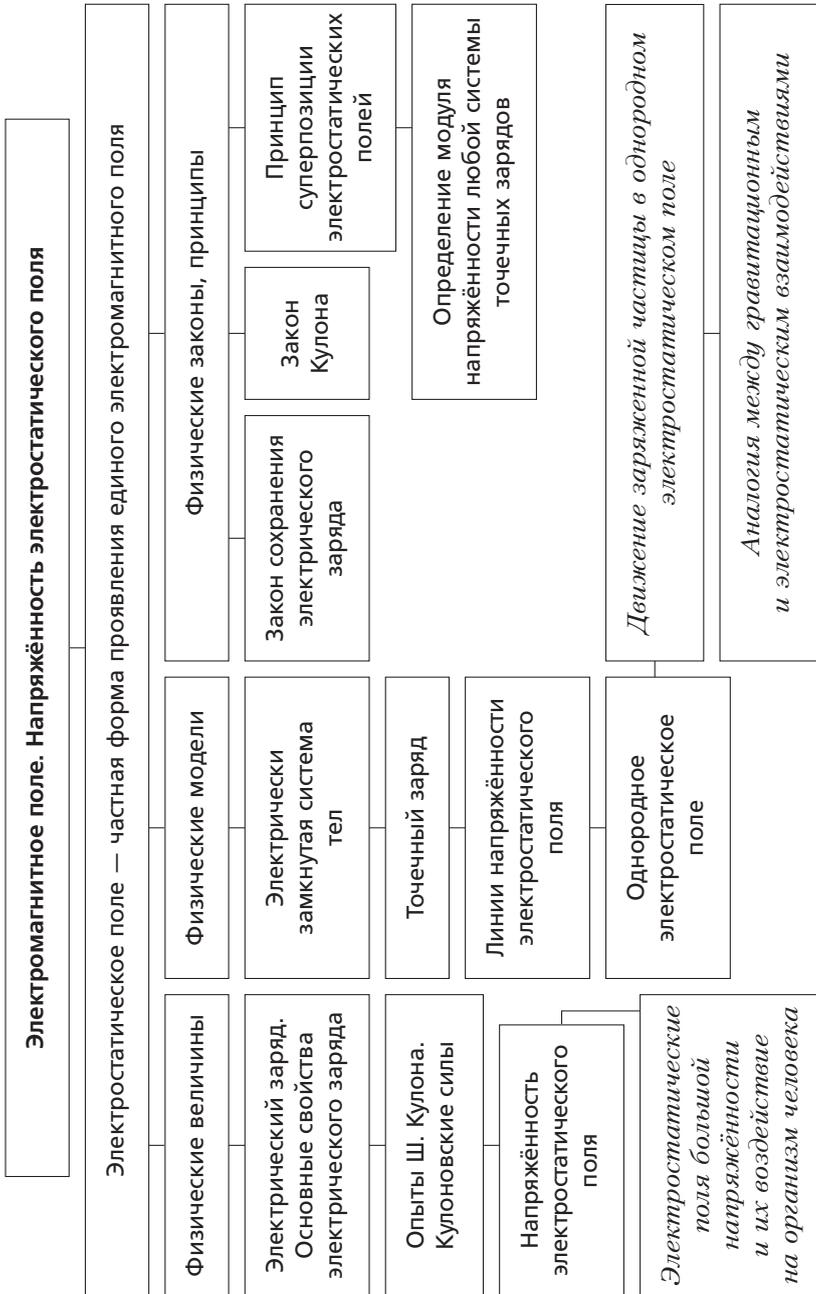
1. Источниками электрического поля могут быть либо электрические заряды, либо изменяющееся во времени магнитное поле.
2. Источниками магнитного поля являются либо движущиеся заряды (электрический ток), либо переменное электрическое поле (ток смещения).

3. Линии напряжённости электрического поля не замкнуты — они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах.
4. Линии индукции магнитного поля всегда замкнуты (они не имеют ни начала, ни конца), что является следствием отсутствия в природе магнитных зарядов.

Электрические и магнитные поля обнаруживаются по их действию на заряженные частицы. По известным модулям напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля можно найти модуль силы, действующей в этих полях на движущуюся заряженную частицу. При изучении курса физики 11 класса учащиеся узнают, что эту силу называют обобщённой силой Лоренца, а её модуль $F_{\text{Л}} = qE + qvB\sin\alpha$. В классической теории электромагнитного поля формула определения обобщённой силы Лоренца дополняет уравнения Максвелла.

Вторую группу вопросов электродинамики составляют особенности прохождения электрического тока в различных средах. Они рассматриваются на основе элементов классической электронной теории и преимущественно на качественном уровне. Среди используемых количественных закономерностей следует отметить законы Фарадея для электролиза, формулу определения силы тока в металлическом проводнике.

В разделе «Основы электродинамики» получают дальнейшее развитие одна из ведущих физических идей об относительности движения, научный метод познания и ряд важнейших методологических принципов. Электромагнитное поле может проявляться в виде электрического или магнитного поля в зависимости от выбора инерциальной системы отсчёта. Тем самым подчёркивается, что электрическое и магнитное поля являются составляющими единого электромагнитного поля. При изучении основ электродинамики используются следующие теоретические и эмпирические методы познания: моделирование (физические модели: точечный заряд, однородное электрическое поле, однородное магнитное поле, знаковые модели), натуральный физический и мысленный эксперимент, метод аналогии, принципы суперпозиции электростатических и магнитных полей и др. На с. 146 приведена содержательная схема изучения главы. Во введении к главе приводится определение электростатического поля.



В § 51 представлен учебный материал об одном из краеугольных понятий электродинамики — электрическом заряде. Оно определяет электрическое взаимодействие тел или частиц и в то же время является физической величиной, характеризующей это свойство. В старшей школе необходимо обобщить информацию, полученную из курса физики 8 класса, акцентировав внимание на свойствах электрического заряда.

В § 52 обобщается учебный материал о фундаментальных опытах Ш. Кулона, об основном законе электростатики — законе Кулона — и одной из важнейших физических моделей — точечном заряде. Прежде всего необходимо привести краткую историческую справку о Г. Кавендише. Он экспериментально показал, что сила взаимодействия зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Однако это открытие не стало достоянием науки. Лишь после того как Дж.К. Максвелл в 1879 г. опубликовал работы Г. Кавендиша, выяснилось, что он открыл закон электростатического взаимодействия зарядов еще в 1771 г. После этого следует рассмотреть устройство и действие экспериментальной установки Ш. Кулона и сформулировать вывод на основе его опытов. Для математической записи закона Кулона в вакууме вводится электрическая постоянная ϵ_0 , которая связана с коэффициентом пропорциональности k . Новым учебным материалом являются сведения о справедливости полученной Ш. Кулоном зависимости.

Понятие напряжённости электростатического поля рассматривается в § 53. Для того чтобы обнаружить силовое действие электростатического поля в данной точке пространства, нужно поместить в эту точку другое заряженное тело — пробный заряд. Он должен быть достаточно мал, иначе будет вносить существенные изменения в электростатическое поле исследуемого заряда. При этом пренебрегают его собственным электростатическим полем. В этом случае напряжённость электростатического поля в данной точке можно представить как векторную физическую величину, характеризующую силовое действие электростатического поля на внесённый в эту точку пробный заряд. С учащимися рассматриваются вывод формулы модуля напряжённости электростатического поля, создаваемого точечным зарядом, материал о воздействии электростатиче-

ских полей большой напряжённости на организм человека (при углублённом изучении курса физики).

В § 54 изучается принцип суперпозиции электростатических полей. Он вводится на основе результатов эксперимента (исследование электростатического поля двух полых шаров от электрометров с помощью отрицательно заряженной гильзы) и принципа суперпозиции сил. С учащимися следует проанализировать электростатические поля, созданные двумя разноимёнными и двумя одноимёнными точечными зарядами.

В § 55 представлен графический способ изображения электростатических полей с помощью линий напряжённости (силовых линий). Линии напряжённости не пересекаются, не замкнуты, они начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах. По картине силовых линий можно судить как о направлении вектора напряжённости в некоторой области пространства, так и о его модуле. Для этого вокруг точечного заряда описывают сферу определённого радиуса и определяют число линий напряжённости, приходящихся на единицу площади поверхности сферы.

Учебный материал § 56 предназначен для углублённого изучения. В нём рассматривается движение заряженной частицы в однородном электростатическом поле с использованием основных физических величин механики и второго закона Ньютона. Второй закон Ньютона записывается для случая, когда заряженная частица движется в однородном электростатическом поле и на неё действует кулоновская сила со стороны этого поля. Это позволяет получить выражения для вектора скорости и радиуса-вектора заряженной частицы, движущейся в однородном электростатическом поле, и провести их анализ. При этом используется аналогия движения заряженной частицы (при $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$) с движением тела (материальной точки), брошенного горизонтально относительно поверхности Земли, а также векторный и координатный методы.

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся на- учится:

- обсуждать существование электростатического поля как частного случая проявления электромагнитного поля в выбранной системе отсчёта;
- раскрывать физический смысл единицы заряда в СИ;
- обобщать и анализировать основные свойства электрического заряда;
- исследовать экспериментально явление электризации тел и действие электрических зарядов;
- рассматривать устройство электрометра и использовать его для обнаружения электрического заряда и определения его знака;
- формулировать закон сохранения электрического заряда;
- рассматривать закон сохранения электрического заряда в электрически замкнутой системе тел с помощью электрометров;
- описывать схему устройства крутильных весов Ш. Кулона;
- применять физическую модель – точечный заряд при изучении электростатических взаимодействий покоящихся заряженных тел;
- приводить формулировку и математическую запись закона Кулона, значения коэффициента пропорциональности в формуле закона Кулона и электрической постоянной;
- приводить формулировку и математическую запись принципа суперпозиции электростатических полей;
- устанавливать направления векторов кулоновских сил, действующих на одноимённые и разноимённые точечные заряды;
- наблюдать силовое действие электростатического поля на внесённый в него электрический заряд;

- записывать формулы определения модуля напряжённости электростатического поля в данной точке и модуля силы, действующей на точечный заряд, помещённый в эту точку;
- указывать направление вектора напряжённости в произвольной точке электростатического поля в зависимости от знака заряда, создающего это поле;
- объяснять требования, которым должен удовлетворять пробный заряд;
- рассматривать электростатическое поле, созданное положительным точечным зарядом, с помощью пробного заряда;
- обсуждать свойства математической (знаковой) модели электростатического поля — линий напряжённости — и применять её при описании картин электростатических полей;
- понимать смысл физической модели «однородное электростатическое поле»;
- рассматривать картину электростатического поля, созданного двумя параллельными разноимённо заряженными пластинами;
- решать задачи на определение силовых характеристик электростатического поля.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- применять принцип суперпозиции электростатических полей к расчёту модуля напряжённости системы, состоящей из двух разноимённых точечных, равных по модулю зарядов;
- раскрывать связь между принципом суперпозиции сил и принципом суперпозиции электростатических полей;
- исследовать экспериментально электростатическое поле шаров (двух точечных зарядов) с помощью отрицательно заряженной гильзы, подвешенной на тонкой шёлковой нити;
- описывать картину электростатического поля, созданного двумя разноимёнными точечными, равными по модулю зарядами с помощью таких понятий, как источник и сток линий напряжённости;
- объяснять, почему линии напряжённости электростатического поля не пересекаются;

- показывать, что по картине силовых линий можно судить не только о направлении вектора напряжённости в некоторой области пространства, но и о его модуле (для точечных зарядов);
- решать физические задачи, используя формулы, связывающие силовые характеристики электростатического поля, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутым планируемым результатам обучения базового уровня учащийся научится:

- рассматривать предысторию открытия закона Кулона, основополагающие идеи М. Фарадея и Дж.К. Максвелла, которые легли в основу классической электродинамики, концепции близкодействия и дальнего действия;
- объяснять результаты опытов С. Грея и Ш. Дюфе по электростатике;
- обсуждать воздействие электростатических полей большой напряжённости на организм человека и меры защиты от них;
- изучать электростатическое поле равномерно заряженной сферы и график зависимости модуля напряжённости этого поля от расстояния;
- применять принцип суперпозиции электростатических полей к расчёту модуля напряжённости системы, состоящей из двух (и более) точечных неподвижных зарядов;
- исследовать экспериментально полученные картины расположения твёрдых частиц диэлектрика (крупинки манки или кристаллов хинина), помещённых в вязкую жидкость (например, касторовое масло), в электростатическом поле;
- описывать движение заряженной частицы в однородном электростатическом поле, используя основные физические величины механики и второй закон Ньютона;
- анализировать уравнения, выражающие вектор скорости и радиус-вектор заряженной частицы, движущейся в однородном электростатическом поле;

- определять модуль напряжённости однородного электростатического поля с помощью формулы определения работы сил однородного электростатического поля и теоремы о кинетической энергии;
- раскрывать аналогию движения заряженных частиц (материальных точек) в однородном электростатическом и гравитационном полях;
- анализировать траекторию движения электрона между двумя вертикально отклоняющими пластинами электронно-лучевой трубки;
- выдвигать гипотезы при исследовании электростатического взаимодействия точечных зарядов и их систем;
- осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы, посвящённые основным законам электростатики, силовым характеристикам однородного электростатического поля.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об основных законах и силовых характеристиках электростатического поля;
- приводить примеры практического использования физических знаний об основных законах и силовых характеристиках электростатического поля;
- решать физические задачи повышенной сложности на использование основных законов, силовых характеристик электростатического поля и принципа суперпозиции электростатических полей: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Электромагнитное поле. Напряжённость электростатического поля» рассчитано на 5 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 4 часа, на решение задач — 1 час. Увеличение учебного времени до 8 часов (вариант II) возможно за счёт отдельного рассмотрения § 54 и дополнительных уроков решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда	§ 51 ЗУ: 3, 5 [ТЗ: 1]	§ 51 ЗУ: 1, 2 [ТЗ: 2]
2	Закон Кулона — основной закон электростатики	§ 52 ПРЗ ЗУ: 2 [ТЗ]	§ 52 ЗУ: 1, 3
3 [3–4]	Электростатическое поле. Напряжённость электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей	§ 53 ЗУ: 3 [ТЗ] § 54 ПРЗ ЗУ: 1	§ 53 ЗУ: 1, 2 § 54 ЗУ: 2 [ТЗ]
4 [5]	Линии напряжённости электростатического поля. Однородное электростатическое поле	§ 55 ЗУ: 3 [ТЗ]	§ 55 ЗУ: 1, 2 «Самое важное в главе»

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
5 [6–8]	Решение задач	§ 51 ЗУ: 4 § 52 ЗУ: 5 § 53 ЗУ: 4 § 54 ЗУ: 3 § 55 ЗУ: 4	§ 52 ЗУ: 4 § 54 ЗУ: 4

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Электромагнитное поле. Напряжённость электростатического поля» рассчитано на 9 часов. Из них на изучение нового материала отводится 6 часов, на решение задач – 3 часа. Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Электростатика» используются ЗПС: 1, 2, 5, 6.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда	§ 51 ЗУ: 3, 5 ТЗ: 1	§ 51 ЗУ: 1, 2 ТЗ: 2
2	Закон Кулона — основной закон электростатики.	§ 52 ПРЗ ЗУ: 2, 6*	§ 52 ЗУ: 1, 3 ТЗ

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	Кулоновские силы		
3	Электростатическое поле. Напряжённость электростатического поля. Электростатические поля и их воздействие на организм человека	§ 53 ЗУ: 3, 4 ТЗ	§ 53 ЗУ: 1, 2
4	Принцип суперпозиции электростатических полей	§ 54 ПРЗ ЗУ: 1 ТЗ	§ 54 ЗУ: 2, 5*
5	Линии напряжённости электростатического поля. Однородное электростатическое поле	§ 55 ЗУ: 2, 3 ТЗ	§ 55 ЗУ: 1, 5*
6	Движение заряженной частицы в однородном электростатическом поле	§ 56 ЗУ: 2, 4	§ 56 ЗУ: 1, 3 «Самое важное в главе»
7–9	Решение задач	§ 51 ЗУ: 4 § 52 ЗУ: 5 § 53 ЗУ: 5* § 54 ЗУ: 3 § 55 ЗУ: 4 § 56 ЗУ: 5* ЗПС: 1, 2, 5, 6	§ 52 ЗУ: 4 § 54 ЗУ: 4 § 55 ЗУ: 6*

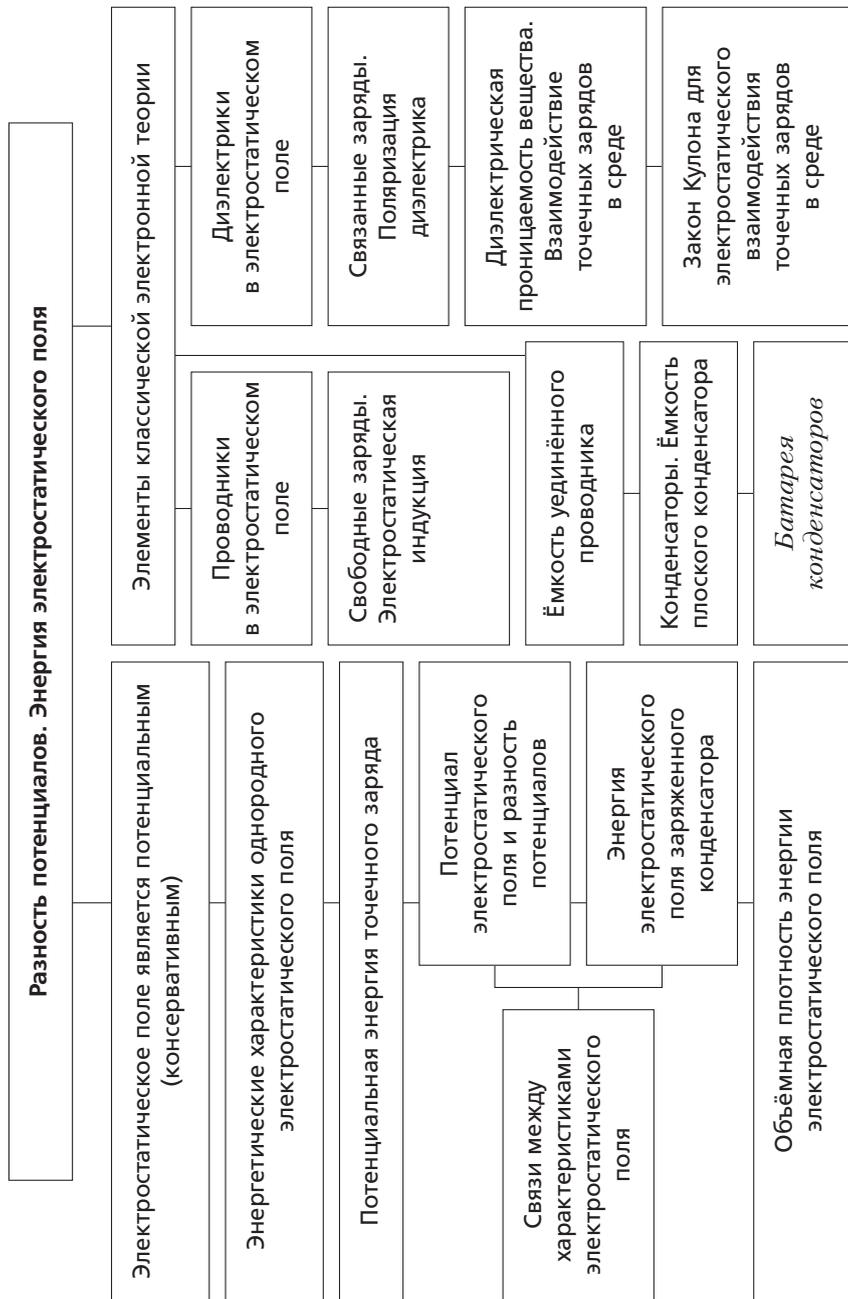
Разность потенциалов. Энергия электростатического поля

Структура и содержание учебного материала

В главе учащиеся знакомятся с такой особенностью электростатического поля, как потенциальность, и его энергетическими характеристиками. Кроме того, учащиеся изучают элементы классической электронной теории, в рамках которой можно объяснить физические явления, происходящие с проводниками и диэлектриками, помещёнными в электростатическое поле, а именно устройство и действие конденсаторов. На с. 157 приведена содержательная схема изучения главы.

В § 57 экспериментально и теоретически показано, что однородное электростатическое поле обладает энергией: силы, действующие со стороны электростатического поля (кулоновские силы) на внесённый в него заряд, совершают над ним работу. Важно подчеркнуть, что работа сил по перемещению заряда из одной точки электростатического поля в другую по замкнутой траектории не зависит от формы траектории, а определяется только положениями этих точек.

В § 58 вводится энергетическая характеристика электростатического поля – потенциал. Для определения величины потенциала в данной точке электростатического поля необходимо выбрать точку, в которой потенциал равен нулю. Согласно закону сохранения энергии, сумма кинетической энергии заряженной частицы и её потенциальной энергии в однородном электростатическом поле остаётся постоянной.



Это позволяет применять понятие потенциала к решению задач о движении точечных зарядов в электростатическом поле. В большинстве задач практический смысл имеет разность потенциалов (напряжение) между двумя точками электростатического поля, а не значения потенциалов в этих точках. Она определяется работой сил электростатического поля по перемещению пробного заряда из одной точки поля в другую.

В § 59 экспериментально и теоретически устанавливается связь между напряжённостью электростатического поля и напряжением. В частности, это позволяет ввести единицу напряжённости электростатического поля — 1 В/м (наряду с единицей 1 Н/Кл). После этого обсуждается ещё один способ графического изображения электростатических полей (помимо линий напряжённости). С учащимися следует обсудить следующие свойства эквипотенциальных поверхностей:

- 1) во всех точках эквипотенциальных поверхностей потенциал электростатического поля имеет одно и то же значение, а разность потенциалов равна нулю;
- 2) в каждой точке эквипотенциальной поверхности вектор напряжённости поля перпендикулярен к ней и направлен в сторону убывания потенциала;
- 3) работа сил электростатического поля по перемещению точечного заряда по одной и той же эквипотенциальной поверхности равна нулю.

В § 60 изучается вопрос о поведении проводников во внешнем электростатическом поле. Изложение этого учебного материала опирается на знания учащихся о свободных зарядах, об экспериментальном обнаружении свободных носителей заряда (электронов) в металлах (опыты Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси, опыты Р. Толмена и Т. Стюарта), модели «электронный газ» из курса физики 8 класса. На основе эксперимента исследуется явление электростатической индукции. Распределение зарядов в незаряженном металлическом проводнике, помещённом во внешнее электростатическое поле, показывает, что модуль напряжённости этого поля внутри проводника равен нулю. Следовательно, и работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда в проводнике, равна нулю, т. е. во всех точках проводника потенциалы одинаковы.

В § 61 рассматривается поведение диэлектриков во внешнем электростатическом поле. Здесь вводятся понятия о связанных зарядах, полярных и неполярных диэлектриках, электрическом диполе. При этом следует разобрать вопрос о поляризации полярного диэлектрика в электростатическом поле. Важно отметить, что модуль напряжённости электростатического поля в диэлектрике уменьшается, но не становится равным нулю. Для характеристики электрических свойств среды вводится безразмерная физическая величина — диэлектрическая проницаемость вещества ϵ . С учётом диэлектрической проницаемости среды ϵ необходимо записать формулу закона Кулона, которая ранее была получена для точечных неподвижных зарядов, взаимодействующих в вакууме.

В § 62 изучается понятие электроёмкости (ёмкости) уединённого проводника, записываются формулы определения ёмкости уединённого проводника и уединённой сферы. После этого повторяется и обобщается учебный материал о конденсаторах и ёмкости плоского конденсатора. Формула определения ёмкости плоского конденсатора приводится с учётом диэлектрической проницаемости вещества.

В § 63 устанавливается связь между силовой (напряжённость) и энергетической (энергия) характеристиками электростатического поля. С учащимися важно получить выражение для энергии электростатического поля, запасённой в конденсаторе (без диэлектрика и с диэлектриком). Учащиеся знакомятся с новым понятием — объёмной плотностью энергии электростатического поля. Её изучение можно провести по следующей схеме: объёмная плотность энергии электростатического поля (характеристика концентрации энергии поля в пространстве) → формула определения → единица измерения в СИ → её физический смысл → → примеры практического использования (в частности, пробой конденсатора).

При углублённом изучении курса физики может быть выполнена за счёт резерва учебного времени лабораторная работа физического практикума «Измерение электроёмкости плоского конденсатора» (ФЛР 3.5).

Планируемые результаты обучения

Базовый уровень

По окончании изучения главы учащийся научится:

- понимать физический смысл и записывать формулы определения таких энергетических характеристик электростатического поля, как: потенциальная энергия взаимодействия электрических зарядов, потенциал, разность потенциалов (напряжение);
- показывать, что силы, действующие со стороны однородного электростатического поля на внесённый в него заряд, совершают над ним работу;
- устанавливать независимость работы сил, действующих со стороны однородного электростатического поля, от формы траектории движущегося заряда (свойство потенциальности электростатического поля);
- формулировать вывод, что работа сил, действующих со стороны однородного электростатического поля, равна изменению потенциальной энергии заряда (системы зарядов), взятому со знаком «минус»;
- записывать уравнение закона сохранения энергии для заряженной частицы, движущейся в однородном электростатическом поле, используя закон сохранения энергии;
- измерять разность потенциалов между двумя проводниками с помощью электрометра;
- устанавливать связь между напряжённостью электростатического поля и разностью потенциалов (напряжением);
- приводить дольные и кратные единицы напряжения;
- описывать свойства эквипотенциальных поверхностей;
- рассматривать элементы классической электронной теории;
- анализировать схему опыта, доказывающего существование свободных носителей заряда в металлах;
- приводить примеры проводников, полярных и неполярных диэлектриков;

- изучать распределение зарядов в незаряженном металлическом проводнике, помещённом в электростатическое поле;
- наблюдать явление электростатической индукции и способ электризации тел через влияние;
- понимать, что поверхность проводника является эквипотенциальной;
- различать полярные и неполярные диэлектрики в зависимости от структуры их молекул;
- наблюдать явление поляризации полярного диэлектрика, помещённого во внешнее электростатическое поле;
- показывать, что напряжённость электростатического поля в диэлектрике уменьшается, но не становится равной нулю;
- раскрывать смысл такой физической величины, как диэлектрическая проницаемость вещества, и находить по таблице её значения для разных диэлектриков;
- записывать формулу определения модуля напряжённости электростатического поля, созданного двумя взаимодействующими точечными зарядами в среде, закон Кулона для электростатического взаимодействия точечных неподвижных зарядов в среде, формулы определения электроёмкости уединённого проводника, уединённой сферы, плоского конденсатора без диэлектрика и с диэлектриком;
- приводить дольные единицы электроёмкости;
- исследовать экспериментально зависимость электроёмкости плоского конденсатора от расстояния между пластинами, от площади пластин и от заполняющей конденсатор среды;
- устанавливать экспериментально, что электростатическое поле заряженного конденсатора обладает энергией;
- решать задачи на определение энергетических характеристик однородного электростатического поля, параметров конденсаторов.

По окончании изучения главы учащийся получит возможность научиться:

- рассматривать потенциальную энергию взаимодействия точечных неподвижных зарядов;
- анализировать случаи, когда потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле уменьшается или увеличивается (в зависимости от знака работы сил однород-

- ного электростатического поля), потенциал электростатического поля является положительной или отрицательной величиной (в зависимости от знака заряда), силы однородного электростатического поля совершают положительную или отрицательную работу (в зависимости от знака заряда);
- сравнивать эквипотенциальные поверхности однородного электростатического поля и поля, образованного точечным зарядом;
 - исследовать распределение зарядов в металлическом проводнике (в форме полого шара), помещённом в однородное электростатическое поле, которое образовано между двумя разноимённо заряженными пластинами;
 - объяснять явления электростатической индукции, заземления, электростатическую защиту чувствительных измерительных приборов, явление поляризации полярного диэлектрика;
 - устанавливать, что заряженная металлическая сфера (или шар) создаёт вокруг себя электростатическое поле, совпадающее с полем, которое создавал бы точечный заряд, помещённый в центре сферы;
 - понимать, что диэлектрическая проницаемость всех известных веществ больше единицы;
 - получать формулу определения энергии электростатического поля плоского заряженного конденсатора;
 - устанавливать связи между силовыми и энергетическими характеристиками однородного электростатического поля;
 - решать физические задачи, используя формулы, связывающие энергетические характеристики однородного электростатического поля, на расчёт параметров конденсаторов, представляя решение в общем виде, графически и/или в числовом выражении;
 - осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, образовательных интернет-ресурсов), её обработку, анализ, представление в разных формах, выполнять учебно-исследовательские и проектные работы, посвящённые энергетическим характеристикам электростатического поля.

Углублённый уровень

По окончании изучения главы в дополнение к достигнутому планируемому результату обучения базового уровня учащийся научится:

- обсуждать потенциальность электростатического поля;
- анализировать графики зависимости потенциальной энергии взаимодействия точечных неподвижных зарядов от расстояния между ними;
- выбирать точку, потенциал которой равен нулю, при решении конкретных задач;
- показывать, что работа сил, действующих со стороны однородного электростатического поля, на пробный заряд, который движется в нём по замкнутой траектории, равна нулю;
- применять метод аналогии между потенциальной энергией гравитационного притяжения материальных точек и потенциальной энергией взаимодействия точечных неподвижных зарядов;
- исследовать схему опыта Р. Милликена по определению значения заряда электрона и записывать уравнение установившегося движения капельки;
- анализировать результаты опыта Ф. Эпинуса по наблюдению явления электростатической индукции;
- рассматривать последовательное и параллельное соединения конденсаторов и рассчитывать их параметры;
- выдвигать гипотезы при исследовании энергетических характеристик электростатического взаимодействия точечных зарядов и их систем.

По окончании изучения главы учащийся дополнительно получит возможность научиться:

- обсуждать структурные элементы электростатики, границы применимости физических законов, используемых в этой теории;
- конструировать таблицы и схемы, систематизирующие материал об основных энергетических характеристиках однородного электростатического поля;

- приводить примеры практического использования физических знаний об энергетических характеристиках однородного электростатического поля;
- решать физические задачи повышенной сложности на определение энергетических характеристик однородного электростатического поля, параметров конденсаторов: выбирать физическую модель, выстраивать логические цепочки рассуждений для объяснения предложенного в задаче процесса (явления) и/или предсказания его результатов, оценивать реалистичность полученного ответа и корректировать свои рассуждения с учётом этой оценки.

Поурочное планирование

Базовый уровень

Поурочное планирование главы «Разность потенциалов. Энергия электростатического поля» рассчитано на 7 часов (вариант I). Из них на изучение нового материала отводится 5 часов, на решение задач – 1 час, на проведение контрольной работы № 4 – 1 час. Увеличение учебного времени до 9 часов (вариант II) возможно за счёт отдельного рассмотрения § 60 и 61, а также дополнительных уроков решения задач. Задания творческого характера, а также некоторые задания и упражнения могут быть выполнены на уроках решения задач.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле. Работа сил однородного электростатического поля	§ 57 ЗУ: 2, 5 [ТЗ]	§ 57 ЗУ: 1
2	Потенциал электростатического поля и разность потенциалов (напряжение)	§ 58 ПРЗ ЗУ: 1 [ТЗ]	§ 58 ЗУ: 2, 3
3	Связь между напряжённостью электростатического поля и напряжением. Эквипотенциальные поверхности	§ 59 ЗУ: 1, 3 [ТЗ]	§ 59 ЗУ: 2, 4

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
4 [4–5]	Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества	§ 60 ЗУ: 1, 3 § 61 ПРЗ [ТЗ]	§ 60 ЗУ: 2 [ТЗ] § 61 ЗУ: 1
5 [6]	Электрическая ёмкость. Конденсаторы. Энергия электростатического поля	§ 62 ЗУ: 2, 3 [ТЗ] § 63 ЗУ: 3	§ 62 ЗУ: 4 § 63 ЗУ: 1 [ТЗ]
6 [7–8]	Решение задач	§ 57 ЗУ: 3, 4 § 58 ЗУ: 4 § 60 ЗУ: 4 § 61 ЗУ: 4 § 62 ЗУ: 1 § 63 ЗУ: 2, 4	§ 61 ЗУ: 2, 3 § 63 ЗУ: 5 «Самое важное в главе»
7 [9]	Контрольная работа № 4 [5]		

Углублённый уровень

При углублённом изучении поурочное планирование главы «Разность потенциалов. Энергия электростатического поля» рассчитано на 11 часов. Из них на изучение нового материала отводится 7 часов, на решение задач — 3 часа, на выполнение

контрольной работы № 6 – 1 час. Значительное внимание следует уделить решению ЗПС и выполнению индивидуальных заданий творческого характера. Для рассматриваемой главы из раздела «Электростатика» используются ЗПС: 3, 4, 7–10.

Предлагаемое планирование следует рассматривать как один из возможных вариантов изучения данной главы.

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
1	Потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле. Работа сил однородного электростатического поля. Потенциальная энергия взаимодействия точечных неподвижных зарядов	§ 57 ЗУ: 2, 5 ТЗ	§ 57 ЗУ: 1
2	Потенциал электростатического поля и разность потенциалов (напряжение)	§ 58 ПРЗ ЗУ: 1 ТЗ	§ 58 ЗУ: 2, 3
3	Связь между напряжённостью электростатического поля и напряжением. Эквипотенциальные поверхности	§ 59 ЗУ: 2, 3 ТЗ	§ 59 ЗУ: 1, 5*
4	Проводники в электростатическом поле. Явление электростатической индукции	§ 60 ЗУ: 3 ТЗ	§ 60 ЗУ: 1, 2
5	Диэлектрики в электростатическом поле. Поляризация диэлектрика. Диэлектриче-	§ 61 ПРЗ ЗУ: 2 ТЗ	§ 61 ЗУ: 1, 3

Номер урока	Тема урока	Задания и упражнения в классе	Домашняя работа
	ская проницаемость вещества		
6	Электрическая ёмкость. Конденсаторы	§ 62 ЗУ: 2, 3 ТЗ	§ 62 ЗУ: 1, 4
7	Энергия электростатического поля. Объёмная плотность энергии электростатического поля	§ 63 ЗУ: 3 ТЗ	§ 63 ЗУ: 1, 2
8–10	Решение задач	§ 57 ЗУ: 3, 4 § 58 ЗУ: 4, 5* § 59 ЗУ: 4 § 60 ЗУ: 4 § 61 ЗУ: 5* § 63 ЗУ: 4, 6* ЗПС: 3, 4, 7–10	§ 61 ЗУ: 4 § 62 ЗУ: 5* § 63 ЗУ: 5 «Самое важное в главе»
11	Контрольная работа № 6		

Методические рекомендации к проведению самостоятельных и контрольных работ

Выполнение самостоятельных и контрольных работ позволяет оценить уровень усвоения учебного материала учащимися, выявить пробелы в приобретённых ими знаниях и умениях, сопоставить достигнутые образовательные результаты с поставленными целями, проанализировать эффективность используемых методов и технологий обучения, корректировать работу учителя и общеобразовательной организации в целом.

В таблицах 1–2 приведены методические указания по планированию самостоятельных и контрольных работ (базовый и углублённый уровни) в зависимости от изучения учебного материала главы (или глав) учебника. Выбранная последовательность работ определяется содержанием рабочей программы по физике.

Методические указания по планированию самостоятельных и контрольных работ

Базовый уровень

Таблица 1

№ главы	Название главы	Самостоятельная работа	Контрольная работа
1	Научный метод познания	Проводится на уроке решения задач при базовом изучении § 5 (2 часа в неделю) или на уроке решения задач (3 часа в неделю)	
2	Основы кинематики	Проводится на уроке решения задач	
3	Динамика		Для варианта I и II тематического планирования курса физики контрольная работа № 1 проводится по главам 1–3
4	Законы сохранения в механике	Проводится на уроке решения задач	

6	Статика. Законы гидро- и аэростатики			Для варианта I и II тематического планирования курса физики контрольная работа № 2 проводится по главам 4, 6
7	Методы изучения тепловых явлений. Температура	Проводится при базовом изучении § 35 (2 часа в неделю) или на уроке решения задач (3 часа в неделю)		
8	Молекулярно-кинетическая теория идеального газа	Проводится на уроке решения задач (2 часа в неделю)		Для варианта II тематического планирования курса физики контрольная работа № 3 проводится по главам 7, 8
9	Основы термодинамики	Проводится на уроке решения задач		
10	Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы			Для варианта I тематического планирования контрольная работа № 3 проводится по главам 7–10, а контрольная работа № 4 (для варианта II тематического планирования) — по главам 9, 10
11	Электромагнитное поле. Напряжённость электростатического поля	Проводится на уроке решения задач		

Окончание табл. 1

№ главы	Название главы	Самостоятельная работа	Контрольная работа
12	Разность потенциалов. Энергия электростатического поля		Контрольная работа № 4 (для варианта I тематического планирования) и контрольная работа № 5 (для варианта II тематического планирования) проводятся по главам 11, 12

Углублённый уровень

Таблица 2

№ главы	Название главы	Самостоятельная работа	Контрольная работа
1	Научный метод познания	Проводится на уроке решения задач	
2	Основы кинематики		Контрольная работа № 1 проводится по главам 1 и 2
3	Динамика		Контрольная работа № 2 проводится после изучения главы 3
4	Законы сохранения в механике	Проводится на уроке решения задач	
5	Вращательное движение твёрдого тела	Проводится на уроке решения задач	
6	Статика. Законы гидро- и аэростатики		Контрольная работа № 3 проводится по главам 4–6
7	Методы изучения тепловых явлений. Температура	Проводится на уроке решения задач	

№ главы	Название главы	Самостоятельная работа	Контрольная работа
8	Молекулярно-кинетическая теория идеального газа		Контрольная работа № 4 проводится по главам 7, 8
9	Основы термодинамики	Проводится на уроке решения задач	
10	Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы		Контрольная работа № 5 проводится по главам 9, 10
11	Электромагнитное поле. Напряжённость электростатического поля	Проводится на уроке решения задач	
12	Разность потенциалов. Энергия электростатического поля		Контрольная работа № 6 проводится по главам 11, 12

Оглавление

Теоретические основы конструирования содержания авторского курса физики старшей школы	3
Взаимосвязь научных знаний и методов познания в курсе физики старшей школы	3
Концепция содержания курса физики старшей школы	6
Опыт творческой деятельности учащихся — новый вид содержания образования по физике	10
Глава 1. Научный метод познания	13
Структура и содержание учебного материала	13
Планируемые результаты обучения	16
Поурочное планирование	19
МЕХАНИКА	22
Глава 2. Основы кинематики	22
Структура и содержание учебного материала	22
Планируемые результаты обучения	28
Поурочное планирование	33
Глава 3. Динамика	38
Структура и содержание учебного материала	38
Планируемые результаты обучения	44
Поурочное планирование	49
Глава 4. Законы сохранения в механике	54
Структура и содержание учебного материала	54
Планируемые результаты обучения	61
Поурочное планирование	66
Глава 5. Вращательное движение твёрдого тела	70
Структура и содержание учебного материала	70
Планируемые результаты обучения	76
Поурочное планирование	79
Глава 6. Статика. Законы гидро- и аэростатики	81
Структура и содержание учебного материала	81
Планируемые результаты обучения	84
Поурочное планирование	88

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	91
Глава 7. Методы изучения тепловых явлений.	
Температура	91
Структура и содержание учебного материала	91
Планируемые результаты обучения	95
Поурочное планирование	99
Глава 8. Молекулярно-кинетическая теория	
идеального газа	103
Структура и содержание учебного материала	103
Планируемые результаты обучения	107
Поурочное планирование	111
Глава 9. Основы термодинамики	115
Структура и содержание учебного материала	115
Планируемые результаты обучения	121
Поурочное планирование	126
Глава 10. Агрегатные состояния вещества.	
Фазовые переходы.	130
Структура и содержание учебного материала	130
Планируемые результаты обучения	135
Поурочное планирование	140
ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ	144
Глава 11. Электромагнитное поле. Напряжённость	
электростатического поля.	144
Структура и содержание учебного материала	144
Планируемые результаты обучения	149
Поурочное планирование	153
Глава 12. Разность потенциалов.	
Энергия электростатического поля.	156
Структура и содержание учебного материала	156
Планируемые результаты обучения	160
Поурочное планирование	165
Методические рекомендации к проведению	
самостоятельных и контрольных работ.	169