



# ФИЗИКА

# 10

класс

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Методическое пособие к учебнику В. А. Касьянова

3-е издание, стереотипное

Москва  
«Просвещение»  
2022

УДК 373.5.016:53  
ББК 74.262.22  
В58

Издание выходит в pdf-формате.

Пособие адресовано учителям, работающим по учебнику «Физика. Углублённый уровень. 10 класс» автора В. А. Касьянова. В нём даны методические рекомендации по изучению тем курса физики 10 класса, тематическое и поурочное планирование с методическими рекомендациями к каждому уроку на 5 часов физики в неделю. В методических рекомендациях к решению задач приведено решение наиболее сложных задач. В приложении приводится тематическое и поурочное планирование на 3 и 4 часа физики в неделю.

Учебное издание

**Власова Ирина Геннадьевна**  
**Касьянов Валерий Алексеевич**

**Физика**  
**10 класс**

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Методическое пособие к учебнику В. А. Касьянова

Центр физики и астрономии  
Ответственный за выпуск *И. Г. Власова*

Дата подписания к использованию 15.02.2022.

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва,  
ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — [vopros@prosv.ru](mailto:vopros@prosv.ru).

ISBN 978-5-09-103028-0

© АО «Издательство «Просвещение», 2021

© Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2021

Все права защищены

---

# Предисловие

Физика основной школы, анализируя экспериментальные данные, изучает отдельные явления, исследует их количественные закономерности, находит связи между физическими величинами, их характеристиками, изучает законы, описывающие эти явления.

Физика средней школы исследует взаимосвязь физических явлений, определяя общий подход к описанию различных экспериментов. В предлагаемом курсе физика не является совокупностью отдельных специальных глав и законов, сформулированных великими учеными и интерпретируемых с помощью абстрактных задач.

## *Основные цели курса*

1. Дать общие представления о научных методах: получении экспериментальных данных, поиске корреляции между явлениями, создании и обсуждении рабочих гипотез при понимании ограниченности модельных методов, иерархии и преемственности научных теорий, проверке гипотез опытом, изменении интерпретации явлений по мере накопления знаний, вариативности подходов к анализу явлений.

2. Ввести наиболее общие законы и принципы физики, позволяющие установить фундаментальную взаимосвязь микро- и макроскопических процессов, показать возможность их непосредственного использования в повседневном опыте.

3. Выработать общие представления об окружающем мире, структуре Вселенной, возможном меха-

низме ее возникновения, эволюции и перспективах развития.

4. Сформировать представления о научных аспектах охраны окружающей среды.

5. Выработать независимый научный подход к анализу новых физических, химических, биологических явлений без привлечения легкодоступных псевдотеорий (эзотерики, астрологии и т. п.), заменяющих систематическое образование, подобно чудотворным таблеткам.

Необходимый уровень образования по физике выпускника общеобразовательной школы, гимназии, лицея, наряду с расширением интеллектуального кругозора и выработкой научных представлений об окружающем мире, должен позволить использовать научные принципы и методы в принятии собственных решений, оказаться достаточным для компетентного участия в дискуссиях о сути научных и технических проектов. По мнению автора, особенностями преподавания физики в общеобразовательной школе должны быть:

1) использование простых, адекватных математических методов, качественных оценок и приближений;

2) максимальная наглядность и иллюстративность физических моделей;

3) внутренняя логика курса в целом (а не только отдельных его глав), доказательность основных теоретических положений.

1. Учитывая, что математика широко используется в научных исследованиях, физика, как точная естественная наука, наиболее удачна для иллюстрации количественных соотношений между величинами, проверяемых экспериментально. Сведение к минимуму математических соотношений, позволяющих предсказывать результаты экспериментов, снижает доверие к доказательности физических закономерностей, к рациональности процесса познания, при-

водит к поверхностным, несформировавшимся знаниям.

2. Принципиально новые возможности в достижении максимальной наглядности и иллюстративности физических моделей и явлений открывает использование мультимедийных пособий. Не заменяя непосредственный эксперимент или традиционные демонстрационные опыты, такие пособия служат равноценным дополнением к ним, демонстрируя или моделируя явления, которые невозможно реализовать в лабораторных условиях (например, атмосферные разряды, полярные сияния) или наблюдать явно (движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях). Возможности самостоятельно изменять в широких пределах экспериментальные параметры в мультимедийных пособиях обеспечивают более глубокое и разностороннее усвоение материала учащимися, вызывают творческий интерес.

3. Внутренняя логика курса отражает последовательный переход от физических макромоделей (в сторону уменьшения пространственных масштабов) к моделям микромира.

В авторской рабочей программе, соответствующей Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования, предложена следующая структура курса: изучение физики происходит в результате последовательной детализации структуры объектов — от больших масштабов к меньшим.

В 10 классе после введения, содержащего основные методологические представления о физическом эксперименте и теории, изучается механика, затем молекулярная физика и, наконец, электростатика.

При изучении кинематики и динамики недеформируемых твердых тел силы электромагнитной природы (упругости, реакции, трения) вводятся феноменологически. Практически полная электро-

нейтральность твердых тел позволяет получать при этом правильный результат. Существенное внимание обращено на область применимости той или иной теории. Ввиду того что в курсе нет деления физики на классическую и современную, границы применимости классической механики определяются сразу же более общей релятивистской механикой, существенно корректирующей привычные представления о пространстве и времени.

Молекулярная физика — первый шаг в детализации молекулярной структуры объектов (при переходе к изучению пространственных масштабов  $10^{-6} \div 10^{-10}$  м). Детализация молекулярной структуры различных агрегатных состояний вещества позволяет изучить их свойства, возможные фазовые переходы между ними, а также их отклик на внешнее воздействие: возникновение и распространение механических и звуковых волн.

Один из важнейших выводов молекулярно-кинетической теории — вещество в земных условиях представляет собой совокупность заряженных частиц, взаимодействующих друг с другом.

Рассмотрение электромагнитного взаимодействия — следующий шаг в глубь структуры вещества (и вверх по «шкале» энергий).

В электростатике последовательно рассматриваются силы и энергия электромагнитного взаимодействия в наиболее простом случае, когда заряженные частицы покоятся (их скорость  $v = 0$ ). При рассмотрении электростатики, впрочем, как и других разделов, существенное внимание уделяется ее современным приложениям.

В 11 классе вначале изучается электродинамика, затем электромагнитное излучение и, наконец, физика высоких энергий и элементы астрофизики.

В соответствии с предлагаемой программой курс физики 10 класса должен способствовать достижению следующих результатов:

— знание основ современных физических теорий (понятий: физическое явление, физическая величина, модель, гипотеза, принцип, закон, теория, пространство, время, инерциальная система отсчета, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, атом; теоретических моделей: материальная точка, точечный заряд, абсолютно твердое тело, модель кристалла, идеальный газ; законов: классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, Кулона; уравнения состояния идеального газа, принципов суперпозиции и относительности);

— знание смысла физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, давление, импульс, работа, мощность, механический момент силы, механическая и внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, удельная теплоемкость, удельная теплота плавления, удельная теплота парообразования, удельная теплота сгорания топлива, частота, период, амплитуда колебаний, длина волны, элементарный электрический заряд, напряженность электрического поля, потенциал, разность потенциалов, электроемкость, энергия электрического поля;

— систематизация научной информации (теоретической и экспериментальной);

— выдвижение гипотез, планирование эксперимента или его моделирование;

— оценка достоверности естественно-научной информации, возможности ее практического использования, в частности, для обеспечения безопасности жизнедеятельности, для защиты окружающей среды;

— оценка погрешности измерений, совпадения результатов эксперимента с теорией, понимания

границ применимости физических моделей и теорий.

На изучение курса физики по предлагаемой программе отводится 175 ч (5 ч в неделю). В целях формирования экспериментальных умений в программе предусмотрена система фронтальных лабораторных работ и лабораторный практикум.

Основной акцент при обучении делается на научный и мировоззренческий аспекты образования по физике, являющиеся важнейшим вкладом в создание интеллектуального потенциала страны.

В учебно-методический комплекс входит электронная форма учебника. Процесс обучения с использованием интерактивного пособия позволяет выстроить индивидуальную траекторию обучения, осуществить самоконтроль и самооценку.

Единый комплекс с учебником составляет тетрадь для лабораторных работ, в которую включены 9 лабораторных работ по следующим темам: «Механика», «Молекулярная физика» и «Электростатика».

Комплекс предусматривает возможность многоуровневого использования. Если на изучение предмета отводится 3 ч в неделю, то учащиеся выполняют 5 лабораторных работ, проводится 10 контрольных работ.

Если на изучение предмета отводится 4 ч в неделю, то учащиеся выполняют 6 лабораторных работ, проводится 10 контрольных работ.

Возможность многоуровневого использования комплекса помогает решить проблему мобильности учащихся, т. е. позволяет учащимся общеобразовательных школ, гимназий, лицеев, переходящим в среднюю (полную) школу гуманитарного или физико-математического профиля, легко адаптироваться к курсу физики; адекватно подготовиться к единому государственному экзамену.

## Планируемые результаты освоения курса

ФГОС основного и среднего общего образования провозглашают в качестве целевых ориентиров общего образования достижение целостной совокупности личностных, предметных и метапредметных образовательных результатов.

Личностные образовательные результаты (достижения) учащихся являются системообразующим фактором при формировании предметных и метапредметных результатов и определяют линию развития субъектной позиции школьника в учении (активность, самостоятельность и ответственность).

**Личностными результатами** обучения физике в средней школе являются:

- *в сфере отношений обучающихся к себе, к своему здоровью, к познанию себя* — готовность и способность к отстаиванию собственного мнения, к саморазвитию и самовоспитанию в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества;

- *в сфере отношений обучающихся к закону, государству и к гражданскому обществу* — мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики;

- *в сфере отношений обучающихся к окружающему миру, к живой природе, художественной культуре* — мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки, значимость науки, готовность к научно-техническому творчеству, владение достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества; готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию;

- *в сфере отношений обучающихся к труду, в сфере социально-экономических отношений* — осознанный выбор будущей профессии как путь и способ реализации собственных жизненных планов;

готовность обучающихся к трудовой профессиональной деятельности как к возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем; потребность трудиться, уважение к труду и людям труда, трудовым достижениям, добросовестное, ответственное и творческое отношение к разным видам трудовой деятельности.

**Метапредметные результаты** освоения курса физики в средней школе представлены тремя группами универсальных учебных действий.

### **Регулятивные универсальные учебные действия**

*Выпускник научится:*

— самостоятельно определять цели, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности;

— сопоставлять имеющиеся возможности и необходимые для достижения цели ресурсы;

— организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;

— определять несколько путей достижения поставленной цели;

— выбирать оптимальный путь достижения цели с учетом эффективности расходования ресурсов;

— задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута;

— сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью;

— оценивать последствия достижения поставленной цели в деятельности, собственной жизни и жизни окружающих людей.

### **Познавательные универсальные учебные действия**

*Выпускник научится:*

— критически оценивать и интерпретировать информацию с разных позиций;

— распознавать и фиксировать противоречия в информационных источниках;

— использовать различные модельно-схематические средства для представления выявленных в информационных источниках противоречий;

— осуществлять развернутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи;

— искать и находить обобщенные способы решения задач;

— приводить критические аргументы как в отношении собственного суждения, так и в отношении действий и суждений другого;

— анализировать и преобразовывать проблемно-противоречивые ситуации;

— выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможности широкого переноса средств и способов действия;

— выстраивать индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения;

— менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности (быть учеником и учителем; формулировать образовательный запрос и выполнять консультативные функции самостоятельно; ставить проблему и работать над ее решением; управлять совместной познавательной деятельностью и подчиняться).

### **Коммуникативные универсальные учебные действия**

#### *Выпускник научится:*

— осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми (как внутри образовательной организации, так и за ее пределами);

— при осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом проектной команды в разных ролях (генератором идей, критиком, исполнителем, презентующим и т. д.);

— развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств;

— координировать и выполнять работу в условиях виртуального взаимодействия (или сочетания реального и виртуального);

— согласовывать позиции членов команды в процессе работы над общим продуктом/решением;

— представлять публично результаты индивидуальной и групповой деятельности как перед знакомой, так и перед незнакомой аудиторией;

— воспринимать критические замечания как ресурс собственного развития;

— точно и емко формулировать как критические, так и одобрительные замечания в адрес других людей в рамках деловой и образовательной коммуникации, избегая при этом личностных оценочных суждений.

**Предметные результаты** обучения физике в средней школе на углубленном уровне представим по темам.

### **Физика в познании вещества, поля, пространства и времени:**

— давать определения понятий: базовые физические величины, физический закон, научная гипотеза, модель в физике и микромире, элементарная частица, фундаментальное взаимодействие;

— называть базовые физические величины и их условные обозначения, кратные и дольные единицы, основные виды фундаментальных взаимодействий, их характеристики, радиус действия;

— делать выводы о границах применимости физических теорий, их преемственности, существовании связей и зависимостей между физическими величинами;

— использовать идею атомизма для объяснения структуры вещества;

— интерпретировать физическую информацию, полученную из других источников.

### **Кинематика материальной точки:**

— давать определения понятий: механическое движение, материальная точка, тело отсчета, система отсчета, траектория, равномерное прямолинейное движение, равноускоренное и равнозамедленное прямолинейное движения, равнопеременное движение, периодическое (вращательное и колебательное) движение, гармонические колебания;

— описывать демонстрационные опыты Бойля и опыты Галилея для исследования явления свободного падения тел; описывать эксперименты по измерению ускорения свободного падения и изучению движения тела, брошенного горизонтально;

— использовать для описания механического движения кинематические величины: радиус-вектор, перемещение, путь, средняя путевая скорость, мгновенная и относительная скорости, мгновенное и центростремительное ускорения, период и частота вращения, угловая и линейная скорости;

— делать выводы об особенностях свободного падения тел в вакууме и в воздухе, сравнивать их траектории;

— разъяснять основные положения кинематики;

— применять полученные знания для решения практических задач.

### **Динамика материальной точки:**

— давать определения понятий: инерциальная система отсчета, инертность, сила тяжести, сила упругости, сила реакции опоры, сила натяжения, вес тела, сила трения покоя, сила трения скольжения, сила трения качения;

— описывать опыт Кавендиша по измерению гравитационной постоянной, эксперимент по измерению коэффициента трения скольжения;

— формулировать принцип инерции, принцип относительности Галилея, принцип суперпозиции

сил, законы Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука;

— делать выводы о механизме возникновения силы упругости с помощью механической модели кристалла;

— прогнозировать влияние невесомости на поведение космонавтов при длительных космических полетах;

— разъяснять предсказательную и объяснительную функции классической механики;

— исследовать движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости;

— объяснять принцип действия крутильных весов;

— применять полученные знания для решения практических задач.

### **Законы сохранения:**

— давать определения понятий: замкнутая система, реактивное движение; устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие; потенциальные силы, консервативная система, абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары; физических величин: импульс силы, импульс тела, работа силы, потенциальная, кинетическая и полная механическая энергия, мощность;

— описывать эксперимент по проверке закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости;

— делать выводы и умозаключения о преимуществах использования энергетического подхода при решении ряда задач динамики;

— формулировать законы сохранения импульса и энергии с учетом границ их применимости;

— объяснять принцип реактивного движения.

### **Динамика периодического движения:**

— давать определения понятий: вынужденные, свободные (собственные) и затухающие колебания,

апериодическое движение, резонанс; физических величин: первая и вторая космические скорости, амплитуда колебаний, статическое смещение;

— исследовать возможные траектории тела, движущегося в гравитационном поле, движение спутников и планет; зависимость периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины и массы груза, математического маятника — от длины нити и ускорения свободного падения;

— прогнозировать возможные варианты вынужденных колебаний одного и того же пружинного маятника в средах с разной плотностью.

### **Статика:**

— давать определения понятий: поступательное движение, вращательное движение, абсолютно твердое тело, рычаг, блок, центр тяжести тела, центр масс; физических величин: момент силы, плечо силы;

— формулировать условия статического равновесия для поступательного и вращательного движения;

— применять полученные знания для нахождения координат центра масс системы тел.

### **Релятивистская механика:**

— давать определения понятий: радиус Шварцшильда, горизонт событий, собственное время, энергия покоя тела;

— формулировать постулаты специальной теории относительности и следствия из них; условия, при которых происходит аннигиляция и рождение пары частиц;

— описывать принципиальную схему опыта Майкельсона—Морли;

— делать вывод, что скорость света — максимально возможная скорость распространения любого взаимодействия;

— оценивать критический радиус черной дыры, энергию покоя частиц;

- объяснять эффект замедления времени, определять собственное время, время в разных инерциальных системах отсчета, одновременность событий;
- применять релятивистский закон сложения скоростей для решения практических задач.

### **Молекулярная структура вещества:**

- давать определения понятий: молекула, атом, изотоп, относительная атомная масса, дефект массы, моль, постоянная Авогадро, фазовый переход, ионизация, плазма;
- разъяснять основные положения молекулярно-кинетической теории строения вещества;
- классифицировать агрегатные состояния вещества;
- характеризовать изменения структуры агрегатных состояний вещества при фазовых переходах;
- формулировать условия идеальности газа;
- описывать явление ионизации;
- объяснять влияние солнечного ветра на атмосферу Земли.

### **Молекулярно-кинетическая теория идеального газа:**

- давать определения понятий: стационарное равновесное состояние газа, температура тела, абсолютный нуль температуры, изопроцесс, изотермический, изобарный и изохорный процессы;
- использовать статистический подход для описания поведения совокупности большого числа частиц, включающий введение микроскопических и макроскопических параметров;
- описывать демонстрационные эксперименты, позволяющие установить для газа взаимосвязь между его давлением, объемом, массой и температурой; эксперимент по изучению изотермического процесса в газе;
- объяснять опыт с распределением частиц идеального газа по двум половинам сосуда, газовые за-

коны на основе молекулярно-кинетической теории строения вещества;

— представлять распределение молекул идеального газа по скоростям;

— применять полученные знания к объяснению явлений, наблюдаемых в природе и быту.

### **Термодинамика:**

— давать определения понятий: число степеней свободы, теплообмен, теплоизолированная система, адиабатный процесс, тепловые двигатели, замкнутый цикл, необратимый процесс; физических величин: внутренняя энергия, количество теплоты, КПД теплового двигателя;

— объяснять особенность температуры как параметра состояния системы;

— наблюдать и интерпретировать результаты опытов, иллюстрирующих изменение внутренней энергии тела при совершении работы, явление диффузии;

— объяснять принцип действия тепловых двигателей;

— оценивать КПД различных тепловых двигателей;

— формулировать законы термодинамики;

— делать вывод о том, что явление диффузии является необратимым процессом;

— применять полученные знания по теории тепловых двигателей для рационального природопользования и охраны окружающей среды.

### **Жидкость и пар:**

— давать определения понятий: пар, насыщенный пар, испарение, кипение, конденсация, поверхностное натяжение, смачивание, мениск, угол смачивания, капиллярность; физических величин: критическая температура, удельная теплота парообразования, температура кипения, точка росы, давление насыщенного пара, относительная влажность воздуха, сила поверхностного натяжения;

— описывать эксперимент по изучению капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости;

— наблюдать и интерпретировать явление смачивания и капиллярные явления, протекающие в природе и быту;

— строить графики зависимости температуры тела от времени при нагревании, кипении, конденсации, охлаждении; находить из графиков значения необходимых величин.

### **Твердое тело:**

— давать определения понятий: плавление, кристаллизация, удельная теплота плавления, кристаллическая решетка, элементарная ячейка, монокристалл, поликристалл, аморфные тела, композиты, полиморфизм, анизотропия, изотропия, деформация (упругая, пластическая); физических величин: механическое напряжение, относительное удлинение, предел упругости, предел прочности при растяжении и сжатии;

— объяснять отличие кристаллических твердых тел от аморфных;

— описывать эксперимент по измерению удельной теплоемкости вещества;

— формулировать закон Гука;

— применять полученные знания для решения практических задач.

### **Механические волны. Акустика:**

— давать определения понятий: волновой процесс, механическая волна, продольная волна, поперечная волна, гармоническая волна, поляризация, линейно-поляризованная механическая волна, плоскость поляризации, стоячая волна, пучности и узлы стоячей волны, моды колебаний, звуковая волна, высота звука, эффект Доплера, тембр и громкость звука; физических величин: длина волны, интенсивность звука, уровень интенсивности звука;

— исследовать распространение сейсмических волн, явление поляризации;

— описывать и воспроизводить демонстрационные опыты по распространению продольных волн в пружине и в газе, поперечных волн — в пружине и шнуре, описывать эксперимент по измерению с помощью эффекта Доплера скорости движущихся объектов: машин, астрономических объектов;

— объяснять различие звуковых сигналов по тембру и громкости.

### **Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов:**

— давать определения понятий: точечный электрический заряд, электрическое взаимодействие, электризация тел, электрически изолированная система тел, электрическое поле, линии напряженности электростатического поля; физической величины: напряженность электростатического поля;

— объяснять принцип действия крутильных весов, светокопировальной машины, возможность использования явления электризации при получении дактилоскопических отпечатков;

— формулировать закон сохранения электрического заряда и закон Кулона, границы их применимости;

— устанавливать аналогию между законом Кулона и законом всемирного тяготения;

— описывать демонстрационные эксперименты по электризации тел и объяснять их результаты; описывать эксперимент по измерению емкости конденсатора;

— применять полученные знания для объяснения неизвестных ранее электрических явлений.

### **Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов:**

— давать определения понятий: эквипотенциальная поверхность, конденсатор, свободные и свя-

занные заряды, проводники, диэлектрики, полупроводники; физических величин: потенциал электростатического поля, разность потенциалов, относительная диэлектрическая проницаемость среды, электроемкость уединенного проводника, электроемкость конденсатора;

— наблюдать и интерпретировать явление электростатической индукции;

— объяснять принцип очистки газа от угольной пыли с помощью электростатического фильтра;

— описывать эксперимент по измерению электроемкости конденсатора;

— объяснять зависимость электроемкости плоского конденсатора от площади пластин и расстояния между ними;

— применять полученные знания для объяснения неизвестных ранее электрических явлений.

Обеспечить достижение планируемых результатов освоения основной образовательной программы, создать основу для самостоятельного успешного усвоения обучающимися новых знаний, умений, видов и способов деятельности должен *системно-деятельностный подход*. В соответствии с этим подходом именно активность обучающихся признается основой достижения развивающих целей образования — знания не передаются в готовом виде, а добываются учащимися в процессе познавательной деятельности.

Одним из путей повышения мотивации и эффективности учебной деятельности в основной школе является включение учащихся в *учебно-исследовательскую и проектную деятельность*, которая имеет следующие особенности:

1) цели и задачи этих видов деятельности учащихся определяются как их личностными мотивами, так и социальными. Это означает, что такая деятельность должна быть направлена не только на повышение компетентности подростков в предмет-

ной области определенных учебных дисциплин, не только на развитие их способностей, но и на создание продукта, имеющего значимость для других;

2) учебно-исследовательская и проектная деятельность должна быть организована таким образом, чтобы учащиеся смогли реализовать свои потребности в общении со значимыми, референтными группами одноклассников, учителей и т. д. Строя различного рода отношения в ходе целенаправленной поисковой, творческой и продуктивной деятельности, подростки овладевают нормами взаимоотношений с разными людьми, умениями переходить от одного вида общения к другому, приобретают навыки индивидуальной самостоятельной работы и сотрудничества в коллективе;

3) организация учебно-исследовательских и проектных работ школьников обеспечивает сочетание различных видов познавательной деятельности. В этих видах деятельности могут быть востребованы практически любые способности подростков, реализованы личные пристрастия к тому или иному виду деятельности.

Достижение учащимися современных образовательных результатов посредством включения их в процедуры понимания, проектирования, коммуникации и рефлексии, которые становятся универсальными способами учебно-познавательной деятельности, приводит к изменению позиции школьника в системе учения.

*Учебно-познавательная деятельность* — это деятельность субъекта, осуществляющего целеполагание на основе согласования предметных и личностных задач, решение этих задач на основе универсальных способов деятельности; ориентацию на систему значимых ценностных отношений «я — мир» в целях присвоения содержания образования при содействии и поддержке педагога. Тогда процесс учебно-познавательной деятельности совре-

менного школьника будет характеризоваться следующими изменениями традиционных этапов:

— на I этапе («мотивационно-целевом») целеполагание осуществляется учеником на основе *согласования предметных и личностных задач*, способствующих пониманию школьником *личностного смысла конкретной образовательной ситуации* (поэтому все задания должны носить личностный оттенок);

— II этап («проектировочный») характеризуется выбором школьником учебных заданий, способов и темпов его выполнения (поэтому любое задание по своей сути является проектным, где учащемуся необходимо получить конкретный «продукт»: фотоальбом, принцип измерения геометрических размеров молекулы и др.);

— в содержании III этапа («операционально-деятельностного») основными способами познания становятся процедуры понимания и коммуникации как способы нахождения смыслов, значений и интерпретации себя, Другого, образовательной ситуации, содержания предметной задачи;

— на традиционном IV этапе («оценочном») усиливается роль самооценивания и взаимооценивания результатов учебно-познавательной деятельности;

— V этап («рефлексивный») предполагает оценивание себя как субъекта учебно-познавательной деятельности (О. Б. Даутова).

Представим модель урока физики для учащихся 10 класса (табл. 1) с использованием следующего задания: каким образом меняются состояние, ощущения человека при «переходе» из инерциальной системы отсчета в неинерциальную? Результат представьте в виде таблицы с графами «Виды неинерциальных систем отсчета», «Состояние/ощущения человека».

Представленные задания можно решать (или продолжать решать) и при организации внеурочной деятельности учащихся по различным направлениям: проанализировать классному руководителю вместе со школьником и родителями полученные результаты и разработать совместную программу совершенствования обозначенных школьником личностных качеств (например, при формулировке понятия «дружба» через термин «суперпозиция»); классному руководителю совместно с психологом, родителями организовать классные часы в различных формах (например, при подготовке доклада «Трение при движении, «трение» в отношениях людей — причины, механизмы возникновения, виды»). Также можно организовать в школе выставку достижений школьников (например, демонстрация фотоальбомов, презентаций и др.).

**Таблица 1**  
**Модель урока (серии уроков) физики**  
**с использованием метапредметных заданий**

Этап учения	Содержание компонентов урока
Понимание	<i>Мотивационно-целевой этап:</i> целеполагание осуществляется учеником на основе <i>согласования предметных</i> (введение инерциальной и неинерциальной систем отсчета, движение тел в данных системах отсчета) <i>и личностных задач</i> (самочувствие человека в различных системах отсчета), способствующих пониманию школьником <i>личностного смысла конкретной образовательной ситуации</i>
Проектирование	<i>Проектировочный этап:</i> характеризуется выбором школьником способов и темпов выполнения задания (реализация данного этапа позволяет интегрировать урочную и внеурочную деятельность)

Этап учения	Содержание компонентов урока
	<p>учащихся при решении конкретного метапредметного задания: например, для урока (или серии уроков) учитель формирует информационный материал, отражающий различные контексты описания инерциальных и неинерциальных систем отсчета и помогающий учащимся понять условие задания)</p>
Коммуникация	<p><i>Операционально-деятельностный этап:</i> основными способами познания становятся процедуры понимания и коммуникации. Обсуждаются с учителем задания из учебника (или другой литературы), помогающие школьнику составить таблицу «Виды неинерциальных систем отсчета — Состояние/ощущения человека»</p>
Рефлексия	<p><i>Рефлексивный этап:</i> предполагает оценивание себя как субъекта учебно-познавательной деятельности. Актуализация учащимися предметной и личностной задач урока. Проведение письменного опроса учащихся: что я узнал, чему научился, что понял, что приобрел. Подведение итогов урока с озвучиванием выводов, полученных учащимися совместно с учителем относительно самочувствия человека в различных системах отсчета</p>

При подготовке учителя физики к уроку физики в рамках ФГОС необходимо на содержательном уровне выделить предметный, межпредметный и метапредметный контексты изучаемой темы на уровне понятий. И далее структурировать полученную информацию в виде таблицы 2.

**Таблица 2**  
**Понятия (предметный, межпредметный и метапредметный контексты)**

Раздел физики	Контекст							
	Предметный (физика)		Межпредметный			Метапредметный		
	Изучаемые понятия	Тема	Изучаемые понятия	Тема	Предмет	Изучаемые понятия	Тема	Где изучается
Механика								
Молекулярная физика								
Термодинамика								
Электродинамика								
Оптика								
Атомная физика								
Ядерная физика								
Колесания и волны								

Дидактические средства, используемые на уроке физики, являются системообразующим элементом методической системы учителя, ориентированной на достижение учащимися новых образовательных результатов. Поэтому далее, в соответствии с выделенными понятиями, которые представлены в предметном, межпредметном и метапредметном контекстах, учитель физики проектирует урок физики в виде таблицы 3.

**Таблица 3**  
**Модель урока физики**

<b>Тема урока</b>		
<b>Решаемая учебная проблема</b>		
<b>Образовательные результаты</b>	Учебные задания формирующее данный образовательный результат	Учебное задание, формирующее данный образовательный результат, с использованием физического эксперимента (натурного, компьютеризованного) и компьютеризованного)
<b>Предметные образовательные результаты</b>		

<p>Метапредметные образовательные результаты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— познавательные универсальные учебные действия (не менее одного)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— регулятивные универсальные учебные действия (не менее одного)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— коммуникативные универсальные учебные действия (не менее одного)</li> </ul>	
<p>Личностные образовательные результаты</p>	
<p>Этапы работы с учебным материалом (заданиями):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понимание.</li> <li>2. Проектирование.</li> <li>3. Коммуникация.</li> <li>4. Рефлексия</li> </ol>	<p><i>Указать, какие учебные задания используются на конкретных этапах</i></p>

Представим пример проектирования урока физики (или серии уроков) по теме (или разделу) «Свободные, вынужденные и затухающие механические колебания». Представленный пример является обобщающим типом урока (табл. 4).

Таблица 4

Раздел физики	Контекст							
	Предметный (физика)		Межпредметный			Метапредметный		
	Изучаемые понятия	Тема	Изучаемые понятия	Тема	Предмет	Изучаемые понятия	Тема	Где изучается
Колебания и волны (механические)	1. Колебания. 2. Гармонические колебания. 3. Свободные колебания. 4. Вынужденные колебания. 5. Затухающие колебания	Свободные, вынужденные и затухающие механические колебания	Колебания	Движение крови по сосудам. Кровяное давление	Биология	Колебания	Работоспособность человека в течение дня	Социальная практика

Учитель может подобрать под различные контексты информацию не только из учебников, но и используя информационно-образовательное пространство. Или задать учащимся самостоятельный поиск информации по выделенным понятиям, которые представлены в предметном, межпредметном и метапредметном контекстах.

Далее проектируем урок физики в виде таблицы 5 (нумерация образовательных результатов находится в соответствии с учебными заданиями, формирующими их).

Отметим, что представленная форма проектирования урока (или серии уроков) физики может являться маршрутным листом для учащегося.

**Таблица 5**  
**Модель урока физики**

<b>Тема урока</b>	Свободные, вынужденные и затухающие механические колебания	
<b>Решаемая учебная проблема</b>	Как изменяется работоспособность человека (школьника) в течение рабочего дня? Каковы способы ее повышения?	
<b>Учебные задания</b>	<b>Учебное задание, формирующее данный образовательный результат</b>	<b>Учебное задание, формирующее данный образовательный результат, с использованием физического эксперимента (натурного, компьютерного и компьютеризированного)</b>
<b>Образовательные результаты</b>		
<i>1. Личностные образовательные результаты.</i> 1.1. Смыслообразование (ученик)	1.1. Самостоятельный поиск информации по выделенным	

<p>должен уметь задавать вопрос «Какой смысл имеет для меня изучение колебаний?» и находить на него ответ)</p>	<p>понятиям в таблице 1, которые представлены в предметном, межпредметном и метапредметном контекстах (выполнение данного задания мотивирует ученика на изучение темы в целях поиска способов повышения своей работоспособности, т. е. «минимизировать ее колебания»)</p>	
<p><i>2. Предметные образовательные результаты.</i>  2.1. Знать определение основных понятий (колебание, гармоническое колебание, частота, период, амплитуда и др.).  2.2. Уметь классифицировать колебания, исследовать зависимость периода колебаний математического</p>	<p>2.1. и  2.2. Учебные задачи из сборников задач по физике разного уровня (учитель может подготовить раздаточный материал, составленный из задач разного уровня, для обобщения учащимися усвоенного мате-</p>	<p>2.2. Лабораторная работа «Исследование колебаний математического (пружинного) маятника» (при каких условиях колебания математического (пружинного) маятника считаются гармоническими).  Учитель может подобрать другие исследовательские задачи (например, выявите зависимость...)</p>

<p>маятника от его длины, массы и амплитуды колебаний, исследовать зависимость периода колебаний груза на пружине от его массы и жесткости пружины, вычислять период колебаний математического маятника по известному значению его длины; вычислять период колебаний груза на пружине по известным значениям его массы и жесткости пружины</p>	<p>риала или устранения пробелов учащихся в усвоении понятий)</p>	
<p><i>3. Метапредметные образовательные результаты. Познавательные универсальные учебные действия.</i>  <b>3.1.</b> Выдвижение гипотез и их обоснование (логические).  <b>3.2.</b> Самостоятельное создание способов решения проблем</p>	<p><b>3.2.</b> Проектное задание: изменяется ли ваша работоспособность в течение дня по гармоническому закону? Свободные, вынужденные или затухающие это колебания? Попробуйте смоделировать</p>	<p><b>3.1.</b> Лабораторная работа «Исследование колебаний математического (пружинного) маятника» (докажите модельность представлений о гармонических колебаниях)</p>

творческого и поискового характера (постановка и решение проблем)	ликовать вид уравнения	
<p><i>Регулятивные универсальные учебные действия (не менее одного).</i></p> <p>3.3. Оценка (при выполнении лабораторных работ 2.2 и 3.1 происходит выделение и осознание учащимся того, что уже усвоено и что еще подлежит усвоению, осознание качества и уровня усвоения. В зависимости от этого учитель может предоставить учащимся «направляющие» задачи, помогающие ученику устранить пробелы в данной теме)</p>		
<p><i>Коммуникативные универсальные учебные действия (не менее одного).</i></p>		

Окончание табл. 5

<p>3.4. Постановка вопросов (при выполнении проектного задания 3.2 ученик учится сотрудничать и задавать вопросы в целях поиска, сбора информации, получения результата (уравнение, моделирующее работоспособность школьника в течение дня))</p>		
<p>Этапы работы с учебным материалом (заданиями):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понимание.</li> <li>2. Проектирование.</li> <li>3. Коммуникация.</li> <li>4. Рефлексия</li> </ol>	<p><u>Понимание:</u> 1.1 (предварительное домашнее задание).  <u>Проектирование:</u> 2.1, 2.2, 3.1.  <u>Коммуникация:</u> 3.2 (проектное задание может выполняться и во внеурочное время).  <u>Рефлексия:</u> анкетирование учащихся в целях получения ответа на вопрос «Каковы способы повышения работоспособности школьника в течение дня?»</p>	

*В. А. Касьянов,  
О. А. Крысанова*

---

# Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала (175 ч, 5 ч в неделю)

## **Введение (3 ч)**

**Физика в познании вещества,  
поля, пространства и времени (3 ч)**

**Урок 1/1<sup>1</sup>. Что изучает физика (§ 1—3).**

**Урок 2/2. Физические модели. Идея атомизма  
(§ 4, 5).**

**Урок 3/3. Фундаментальные взаимодействия (§ 6).**

## **Механика (66 ч)**

**Кинематика материальной точки (23 ч)**

**Урок 4/1. Траектория (§ 7).**

**Урок 5/2. Закон движения (§ 7).**

**Урок 6/3. Перемещение (§ 8).**

**Урок 7/4. Путь и перемещение (§ 8).**

**Урок 8/5. Скорость (§ 9).**

**Урок 9/6. Мгновенная скорость (§ 9).**

**Урок 10/7. Относительная скорость движения тел  
(§ 9).**

**Урок 11/8. Равномерное прямолинейное движение  
(§ 10).**

**Урок 12/9. График равномерного прямолинейного  
движения (§ 10).**

**Урок 13/10. Ускорение (§ 11).**

---

<sup>1</sup> Уроки обозначены дробью: в числителе — номер урока с начала изучения курса, а в знаменателе — номер урока в теме.

- Урок 14/11.** Прямолинейное движение с постоянным ускорением (§ 12).
- Урок 15/12.** Равнопеременное прямолинейное движение (§ 12).
- Урок 16/13.** Свободное падение тел (§ 13).
- Урок 17/14.** Лабораторная работа № 1 «Измерение ускорения свободного падения».
- Урок 18/15.** Графическое представление равнопеременного движения (§ 14).
- Урок 19/16.** Одномерное движение в поле тяжести при наличии начальной скорости (§ 14).
- Урок 20/17.** Решение задач (§ 14).
- Урок 21/18.** Баллистическое движение (§ 15).
- Урок 22/19.** Баллистическое движение в атмосфере (§ 15).
- Урок 23/20.** Лабораторная работа № 2 «Изучение движения тела, брошенного горизонтально».
- Урок 24/21.** Кинематика периодического движения (§ 16).
- Урок 25/22.** Колебательное движение материальной точки (§ 16).
- Урок 26/23.** Контрольная работа № 1 «Кинематика материальной точки».

### **Динамика материальной точки (12 ч)**

- Урок 27/1.** Принцип относительности Галилея (§ 17).
- Урок 28/2.** Первый закон Ньютона (§ 18).
- Урок 29/3.** Второй закон Ньютона (§ 19).
- Урок 30/4.** Третий закон Ньютона (§ 20).
- Урок 31/5.** Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения (§ 21).
- Урок 32/6.** Сила тяжести (§ 22).
- Урок 33/7.** Сила упругости. Вес тела (§ 23).
- Урок 34/8.** Сила трения (§ 24).
- Урок 35/9.** Лабораторная работа № 3 «Измерение коэффициента трения скольжения».
- Урок 36/10.** Применение законов Ньютона (§ 25).

**Урок 37/11.** Лабораторная работа № 4 «*Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости*».

**Урок 38/12.** Контрольная работа № 2 «*Динамика материальной точки*».

### **Законы сохранения (14 ч)**

**Урок 39/1.** Импульс материальной точки (§ 26).

**Урок 40/2.** Закон сохранения импульса (§ 27).

**Урок 41/3.** Решение задач (§ 27).

**Урок 42/4.** Работа силы (§ 28).

**Урок 43/5.** Решение задач (§ 28).

**Урок 44/6.** Потенциальная энергия (§ 29).

**Урок 45/7.** Потенциальная энергия тела при гравитационном и упругом взаимодействиях (§ 30).

**Урок 46/8.** Кинетическая энергия (§ 31).

**Урок 47/9.** Решение задач (§ 29—31).

**Урок 48/10.** Мощность (§ 32).

**Урок 49/11.** Закон сохранения механической энергии (§ 33).

**Урок 50/12.** Абсолютно неупругое столкновение (§ 34).

**Урок 51/13.** Абсолютно упругое столкновение (§ 34).

**Урок 52/14.** Решение задач (§ 33, 34).

### **Динамика периодического движения (7 ч)**

**Урок 53/1.** Законы механики и движение небесных тел (§ 35).

**Урок 54/2.** Лабораторная работа № 5 «*Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости*».

**Урок 55/3.** Динамика свободных колебаний (§ 36).

**Урок 56/4.** Колебательная система под действием внешних сил, не зависящих от времени (§ 37).

**Урок 57/5.** Вынужденные колебания (§ 38).

**Урок 58/6.** Резонанс (§ 38).

**Урок 59/7.** Контрольная работа № 3 «*Законы сохранения*».

## **Статика (4 ч)**

**Урок 60/1.** Условие равновесия для поступательно-го движения (§ 39).

**Урок 61/2.** Условие равновесия для вращательного движения (§ 40).

**Урок 62/3.** Центр тяжести (центр масс) системы материальных точек и твердого тела (§ 41).

**Урок 63/4.** Контрольная работа № 4 «*Статика*».

## **Релятивистская механика (6 ч)**

**Урок 64/1.** Постулаты специальной теории относительности (§ 42).

**Урок 65/2.** Относительность времени (§ 43).

**Урок 66/3.** Замедление времени (§ 44).

**Урок 67/4.** Релятивистский закон сложения скоростей (§ 45).

**Урок 68/5.** Взаимосвязь энергии и массы (§ 46).

**Урок 69/6.** Контрольная работа № 5 «*Релятивистская механика*».

## **Молекулярная физика (49 ч)**

### **Молекулярная структура вещества (4 ч)**

**Урок 70/1.** Строение атома (§ 47).

**Урок 71/2.** Масса атомов. Молярная масса (§ 47).

**Урок 72/3.** Агрегатные состояния вещества: твердое тело, жидкость (§ 48).

**Урок 73/4.** Агрегатные состояния вещества: газ, плазма (§ 48).

### **Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (14 ч)**

**Урок 74/1.** Распределение молекул идеального газа в пространстве (§ 49).

**Урок 75/2.** Распределение молекул идеального газа в пространстве (§ 49).

**Урок 76/3.** Распределение молекул идеального газа по скоростям (§ 50).

**Урок 77/4.** Температура (§ 51).

**Урок 78/5.** Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (§ 52).

**Урок 79/6.** Решение задач (§ 52).

**Урок 80/7.** Уравнение Клапейрона—Менделеева (§ 53).

**Урок 81/8.** Уравнение Клапейрона—Менделеева (§ 53).

**Урок 82/9.** Изотермический процесс (§ 54).

**Урок 83/10.** Лабораторная работа № 6 «Изучение изотермического процесса в газе».

**Урок 84/11.** Изобарный процесс (§ 54).

**Урок 85/12.** Изохорный процесс (§ 54).

**Урок 86/13.** Решение задач (§ 54).

**Урок 87/14.** Контрольная работа № 6 «Молекулярная физика».

### **Термодинамика (10 ч)**

**Урок 88/1.** Внутренняя энергия (§ 55).

**Урок 89/2.** Внутренняя энергия (§ 55).

**Урок 90/3.** Работа газа при расширении и сжатии (§ 56).

**Урок 91/4.** Работа газа при изопроцессах (§ 56).

**Урок 92/5.** Первый закон термодинамики (§ 57).

**Урок 93/6.** Применение первого закона термодинамики для изопроцессов (§ 57).

**Урок 94/7.** Адиабатный процесс (§ 58).

**Урок 95/8.** Тепловые двигатели (§ 59).

**Урок 96/9.** Второй закон термодинамики (§ 60).

**Урок 97/10.** Контрольная работа № 7 «Термодинамика».

### **Жидкость и пар (7 ч)**

**Урок 98/1.** Фазовый переход пар—жидкость (§ 61).

**Урок 99/2.** Испарение. Конденсация (§ 62).

**Урок 100/3.** Давление насыщенного пара. Влажность воздуха (§ 63).

**Урок 101/4.** Кипение жидкости (§ 64).

- Урок 102/5.** Поверхностное натяжение (§ 65).  
**Урок 103/6.** Смачивание, капиллярность (§ 66).  
**Урок 104/7.** Лабораторная работа № 7 *«Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости».*

### **Твердое тело (5 ч)**

- Урок 105/1.** Кристаллизация и плавление твердых тел (§ 67).  
**Урок 106/2.** Лабораторная работа № 8 *«Измерение удельной теплоемкости вещества».*  
**Урок 107/3.** Структура твердых тел. Кристаллическая решетка (§ 68, 69).  
**Урок 108/4.** Механические свойства твердых тел (§ 70).  
**Урок 109/5.** Контрольная работа № 8 *«Агрегатные состояния вещества».*

### **Механические волны. Акустика (9 ч)**

- Урок 110/1.** Распространение волн в упругой среде (§ 71).  
**Урок 111/2.** Отражение волн (§ 71).  
**Урок 112/3.** Периодические волны (§ 72).  
**Урок 113/4.** Решение задач (§ 71, 72).  
**Урок 114/5.** Стоячие волны (§ 73).  
**Урок 115/6.** Звуковые волны (§ 74).  
**Урок 116/7.** Высота звука. Эффект Доплера (§ 75).  
**Урок 117/8.** Тембр, громкость звука (§ 76).  
**Урок 118/9.** Контрольная работа № 9 *«Механические волны. Акустика».*

### **Электростатика (25 ч)**

#### **Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (11 ч)**

- Урок 119/1.** Электрический заряд. Квантование заряда (§ 77).  
**Урок 120/2.** Электризация тел. Закон сохранения заряда (§ 78).

- Урок 121/3.** Закон Кулона (§ 79).
- Урок 122/4.** Решение задач (§ 79).
- Урок 123/5.** Равновесие статических зарядов (§ 80).
- Урок 124/6.** Напряженность электростатического поля (§ 81).
- Урок 125/7.** Линии напряженности электростатического поля (§ 82).
- Урок 126/8.** Принцип суперпозиции электростатических полей (§ 83).
- Урок 127/9.** Электростатическое поле заряженной сферы и заряженной плоскости (§ 83).
- Урок 128/10.** Подготовка к контрольной работе.
- Урок 129/11.** Контрольная работа № 10 *«Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»*.

### **Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (14 ч)**

- Урок 130/1.** Работа сил электростатического поля (§ 84).
- Урок 131/2.** Потенциал электростатического поля (§ 85).
- Урок 132/3.** Разность потенциалов. Измерение разности потенциалов (§ 85).
- Урок 133/4.** Электрическое поле в веществе (§ 86).
- Урок 134/5.** Диэлектрики в электростатическом поле (§ 87).
- Урок 135/6.** Решение задач (§ 87).
- Урок 136/7.** Проводники в электростатическом поле (§ 88, 89).
- Урок 137/8.** Емкость уединенного проводника (§ 90).
- Урок 138/9.** Емкость конденсатора (§ 91).
- Урок 139/10.** Лабораторная работа № 9 *«Измерение емкости конденсатора»*.
- Урок 140/11.** Соединения конденсаторов (§ 92).
- Урок 141/12.** Энергия электростатического поля (§ 93).

**Урок 142/13.** Объемная плотность энергии электростатического поля (§ 93).

**Урок 143/14.** Контрольная работа № 11 «Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов».

### **Лабораторный практикум (20 ч)**

#### **Резерв времени (12 ч)**

#### **Фронтальные лабораторные работы**

1. Измерение ускорения свободного падения, *урок 17/14.*

2. Изучение движения тела, брошенного горизонтально, *урок 23/20.*

3. Измерение коэффициента трения скольжения, *урок 35/9.*

4. Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости, *урок 37/11.*

5. Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости, *урок 54/2.*

6. Изучение изотермического процесса в газе, *урок 83/10.*

7. Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости, *урок 104/7.*

8. Измерение удельной теплоемкости вещества, *урок 106/2.*

9. Измерение электроемкости конденсатора, *урок 139/10.*

## Контрольные работы<sup>1</sup>

1. Кинематика материальной точки, *урок 26/23.*
2. Динамика материальной точки, *урок 38/12.*
3. Законы сохранения, *урок 59/7.*
4. Статика, *урок 63/4.*
5. Релятивистская механика, *урок 69/6.*
6. Молекулярная физика, *урок 87/14.*
7. Термодинамика, *урок 97/10.*
8. Агрегатные состояния вещества, *урок 109/5.*
9. Механические волны. Акустика, *урок 118/9.*
10. Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов, *урок 129/11.*
11. Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов, *урок 143/14.*

---

<sup>1</sup> Контрольные работы приведены в пособии: *Касьянов В. А., Мошейко Л. П., Ратбиль Е. Э.* Контрольные работы к учебнику В. А. Касьянова «Физика. Углубленный уровень. 10 класс». — 3-е изд., перераб. — Москва: Просвещение, 2022.

---

# Поурочное планирование учебного материала

(175 ч, 5 ч в неделю)

## ВВЕДЕНИЕ (3 ч)

Физика в познании вещества, поля,  
пространства и времени (3 ч)

### Урок 1/1. Что изучает физика

**Вид деятельности учащихся:**

- наблюдать и описывать физические явления;
- переводить значения величин из одних единиц в другие;
- систематизировать информацию и представлять ее в виде таблицы.

■ **Основной материал.** Возникновение физики как науки. Базовые физические величины в механике. Эталоны длины, времени, массы. Кратные и дольные единицы. Диапазон восприятия органов чувств. Органы чувств и процесс познания. Физика и культура. Особенности научного эксперимента. Фундаментальные физические теории.

■ **Демонстрации.** 1. Распределение энергии в спектре [1, опыт 160]<sup>1</sup>.

2. Объекты из электронной формы учебника (ЭФУ)<sup>2</sup>.

■ **На дом.** § 1—3.

---

<sup>1</sup> Значком [1] обозначена книга: Буров В. А., Зворыкин В. С., Кузьмин А. П. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч. 2: Электричество, оптика и физика атома: пособие для учителя / под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972.

<sup>2</sup> Рекомендуем использовать объекты из ЭФУ на каждом уроке.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Материал введения кратко систематизирует основы научного рационального познания окружающего мира. Следует отметить, что физика, как и любая другая наука, основывается на наблюдениях, с помощью которых можно получить количественные соотношения. Возможность процесса познания человеком окружающего мира частично ограничивается узким диапазоном восприятия органов чувств. Ограниченный частотный диапазон энергии, воспринимаемой человеческим глазом, можно продемонстрировать на опыте.

Термостолбик в этом опыте фиксирует невидимые глазом ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Следует подчеркнуть, что, несмотря на ограниченный диапазон чувственных восприятий, человеческий разум сумел понять природу многочисленных эффектов, происходящих вне этого диапазона, и определить структуру вещества на не различимых глазом пространственных масштабах.

При описании основных единиц СИ следует отметить постоянное совершенствование эталонов физических величин, а также разную экспериментальную методику измерения малых и больших длин и промежутков времени.

Большой познавательный интерес учащихся обычно вызывает характерный диапазон изменения во Вселенной основных физических величин — длины, времени, массы (см. первый форзац).

## **Урок 2/2. Физические модели.**

### **Идея атомизма**

#### **Вид деятельности учащихся:**

- высказывать гипотезы для объяснения наблюдаемых явлений;
- предлагать модели явлений.

■ **Основной материал.** Модельные приближения. Пределы применимости физической теории. Гипотеза Демокрита. Модели в микромире. Модели атома. Элементарная частица.

■ На дом. § 4, 5.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует отметить, что каждая теория имеет определенные границы применимости, которые определяются физическими упрощающими предположениями, сделанными при постановке задачи и в процессе вывода соотношений.

Успех описания явления зависит от того, насколько удачно выбрана физическая модель, насколько адекватна она явлению. Стандартными физическими моделями являются материальная точка, абсолютно твердое тело, математический маятник, идеальные проводник и изолятор и т. д.

Обратите внимание учащихся на то, что идея атомизма в процессе человеческого познания была наиболее перспективной научной гипотезой о строении вещества.

## Урок 3/3. Фундаментальные взаимодействия

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять различные фундаментальные взаимодействия;

— сравнивать интенсивность и радиус действия взаимодействий.

■ **Основной материал.** Виды взаимодействий. Фундаментальные взаимодействия. Радиус действия взаимодействия. Основные характеристики фундаментальных взаимодействий. Взаимодействие как связь структур вещества.

■ На дом. § 6.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует подчеркнуть, что каждое из четырех фундаментальных взаимодействий определяет конкретный процесс или явление в природе, например гравитационное — падение яблока, слабое — взрыв сверхновой звезды, элект-

ромагнитное — прыжок кузнечика, а сильное — радиоактивный распад веществ. Электромагнитное и гравитационное взаимодействия являются дальнедействующими. По этой причине они оказались первыми, для которых были разработаны теории: Ньютоном в XVII веке и Максвеллом в XIX веке. XX век был отмечен огромными достижениями в области квантовой механики.

Сегодня ученые работают над тем, чтобы объединить четыре взаимодействия в одно. Итогом успешного объединения электромагнитного и слабого взаимодействий стали попытки соединить эти два вида взаимодействий с сильным взаимодействием, чтобы в результате появилась так называемая теория великого объединения. Надо отметить, что надежды на построение такой теории сильно возросли, поскольку человечество достаточно много узнало о Вселенной.

## МЕХАНИКА (66 ч)

### Кинематика

#### материальной точки (23 ч)

#### Урок 4/1. Траектория

##### Вид деятельности учащихся:

— описывать характер движения в зависимости от выбранного тела отсчета;

— применять модель материальной точки к реальным движущимся объектам.

■ **Основной материал.** Механическое движение. Материальная точка. Тело отсчета. Траектория.

■ **Демонстрации.** 1. Движение по циклоиде [2, опыт 4 (3)]<sup>1</sup>. 2. Таблица «Траектория движения».

---

<sup>1</sup> Значком [2] обозначена книга: Буров В. А., Зворыкин В. С., Кузьмин А. П. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч. 1: Механика, теплота: пособие для учителя / под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1971.

■ На дом. § 7 (до закона движения).

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

При объяснении понятия тела отсчета желательно привести несколько примеров тел отсчета, относительно которых определяется положение материальной точки. При описании механического движения людей, автомобилей, самолетов за тело отсчета обычно принимается Земля.

Внимание учащихся следует обратить на то, что форма траектории зависит от выбора тела отсчета.

## Урок 5/2. Закон движения

**Вид деятельности учащихся:**

— представлять механическое движение уравнениями зависимости координат от времени.

■ **Основной материал.** Система отсчета. Радиус-вектор. Закон движения тела в координатной и векторной форме.

■ На дом. § 7.

## Урок 6/3. Перемещение

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере перемещения.

■ **Основной материал.** Перемещение — векторная величина. Единица перемещения. Сложение перемещений.

■ **Демонстрации.** Сложение перемещений [2, опыт 4 (1, 2)].

■ На дом. § 8 (до пути и перемещения).

## Урок 7/4. Путь и перемещение

**Вид деятельности учащихся:**

— сравнивать путь и перемещение тела.

■ **Основной материал.** Путь. Единица пути. Различные пути и перемещения. Евклидовость физического пространства.

■ **На дом.** § 8.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что путь — скалярная величина, а перемещение — векторная. Путь и модуль вектора перемещения совпадают только при прямолинейном движении в одном направлении. При криволинейном движении путь больше модуля перемещения, так как длина дуги всегда больше длины стягивающей ее хорды.

В случае, если на уроке остается время, учащимся следует показать, что в неевклидовой геометрии сумма перемещений зависит от последовательности, в которой эти перемещения происходят.

## Урок 8/5. Скорость

### **Вид деятельности учащихся:**

— вычислять среднюю скорость неравномерного движения, используя аналитический и графический методы.

■ **Основной материал.** Средняя путевая скорость. Единица скорости.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 9.

■ **На дом.** § 9 (до мгновенной скорости).

## Урок 9/6. Мгновенная скорость

### **Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере мгновенной скорости.

■ **Основной материал.** Мгновенная скорость. Модуль мгновенной скорости. Вектор скорости.

■ **На дом.** § 9 (до относительной скорости), задача № 3 к § 9.

## Урок 10/7. Относительная скорость движения тел

Вид деятельности учащихся:

— моделировать равномерное движение.

■ **Основной материал.** Относительная скорость при движении тел в одном направлении и при встречном движении.

*Решение задач типа:* № 4, 5 к § 9.

■ **На дом.** § 9.

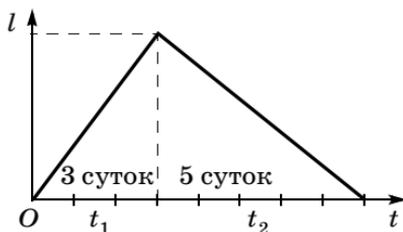
■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*<sup>1</sup>

**Задача 4.**

**Решение.**

По тексту задачи собственная скорость теплохода в стоячей воде  $v$  постоянна.



Пусть  $u$  — скорость течения реки:

$$\begin{cases} v + u = \frac{l}{t_1} & \text{— по течению реки,} \\ v - u = \frac{l}{t_2} & \text{— против течения реки.} \end{cases}$$

Вычитая уравнения, получаем:

$$2u = \frac{l}{t_1} - \frac{l}{t_2} = \frac{l(t_2 - t_1)}{t_1 t_2},$$

$$u = \frac{l(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2},$$

<sup>1</sup> Решение задач дается по пособию: Правильные ответы к задачам учебника В. А. Касьянова «Физика. 10 класс» / В. А. Касьянов, М. С. Атаманская, А. С. Богатин. — М.: Дрофа, 2005.

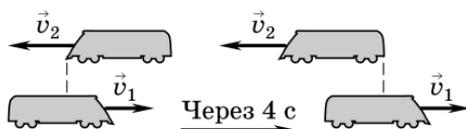
$$t_3 = \frac{l}{u} = \frac{l \cdot 2t_1 t_2}{l(t_2 - t_1)} = \frac{2t_1 t_2}{t_2 - t_1},$$

$$t_3 = \frac{2 \cdot 3 \cdot 5}{5 - 3} = 15 \text{ (сут.)}$$

### Задача 5.

#### Решение.

По тексту задачи пассажир может быть принят за материальную точку. Длина поезда, в котором он находится, не имеет значения.



По определению  $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ .

$v_1 + v_2$  — относительная скорость движения обоих поездов.

$$(v_1 + v_2)t = l, v_1 + v_2 = \frac{l}{t}, v_2 = \frac{l}{t} - v_1.$$

$$v_2 = \frac{0,2 \text{ км}}{1/900 \text{ ч}} - 60 \text{ км/ч} = 0,2 \cdot 900 \text{ км/ч} - 60 \text{ км/ч} = 180 \text{ км/ч} - 60 \text{ км/ч} = 120 \text{ км/ч}.$$

## Урок 11/8. Равномерное прямолинейное движение

### Вид деятельности учащихся:

- измерять скорость равномерного движения;
- определять перемещение по графику зависимости скорости движения от времени.

■ **Основной материал.** Равномерное прямолинейное движение. График скорости. Графический способ нахождения перемещения при равномерном прямолинейном движении. Закон равномерного прямолинейного движения.

*Решение задач типа:* № 1 к § 10.

■ На дом. § 10 (до графика равномерного прямолинейного движения), задача № 2 к § 10.

## Урок 12/9. График равномерного прямолинейного движения

**Вид деятельности учащихся:**

— строить и анализировать графики зависимости координаты тела и проекции скорости от времени при равномерном движении.

■ **Основной материал.** Графики зависимости координаты тела и проекции скорости от времени равномерного прямолинейного движения.

*Решение задач типа:* № 3, 4 к § 10.

■ На дом. § 10, задача № 5 к § 10.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

На уроке целесообразно построить графики зависимости координаты тела от времени при различном выборе начала отсчета по оси  $X$  и направления оси.

Значительный интерес представляет описание процессов с запаздыванием и навстречу движущимся телам.

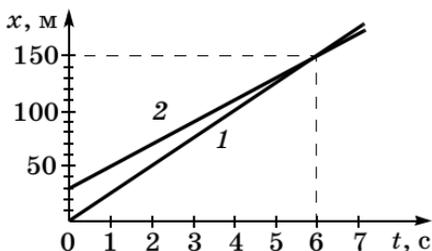
*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

Запишем законы изменения координаты для автобуса и автомобиля.

По условию задачи для автомобиля (1):  $x = 25t$ , для автобуса (2):  $x = 30 + 20t$ .



$t, \text{ с}$	0	2	4	6
$x_1, \text{ м}$	0	50	100	150
$x_2, \text{ м}$	30	70	110	150

По графику:

$$\Delta t = 6 \text{ с},$$

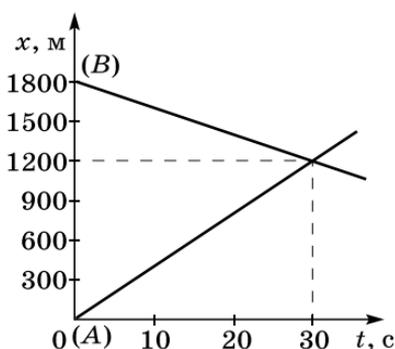
$$l_1 = 150 \text{ м}, l_2 = 120 \text{ м}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

Закон изменения координаты катеров (1):  $x = 40t$ , (2):  
 $x = 1800 - 20t$ .

$t, \text{ с}$	0	5	10	20	30
$x_1, \text{ м}$	0	200	400	800	1200
$x_2, \text{ м}$	1800	1700	1600	1400	1200



По графику:

$$t = 30 \text{ с},$$

$$x_B = 1200 \text{ м}.$$

## Урок 13/10. Ускорение

### Вид деятельности учащихся:

- систематизировать знания о физической величине на примере ускорения;
- рассчитывать ускорение тела.

■ **Основной материал.** Мгновенное ускорение. Единица ускорения. Тангенциальное и нормальное ускорения. Направление ускорения.

■ **На дом.** § 11.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что в отличие от вектора скорости, направленного по касательной к траектории, вектор ускорения может иметь составляющие, направленные как по касательной, так и по нормали к траектории. В частном случае при прямолинейном движении тела нормальное ускорение отсутствует.

При прямолинейном ускоренном движении вектор ускорения параллелен вектору скорости.

При прямолинейном замедленном движении вектор ускорения антипараллелен вектору скорости.

## Урок 14/11. Прямолинейное движение с постоянным ускорением

### Вид деятельности учащихся:

- строить, читать и анализировать графики зависимости скорости и ускорения от времени при прямолинейном равноускоренном и равнозамедленном движении.

■ **Основной материал.** Равноускоренное прямолинейное движение. Скорость при равноускоренном прямолинейном движении. Графический способ нахождения перемещения при равноускоренном прямолинейном движении. Закон равноускоренного движения. Равнозамедленное прямолинейное движение. Закон равнозамедленного движения.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 12.

■ На дом. § 12 (до равнопеременного движения).

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

На уроке следует подробно рассмотреть основные закономерности равноускоренного и равнозамедленного прямолинейного движения, построить графики движения при различных начальных условиях. Необходимо обратить внимание учащихся на то, что отрицательное время имеет физический смысл как время до условно выбранного нуля отсчета.

## Урок 15/12. Равнопеременное прямолинейное движение

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять среднюю скорость неравномерного движения, используя аналитический и графический методы.

■ **Основной материал.** Зависимость проекции скорости тела на ось  $X$  от времени при равнопеременном движении. Закон равнопеременного движения.

*Решение задач типа: № 4, 5 к § 12.*

■ На дом. § 12.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

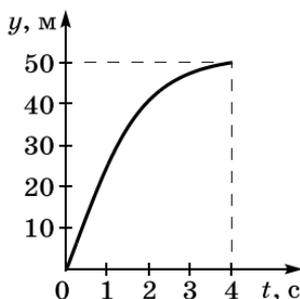
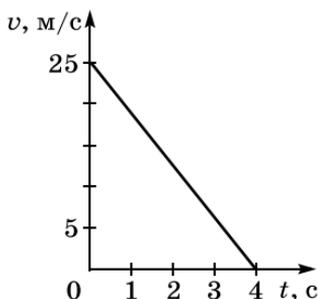
*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$v_y = 25 - 6,25t.$$

$$y = 25t - \frac{6,25}{2} t^2.$$



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4
$v, \text{ м/с}$	25	18,75	12,5	6,25	0
$y, \text{ м}$	0	21,2	37,5	47	50

Тормозной путь:

$$l = \frac{v_0 t}{2} = \frac{25 \cdot 4}{2} = 50 \text{ (м)}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

Модуль скорости при равнозамедленном движении:

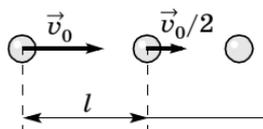
$$v = v_0 - at,$$

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - at,$$

$$v_0 = 2v_0 - 2at,$$

$$t = \frac{v_0}{2a}, \quad l = v_0 t - \frac{a}{2} t^2.$$

$$l = v_0 \cdot \frac{v_0}{2a} - \frac{a \cdot v_0^2}{2 \cdot 4a^2} = \frac{v_0^2}{2a} - \frac{v_0^2}{8a} = \frac{3v_0^2}{8a}.$$



## Урок 16/13. Свободное падение тел

**Вид деятельности учащихся:**

- классифицировать свободное падение тел как частный случай равноускоренного движения;
- наблюдать свободное падение тел.

■ **Основной материал.** Падение тел в отсутствие сопротивления воздуха. Ускорение свободного падения. Падение тел в воздухе.

■ **Демонстрации.** Падение тел в воздухе и в разреженном пространстве [2, опыт 8].

■ **На дом.** § 13.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К демонстрациям*

При выполнении демонстрации сначала следует показать падение двух шариков одинакового размера, но разной массы (опыт 8 (3)); далее — опыт с трубкой Ньютона (опыт 8 (2)) и затем падение на землю металлического и бумажного кружков (опыт 8 (1)).

## **Урок 17/14. Лабораторная работа № 1 «Измерение ускорения свободного падения»**

**Вид деятельности учащихся:**

— измерять ускорение при свободном падении (равноускоренном движении);

— наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности;

— представлять результаты измерений в виде таблиц.

■ На дом. § 13.

## **Урок 18/15. Графическое представление равнопеременного движения**

**Вид деятельности учащихся:**

— определять ускорение тела по графику зависимости скорости равнопеременного движения от времени;

— решать графические задачи;

— рассчитывать путь, перемещение и скорость при равнопеременном прямолинейном движении.

■ **Основной материал.** Свободное падение без начальной скорости. Графики зависимости пути, перемещения, скорости и ускорения от времени при свободном падении.

*Решение задач типа:*

1. № 1 к § 14.

2. Вопросы 1, 2 к § 14.

■ На дом. § 14 (до одномерного движения в поле тяжести), задачи № 2, 3 к § 14.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Свободное падение тел является одним из случаев равнопеременного движения. При решении задач на уроке это следует подчеркнуть.

Решение начинается с записи закона равнопеременного движения в общем виде. Затем выбираются координатные оси и нуль отсчета, записывается закон движения в проекциях на оси координат. Сначала целесообразно рассмотреть наиболее простой случай — свободное падение без начальной скорости. После построения графика движения тела — параболы следует изобразить график зависимости проекции скорости свободного падения тела и ускорения от времени.

## **Урок 19/16. Одномерное движение в поле тяжести при наличии начальной скорости**

### **Вид деятельности учащихся:**

— классифицировать свободное падение как частный случай равнопеременного движения;

— систематизировать знания об уравнениях движения.

■ **Основной материал.** Графики зависимости перемещения, пути, проекции скорости и ускорения тела, брошенного вертикально вверх в поле тяжести, от времени. Вывод формул для расчета времени подъема тела на максимальную высоту, времени падения на землю и максимальной высоты подъема.

■ **На дом.** § 14, вопросы 3, 4 к § 14.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

#### *К основному материалу*

Зависимость перемещения и пути тела от времени следует построить на одной диаграмме, что позволяет еще раз обратить внимание учащихся на различие этих величин. Под этими графиками хорошо бы изобразить зависимость проекции скорости тела и проекции ускорения на вертикальную ось от времени. Если ветви параболы  $y(t)$  направлены вниз, то график проекции скорости имеет отрицательный тангенс угла наклона и проекция ускорения отрицательна. Наоборот, в случае, когда ветви параболы  $y(t)$  направлены вверх, график проекции скорости имеет положительный тангенс угла наклона и проекция ускорения положительна.

## Урок 20/17. Решение задач

### Вид деятельности учащихся:

— применять полученные знания к решению задач, используя межпредметные связи физики и математики.

■ **Основной материал.** Решение задач на равнопеременное движение. Самостоятельная работа № 1.

*Решение задач типа:*

1. № 4, 5 к § 14.

2. Вопрос 5 к § 14.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$H = \frac{gT^2}{2},$$

значит, время падения:

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

$t = T - \Delta t$  — прошло до начала последней секунды. Расстояние, которое тело пролетело до начала последней секунды:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{g(T - \Delta t)^2}{2} = \frac{g}{2} \left( \sqrt{\frac{2H}{g}} - \Delta t \right)^2.$$

В последнюю секунду падения:

$$l = H - h =$$

$$= H - \frac{g}{2} \left( \sqrt{\frac{2H}{g}} - \Delta t \right)^2 =$$

$$= H - \frac{g}{2} \cdot \frac{2H}{g} + 2 \frac{g}{2} \times$$

$$\times \Delta t \sqrt{\frac{2H}{g}} - \frac{g}{2} \cdot \Delta t^2 =$$

$$= \frac{g}{2} \cdot \Delta t \left( 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} - \Delta t \right) =$$

$$= \frac{g}{2} \left( 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} - 1 \right).$$



### Задача 5.

#### Решение.

По рисунку:

$$h = 30 \text{ м.}$$

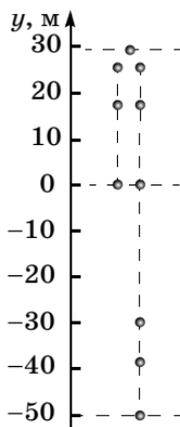
$$v_0 = \sqrt{2gy_{\max}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 30} = 24,2 \text{ (м/с).}$$

На уроке следует рассмотреть также графические задачи типа:

1. По графику зависимости  $v_y(t)$  построить графики зависимости  $y(t)$  и  $a_y(t)$ .

2. По графику зависимости  $a_y(t)$  при известных начальных условиях построить графики зависимости  $v_y(t)$  и  $y(t)$ .

На уроке следует провести самостоятельную работу № 1, рассчитанную на 10 минут.

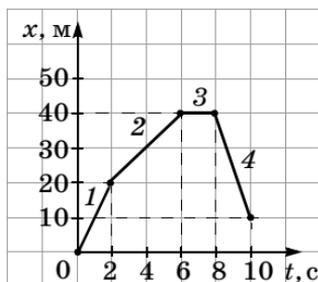


### I вариант

На рисунке приведен график зависимости координаты велосипедиста от времени.

1. Найдите модуль перемещения и путь велосипедиста за 10 с.

- А. 10 м; 10 м.
- Б. 20 м; 70 м.
- В. 40 м; 40 м.
- Г. 10 м; 70 м.
- Д. 60 м; 20 м.



2. На каком участке графика модуль скорости велосипедиста максимален?

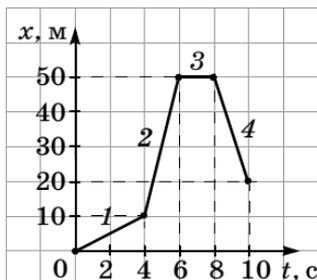
- А. 1.
- Б. 2.
- В. 3.
- Г. 4.
- Д. Скорость на всех участках одинакова.

3. Найдите среднюю скорость прохождения пути велосипедистом.

- А. 5 м/с.
- Б. 7 м/с.
- В. 9 м/с.
- Г. 10 м/с.
- Д. 12 м/с.

## II вариант

На рисунке приведен график зависимости координаты мотоциклиста от времени.



1. Найдите модуль перемещения и путь мотоциклиста за 10 с.

- А. 10 м; 20 м.
- Б. 20 м; 20 м.
- В. 50 м; 80 м.
- Г. 70 м; 30 м.
- Д. 20 м; 80 м.

2. На каком участке графика модуль скорости мотоциклиста минимален?

- А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4.
- Д. Скорость на всех участках одинакова.

3. Найдите среднюю скорость прохождения пути мотоциклистом.

- А. 4 м/с. Б. 6 м/с. В. 8 м/с. Г. 10 м/с. Д. 12 м/с.

Ответы. I вариант: 1. Г. 2. Г. 3. Б.

II вариант: 1. Д. 2. В. 3. В.

## Урок 21/18. Баллистическое движение

**Вид деятельности учащихся:**

— определять координаты, пройденный путь, скорость и ускорение тела по уравнениям зависимости координат и проекций скорости и ускорения от времени.

■ **Основной материал.** Баллистика. Уравнение баллистической траектории. Основные параметры баллистического движения: время подъема на максимальную высоту, максимальная высота, время и дальность полета. Скорость при баллистическом движении.

■ **Демонстрации.** Одновременное падение двух тел по параболе и вертикали [2, опыт 35].

■ **На дом.** § 15 (до баллистического движения в атмосфере), задача № 1 к § 15.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что криволинейное баллистическое движение тела можно рассматривать как результат сложения двух прямолинейных движений: равномерного движения по горизонтальной оси  $X$  и равнопеременного движения по вертикальной оси  $Y$ . В силу евклидовости физического пространства перемещение тела по координатным осям можно рассматривать независимо.

## Урок 22/19. Баллистическое движение в атмосфере

### Вид деятельности учащихся:

- указывать границы применимости физических законов;
- применять знания к решению задач.

■ **Основной материал.** Влияние силы сопротивления воздуха на баллистическую траекторию.

*Решение задач типа:* № 2—4 к § 15.

■ **Демонстрации.** Движение тела, брошенного под углом к горизонту [2, опыт 36].

■ **На дом.** § 15, задача № 5 к § 15.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К решению задач*

При решении задач следует обратить внимание учащихся, что в земных условиях реальное движение тел происходит по баллистической траектории, существенно отличающейся от параболической из-за сопротивления воздуха. Чем больше скорость тела, тем больше сила сопротивления воздуха и соответственно больше отличие баллистической кривой от параболы. При реальном движении в воздухе максимальная дальность полета достигается при углах вылета  $30\text{—}40^\circ$ .

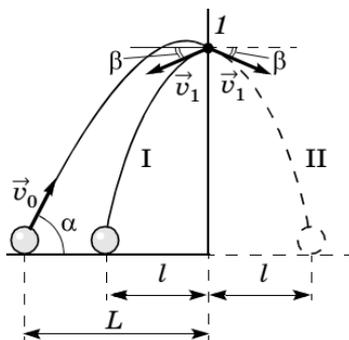
Расхождение простейшей теории баллистики с экспериментом не означает, что она не верна в принципе. В ва-

кууме или на Луне эта теория дает правильные результаты. Баллистические расчеты, учитывающие сопротивление воздуха, точно описывают реальную траекторию тел в атмосфере, позволяют рассчитать запуск искусственных спутников Земли на требуемую орбиту и их посадку в заданном районе.

#### Задача 4.

##### Решение.

При абсолютно упругом ударе о стену со скоростью  $v_1$  мяч отражается от нее с той же скоростью и под тем же углом  $\beta$ , под которым с ней столкнулся. Это означает, что траектория I его движения будет симметрична относительно стены траектории II, по которой он бы продолжал движение в отсутствие стены.



В отсутствие стены дальность полета  $L + l$ , согласно формуле (27) учебника, равна:

$$L + l = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha.$$

При  $\alpha = 45^\circ$

$$L + l = \frac{v_0^2}{g}.$$

Тогда

$$v_0 = \sqrt{g(L + l)}.$$

#### Задача 5.

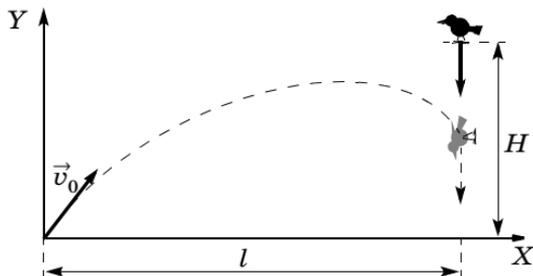
##### Решение.

Уравнение движения птицы:

$$y_1 = H - \frac{g}{2} t^2.$$

Уравнения движения пули:

$$\begin{cases} x_{\text{II}} = v_0 \cos \alpha \cdot t, \\ y_{\text{II}} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g}{2} t^2. \end{cases}$$



В момент попадания пули в цель

$$\begin{cases} y_{\text{I}} = y_{\text{II}}, \\ x_{\text{II}} = l \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} H - \frac{g}{2} t^2 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g}{2} t^2, \\ v_0 \cos \alpha \cdot t = l \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = \frac{l}{v_0 \cos \alpha}, \\ H = v_0 \sin \alpha \frac{l}{v_0 \cos \alpha} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \operatorname{tg} \alpha \cdot l,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{l},$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{H}{l}.$$

## Урок 23/20. Лабораторная работа № 2 «Изучение движения тела, брошенного горизонтально»

Вид деятельности учащихся:

— наблюдать и представлять графически баллистическую траекторию;

— вычислять относительную и абсолютную погрешность измерения начальной скорости движения;

— наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** § 15.

## **Урок 24/21. Кинематика периодического движения**

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о характеристиках равномерного движения материальной точки по окружности;

— применять знания к решению задач.

■ **Основной материал.** Периодическое движение. Виды периодического движения: вращательное и колебательное. Равномерное движение по окружности. Способы определения положения частицы в произвольный момент времени. Фаза вращения, линейная и угловая скорости тела, период и частота вращения. Вывод формулы центростремительного ускорения.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 16.

■ **Демонстрации.** 1. Связь гармонического колебания с равномерным движением по окружности [2, опыт 55].

2. Таблица «Взаимосвязь вращательного и колебательного движений».

■ **На дом.** § 16 (до колебательного движения), задача № 3 к § 16.

## **Урок 25/22. Колебательное движение материальной точки**

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать взаимосвязь периодических движений: вращательного и колебательного.

■ **Основной материал.** Координатный способ описания вращательного движения. Гармонические колебания. Частота колебаний. Зависимость координат

наты, проекций скорости и ускорения на ось  $X$  от времени при колебательном движении.

*Решение задач типа:* № 4 к § 16.

■ **Демонстрации.** Запись колебательного движения [2, опыт 56].

■ **На дом.** § 16, задача № 5 к § 16.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Основным методическим приемом, существенно облегчающим математическое рассмотрение колебательного движения, является анализ взаимосвязи равномерного движения по окружности и колебательного движения.

Это дает возможность без использования производных получить зависимости проекции скорости и проекции ускорения на ось  $X$  от времени. Наличие этих зависимостей существенно облегчит в дальнейшем изложение теории резонанса.

*К решению задач*

### **Задача 4.**

**Решение.**

По уравнению циклическая частота  $\omega = \frac{\pi}{12} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Зависимость от времени проекций скорости и ускорения на ось  $X$ :

$$v_x = -0,24 \cdot \frac{\pi}{12} \sin \frac{\pi}{12} t = -0,0628 \sin \frac{\pi}{12} t \text{ (м/с),}$$

$$a_x = -\omega^2 A \cos \omega t = -0,0167 \cos \frac{\pi}{12} t \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

В момент  $t = 4 \text{ с}$   $x = 0,24 \cdot \frac{1}{2} = 0,12 = 12 \text{ (см),}$

$$v_x = -0,0628 \cdot 0,866 = -0,0544 = -5,44 \text{ (см/с),}$$

$$a_x = -\frac{\pi^2}{12^2} \cdot 0,24 \cdot \frac{1}{2} = -0,0082 \text{ (м/с}^2\text{)} = -0,82 \text{ см/с}^2.$$

### **Задача 5.**

**Решение.**

Определим циклические частоты колебательных систем и запишем их уравнения движения.

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

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{3,6} = \frac{\pi}{1,8} = \frac{10\pi}{18} = \frac{5\pi}{9} \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right),$$

$$x_1 = 0,18 \cos \frac{5\pi}{9} t.$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{1,8} = \frac{10\pi}{9} \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right); x_2 = 0,18 \cos \frac{10\pi}{9} t.$$

В момент времени  $t = 0,9$  с координаты:

$$x_1 = 0,18 \cos \frac{5\pi}{9} \cdot 0,9 = 0,18 \cos \frac{\pi}{2} = 0,$$

$$x_2 = 0,18 \cos \frac{10\pi}{9} \cdot 0,9 = 0,18 \cos \pi = -0,18 \text{ (м)}.$$

$$l = |x_1 - x_2| = 0,18 \text{ (м)}.$$

Скорость в момент времени  $t = 0,9$  с:

$$v_1 = \omega_1 A \sin \omega t = -\frac{5\pi}{9} \cdot 0,18 \sin \frac{5\pi}{9} \cdot 0,9 =$$

$$= -0,1\pi \sin \frac{\pi}{2} = -0,1\pi = -0,314 \text{ (м/с)},$$

$$v_2 = \omega_2 A \sin \omega t = -\frac{10\pi}{9} \cdot 0,18 \sin \pi = 0,$$

$$v_{21} = v_2 - v_1 = 0 - (-0,314) = 0,314 \text{ (м/с)}.$$

## **Урок 26/23. Контрольная работа № 1** **«Кинематика материальной точки»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## **Динамика материальной точки (12 ч)**

### **Урок 27/1. Принцип относительности Галилея**

**Вид деятельности учащихся:**

- наблюдать явление инерции;
- классифицировать системы отсчета по их признакам;
- формулировать принцип инерции, принцип относительности Галилея.

■ **Основной материал.** Принцип инерции. Относительность движения и покоя. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея. Закон сложения скоростей. Принцип относительности Галилея.

■ **Демонстрации.** 1. Относительность покоя и движения [2, опыт 3].

2. Таблица «Относительность движения».

■ **На дом.** § 17.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что такие понятия, как «движение» и «покой», относительны и зависят от выбора системы отсчета. Это следует продемонстрировать на опыте и примерах.

Согласно кинематическим представлениям, все системы отсчета равноправны. Однако эквивалентность и взаимозаменяемость состояния покоя и равномерного прямолинейного движения возможны лишь в инерциальных системах отсчета.

Демонстрационный опыт с тележкой на движущейся доске облегчает получение преобразований Галилея, а также классического закона сложения скоростей. Следствием этого закона является тот интересный факт, что ночью жители Земли движутся вокруг Солнца быстрее, чем днем.

## **Урок 28/2. Первый закон Ньютона**

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять демонстрационные эксперименты, подтверждающие закон инерции.

■ **Основной материал.** Первый закон Ньютона — закон инерции. Экспериментальное подтверждение закона инерции.

■ **Демонстрации.** 1. Проявление инерции [2, опыт 10].

2. Обрывание верхней или нижней нити от подвешенного тяжелого груза [2, опыт 14].

3. Вытаскивание листа бумаги из-под груза.

■ **На дом.** § 18.

## Урок 29/3. Второй закон Ньютона

### Вид деятельности учащихся:

— устанавливать связь ускорения тела с действующей на него силой;

— вычислять ускорение тела, действующую на него силу и массу тела на основе второго закона Ньютона.

■ **Основной материал.** Сила — причина изменения скорости тел, мера взаимодействия тел. Инертность тела. Масса тела — мера инертности. Принцип суперпозиции сил. Второй закон Ньютона.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 19.

■ **Демонстрации.** 1. Зависимость ускорения от действующей силы и массы тела [2, опыт 11].

2. Вывод правила сложения сил, направленных под углом друг к другу [2, опыт 21].

3. Таблица «Второй закон Ньютона».

■ **На дом.** § 19, задачи № 4, 5 к § 19.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

При равнозамедленном движении модуль скорости тела

$$v = v_0 - at.$$

В плотных слоях атмосферы тормозящая сила увеличивается в 3 раза. Тогда ускорение

$$a = \frac{F_2}{m} = \frac{3F}{m}.$$

Следовательно, зависимость модуля скорости от времени в плотных слоях атмосферы

$$v = v_0 - \frac{3F}{m} t.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Считаем, что лодка движется в направлении ускорения.

Направление движения лодки определяется силами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  (по правилу параллелограмма), сила  $\vec{F}_3$  уменьшает ускорение. Лодка, таким образом, движется на юго-запад под углом  $45^\circ$ .

Определим равнодействующую всех сил, действующих на тело:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3.$$

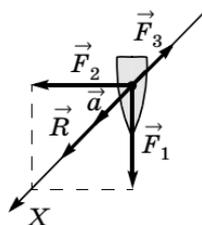
Спроектируем силы на ось  $X$ , направленную вдоль линии движения лодки:

$$X: R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} - F_3 = \sqrt{1000^2 + 1000^2} - 414 = 1000 \text{ (Н)}.$$

Найдем массу лодки.

По второму закону Ньютона:

$$m = \frac{R}{a} = \frac{1000 \text{ Н}}{2 \text{ м/с}^2} = 500 \text{ кг}.$$



## Урок 30/4. Третий закон Ньютона

### Вид деятельности учащихся:

— экспериментально изучать третий закон Ньютона;

— сравнивать силы действия и противодействия.

■ **Основной материал.** Силы действия и противодействия. Третий закон Ньютона. Примеры действия и противодействия. Самостоятельная работа № 2.

■ **Демонстрации.** Третий закон Ньютона [2, опыт 15].

■ **На дом.** § 20.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### К основному материалу

Следует еще раз напомнить учащимся, что любая сила, сообщая телу ускорение, является мерой внешнего действия на него другого тела.

Обсуждение взаимодействия двух тел целесообразно начать с демонстрационного опыта, который позволяет сделать вывод о том, что обе тележки совершенно равноправны в своем взаимодействии.

На уроке следует провести самостоятельную работу № 2, рассчитанную на 10—15 минут.

### I вариант

1. На рисунке 1 приведен график зависимости проекции результирующей силы  $F_x$  от времени  $t$ . Какой из графиков зависимости проекции скорости  $v_x$  тела от времени  $t$  (рис. 2) может соответствовать этой зависимости?

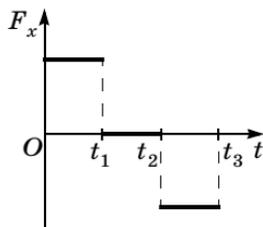


Рис. 1

2. На тело действуют четыре силы (рис. 3), модули которых равны:  $F_1 = 10$  Н,  $F_2 = 35$  Н,  $F_3 = 20$  Н,  $F_4 = 25$  Н. Найдите модуль равнодействующей силы  $F$  и угол между вектором  $\vec{F}$  и осью  $OX$ .

- А. 10 Н;  $45^\circ$ .
- Б. 10 Н;  $315^\circ$ .
- В. 14,1 Н;  $45^\circ$ .
- Г. 14,1 Н;  $315^\circ$ .
- Д. 14,1 Н;  $225^\circ$ .

3. На тело массой 2 кг действуют три силы (рис. 4), модули которых  $F_1 = 20$  Н,  $F_2 = 14,1$  Н,  $F_3 = 10$  Н. Найдите

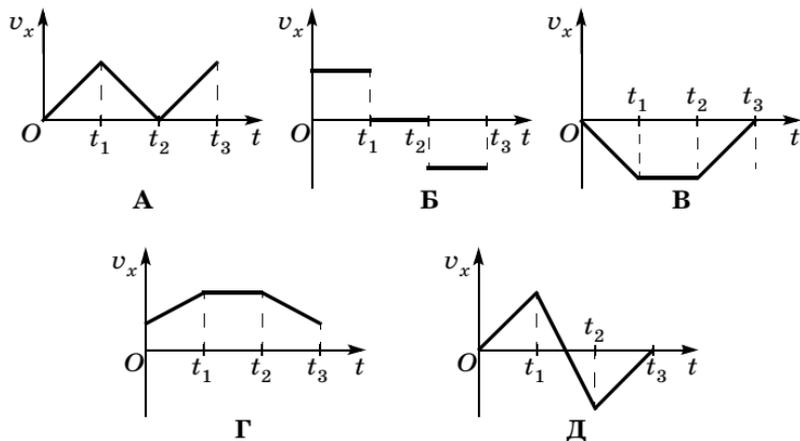


Рис. 2

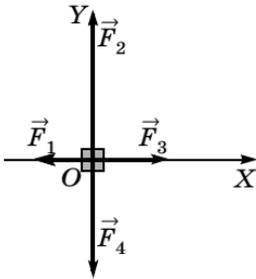


Рис. 3

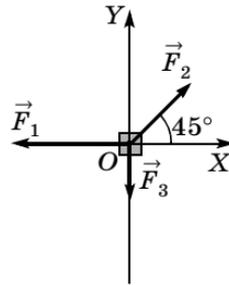


Рис. 4

модуль ускорения тела и угол между вектором ускорения и осью  $OX$ .

А.  $5 \text{ м/с}^2$ ;  $0^\circ$ .

Б.  $5 \text{ м/с}^2$ ;  $90^\circ$ .

В.  $10 \text{ м/с}^2$ ;  $180^\circ$ .

Г.  $10 \text{ м/с}^2$ ;  $0^\circ$ .

Д.  $5 \text{ м/с}^2$ ;  $180^\circ$ .

### II вариант

1. На рисунке 1 приведен график зависимости проекции результирующей силы  $F_x$  от времени  $t$ . Какой из графиков зависимости проекции скорости  $v_x$  тела от времени  $t$  (рис. 2) может соответствовать этой зависимости?

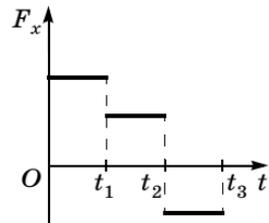
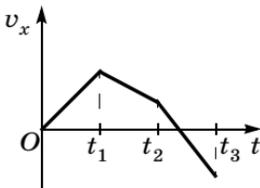
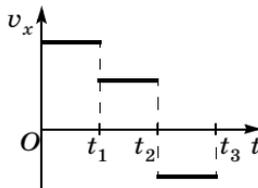


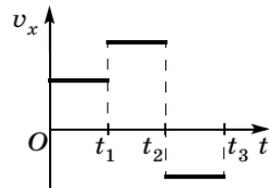
Рис. 1



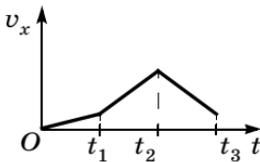
А



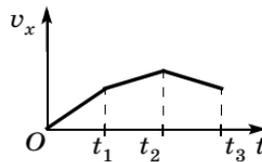
Б



В



Г



Д

Рис. 2

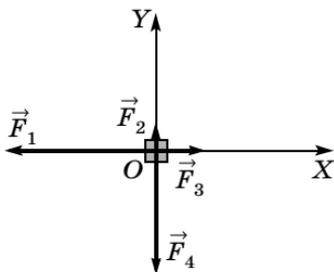


Рис. 3

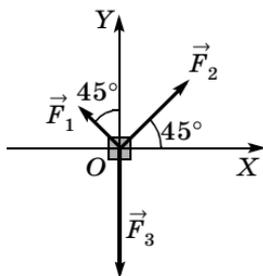


Рис. 4

2. На тело действуют четыре силы (рис. 3), модули которых  $F_1 = 30$  Н,  $F_2 = 5$  Н,  $F_3 = 10$  Н,  $F_4 = 25$  Н. Найдите модуль равнодействующей силы  $F$  и угол между вектором  $\vec{F}_1$  и осью  $OX$ .

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| А. 20 Н; $45^\circ$ .   | Г. 28,3 Н; $315^\circ$ . |
| Б. 20 Н; $315^\circ$ .  | Д. 28,3 Н; $225^\circ$ . |
| В. 28,3 Н; $45^\circ$ . |                          |

3. На тело массой 2 кг действуют три силы (рис. 4), модули которых  $F_1 = 10\sqrt{2}$  Н,  $F_2 = 20\sqrt{2}$  Н,  $F_3 = 30$  Н. Найдите модуль ускорения тела и угол между вектором ускорения и осью  $OX$ .

- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| А. $5 \text{ м/с}^2$ ; $0^\circ$ .    | Г. $5 \text{ м/с}^2$ ; $315^\circ$ . |
| Б. $5 \text{ м/с}^2$ ; $90^\circ$ .   | Д. $5 \text{ м/с}^2$ ; $180^\circ$ . |
| В. $10 \text{ м/с}^2$ ; $180^\circ$ . |                                      |

Ответы. *I вариант:* 1. Г. 2. В. 3. Г.

*II вариант:* 1. Д. 2. Д. 3. А.

## Урок 31/5. Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения

Вид деятельности учащихся:

- применять закон всемирного тяготения для решения задач;
- описывать опыт Кавендиша по измерению гравитационной постоянной;
- объяснять принцип действия крутильных весов.

■ **Основной материал.** Гравитационные и электромагнитные силы. Гравитационное притяжение. За-

кон всемирного тяготения. Опыт Кавендиша. Гравитационная постоянная.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 21.

■ **На дом.** § 21, задачи № 3—5 к § 21.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### **Задача 4.**

**Решение.**

Второй закон Ньютона для спутника массой  $m$  имеет вид

$$ma = \frac{GMm}{r^2} \quad (a \neq 9,8 \text{ м/с}^2), \quad r \text{ — радиус орбиты спутника.}$$

$v = \frac{2\pi r}{T}$  — скорость спутника равна длине пути, деленной на время полета;

$$a = \frac{v^2}{r}.$$

Получаем уравнение:

$$\frac{4\pi^2 r^2}{T^2 r} = \frac{GM}{r^2},$$

$$r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}, \text{ следовательно, } r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}},$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt[3]{\frac{6,62 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 9,8} \cdot (24 \cdot 3600)^2} = \\ &= 4,23 \cdot 10^7 \text{ м} = 42,3 \cdot 10^3 \text{ км.} \end{aligned}$$

### **Задача 5.**

**Решение.** Луна имеет скорость, направленную по касательной к ее орбите вокруг Земли.

## **Урок 32/6. Сила тяжести**

**Вид деятельности учащихся:**

— сравнивать ускорение свободного падения на планетах Солнечной системы.

■ **Основной материал.** Сила тяжести. Формула для расчета ускорения свободного падения.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 22.

■ **Демонстрации.** 1. Изменение веса тела при равнопеременном движении [2, опыт 12].

2. Невесомость при падении тел [2, опыт 13].

■ **На дом.** § 22, задачи № 4, 5 к § 22.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### **Задача 4.**

**Решение.**

Гравитационное ускорение на поверхности Луны равно:

$$g_{\text{C}} = G \frac{M_{\text{C}}}{R_{\text{C}}^2} = G \frac{M_{\text{C}}}{(R_{\oplus}/3,7)^2} = G \frac{3,7^2 M_{\text{C}}}{R_{\oplus}^2}, \text{ таким образом,}$$

масса Луны:

$$M_{\text{C}} = \frac{g_{\text{C}} R_{\oplus}^2}{3,7^2 G}.$$

Гравитационное ускорение на поверхности Земли:

$$g_{\oplus} = G \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}, \text{ следовательно, } M_{\oplus} = \frac{g_{\oplus} R_{\oplus}^2}{G},$$

$$\frac{M_{\oplus}}{M_{\text{C}}} = \frac{g_{\oplus} R_{\oplus}^2 \cdot 3,7^2 G}{G g_{\text{C}} R_{\oplus}^2} = \frac{g_{\oplus} \cdot 3,7^2}{g_{\text{C}}} = \frac{9,8 \cdot 3,7^2}{1,6} = 81.$$

### **Задача 5.**

**Решение.**

Гравитационное ускорение

$$g_{\text{M}} = G \frac{M}{R^2}.$$

Масса Марса  $M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$ .

Тогда, учитывая, что  $R = \frac{d}{2}$ , получим:

$$g_{\text{M}} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2} = \frac{2}{3} \pi G \rho d.$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{3 \cdot g_{\text{M}}}{2 \pi G d} = \frac{3 \cdot 3,7}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,79 \cdot 10^6} = \\ &= 3,9 \cdot 10^3 \text{ (кг/м}^3\text{)}. \end{aligned}$$

## Урок 33/7. Сила упругости. Вес тела

### Вид деятельности учащихся:

- сравнивать силу тяжести и вес тела;
- применять закон Гука к решению задач;
- объяснять механизм возникновения силы упругости с помощью механической модели кристалла.

■ **Основной материал.** Электромагнитная природа упругости. Механическая модель кристалла. Упругость. Сила реакции опоры и сила натяжения. Закон Гука. Вес тела.

*Решение задач типа:* № 1 к § 23.

■ **Демонстрации.** 1. Наблюдение малых деформаций [2, опыт 28].

2. Упругая деформация стеклянной колбы [2, опыт 33].

■ **На дом.** § 23, задачи № 2—4 к § 23.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

По закону Гука:

$F = k\Delta x$ , следовательно,

$$\Delta x = \frac{F}{k},$$

а длина растянутой пружины  $l$  равна:

$$l = l_0 + \Delta x = l_0 + \frac{F}{k} = 0,2 + \frac{50}{1000} = 0,25 \text{ (м)}.$$

#### Задача 5.

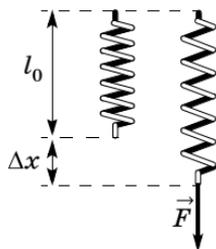
**Решение.**

Удлинение единой пружины равно сумме удлинений двух ее составляющих:

$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$ , а силы, действующие на пружины, равны  $F_1 = F_2 = F$ , следовательно,

$$\frac{F}{k_{12}} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}; \quad \frac{1}{k_{12}} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2};$$

$$k_{12} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} = \frac{3k^2}{4k} = 0,75k.$$



## Урок 34/8. Сила трения

### Вид деятельности учащихся:

— исследовать зависимость силы трения скольжения от площади соприкосновения тел и силы нормального давления;

— сравнивать силу трения качения и силу трения скольжения.

■ **Основной материал.** Сила трения. Виды трения: покоя, скольжения, качения. Коэффициент трения.

■ **Демонстрации.** 1. Трение покоя и скольжения [2, опыт 18].

2. Демонстрация явлений при замене трения покоя трением скольжения [2, опыт 20].

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 24.

■ **На дом.** § 24, задача № 4 к § 24.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Необходимо обратить внимание учащихся на то, что сила трения всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения тел, а также что коэффициент трения качения много меньше коэффициента трения скольжения.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

По аналогии с предыдущей задачей

$$F = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{F}{mg},$$

$$\mu = \frac{157 \cdot 10^3 \text{ Н}}{1600 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} = 0,01.$$

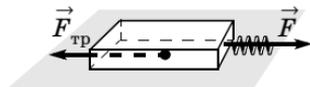
#### **Задача 5.**

##### **Решение.**

По закону Гука:

$$F = k\Delta x.$$

$F = \mu mg$ . При равномерном движении  $k\Delta x = \mu mg$ .



Следовательно,  $\Delta x = \frac{mg\mu}{k}$ ,

$$\Delta x = \frac{0,5 \cdot 1 \cdot 9,8}{1000} = 0,049 = 4,9 \text{ (см)}.$$

### **Урок 35/9. Лабораторная работа № 3 «Измерение коэффициента трения скольжения»**

**Вид деятельности учащихся:**

- измерять двумя способами коэффициент трения деревянного бруска по деревянной линейке;
- представлять результаты измерения в виде таблиц;
- наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** § 24, задача № 5 к § 24.

### **Урок 36/10. Применение законов Ньютона**

**Вид деятельности учащихся:**

- вычислять ускорения тел по известным значениям действующих сил и масс тел;
- моделировать невесомость и перегрузки;
- систематизировать знания о невесомости и перегрузках;
- применять знания к решению задач.

■ **Основной материал.** Алгоритм решения задач по динамике. Использование стандартного подхода для решения ключевых задач динамики: вес тела в лифте (с обсуждением перегрузок и невесомости), скольжение тела по горизонтальной поверхности, соскальзывание тела с наклонной плоскости.

*Решение задач типа:* № 1, 2, 5 к § 25.

■ **На дом.** § 25, задачи № 3, 4 к § 25.

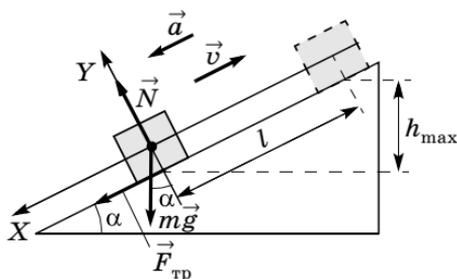
## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

1) Кубик движется вверх по наклонной плоскости.



Запишем для кубика второй закон Ньютона в векторной форме:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

Проецируя силы на оси  $X$  и  $Y$ , получаем:

$$X: ma = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}},$$

$$Y: 0 = -mg \cos \alpha + N \Rightarrow N = mg \cos \alpha,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha,$$

$$a_1 = \frac{mg \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{m} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha),$$

$$v_x = v_0 + a_x t, v_x = 0, v_0 - at_1 = 0, a = \frac{v_0}{t_1},$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \text{ — время подъема.}$$

Высота подъема  $h_{\text{max}} = l \sin \alpha$ .

$$l = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)};$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} = \frac{v_0^2}{2g} \cdot \frac{1}{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha}.$$

2) Кубик движется вниз по наклонной плоскости.

$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

Проецируя силы на оси, получаем:

$$X: ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}},$$

$$Y: 0 = -mg \cos \alpha +$$

$$+ N \Rightarrow N = mg \cos \alpha,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha,$$

$$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha;$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Время спуска:

$$v_0 = 0,$$

$$\begin{aligned} l &= \frac{a_2}{2} t^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2l}{a_2}} = \\ &= \sqrt{\frac{v_0^2}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = \\ &= \frac{v_0}{g \sqrt{\sin^2 \alpha - \mu^2 \cos^2 \alpha}}. \end{aligned}$$

Кубик вернется к основанию наклонной плоскости через время

$$t = t_1 + t_2, \quad t = \frac{v_0}{g} \left( \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha - \mu^2 \cos^2 \alpha}} \right).$$

### Задача 5.

**Решение.**

Применяя второй закон Ньютона к каждому из тел, получим:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a}_1 = m_1 \vec{g} + \vec{T}_1, \\ m_2 \vec{a}_2 = m_2 \vec{g} + \vec{T}_2. \end{cases}$$

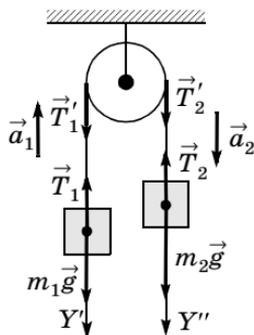
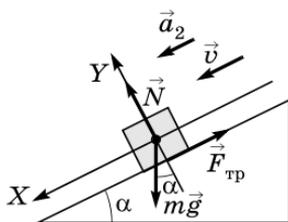
Спроецируем силы на направленные движения:

$$\begin{cases} Y': -m_1 a_1 = m_1 g - T_1, \\ Y'': m_2 a_2 = m_2 g - T_2. \end{cases}$$

$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$ , так как это система связанных тел.

Складывая уравнения, получаем:

$$m_1 a + m_2 a = m_2 g - m_1 g = g(m_2 - m_1).$$



Следовательно,

$$a = g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}.$$

Отсюда сила натяжения:

$$\begin{aligned} T &= m_1(g + a) = m_1 \left( g + g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) = \\ &= m_1 g \frac{m_1 + m_2 + m_2 - m_1}{m_1 + m_2} = g \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}, \end{aligned}$$

$$T = g \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

Давление на ось блока

$$F_{\text{д}} = 2T = g \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

## **Урок 37/11. Лабораторная работа № 4 «Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости»**

**Вид деятельности учащихся:**

— проверять справедливость второго закона Ньютона для движения тела по окружности;

— оценивать погрешность косвенных измерений силы;

— наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ На дом. § 25.

## **Урок 38/12. Контрольная работа № 2 «Динамика материальной точки»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

# Законы сохранения (14 ч)

## Урок 39/1. Импульс материальной точки

Вид деятельности учащихся:

— систематизировать знания о физических величинах: импульс силы и импульс тела.

■ **Основной материал.** Импульс силы — временная характеристика силы. Единица импульса силы. Импульс тела. Единица импульса тела. Более общая формулировка второго закона Ньютона.

*Решение задач типа:* № 1, 2, 4 к § 26.

■ **На дом.** § 26, задачи № 3, 5 к § 26.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что импульс является фундаментальной, сохраняющейся характеристикой состояния физической системы. Изменение импульса тела под действием внешней силы зависит не только от величины этой силы, но и от длительности ее действия. Аналогичное изменение импульса тела могут вызвать небольшая сила, действующая значительный промежуток времени, и большая сила, которая действует кратковременно.

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

Пластилиновый шар.

Абсолютно неупругий удар, вся энергия уходит во взаимодействие — шар прилипает к стене. Поэтому скорость после столкновения равна 0.

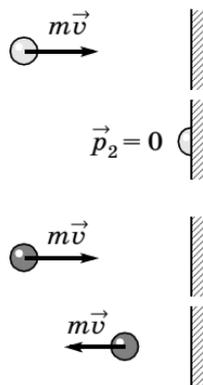
$$\Delta p_{\text{пл}} = p_{2\text{пл}} - p_{0\text{пл}} = 0 - (-mv) = mv,$$

$$\Delta p_{\text{пл}} = mv.$$

Теннисный мяч.

Абсолютно упругий удар, поэтому скорость после столкновения равна по модулю скорости до столкновения и противоположна по направлению.

$$\Delta p_{\text{т}} = p_{2\text{т}} - p_{1\text{т}} = mv - (-mv) = 2mv.$$



Изменение импульса в обоих случаях направлено влево.

### Задача 5.

#### Решение.

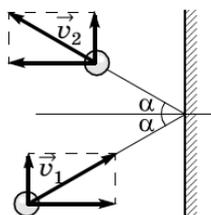
По третьему закону Ньютона стенка получила такой же по величине импульс в противоположном направлении. Изменение вертикальной компоненты импульса равно нулю.

По рисунку определим, что изменила направление горизонтальная составляющая скорости  $v \cos \alpha$ .

Изменение импульса

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1,$$

$$\Delta p = mv \cos \alpha - (-mv \cos \alpha) = 2mv \cos \alpha.$$



## Урок 40/2. Закон сохранения импульса

### Вид деятельности учащихся:

- применять модель замкнутой системы к реальным системам;
- формулировать закон сохранения импульса;
- объяснять принцип реактивного движения;
- оценивать успехи России в освоении космоса и создании ракетной техники.

■ **Основной материал.** Замкнутая система. Импульс системы тел. Вывод закона сохранения импульса. Реактивное движение ракеты. Многоступенчатые ракеты.

■ **Демонстрации.** 1. Закон сохранения импульса [2, опыт 16].

2. Полет ракеты [2, опыт 17].

3. Таблица «Реактивное движение».

■ **На дом.** § 27.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Наиболее просто закон сохранения импульса получается из третьего закона Ньютона при столкновении двух тел. Внимание учащихся следует обратить на то, что импульс системы тел может сохраняться и для какого-либо направления, если система замкнута для этого направле-

ния. Примером замкнутой системы вдоль горизонтального направления является снайперская винтовка, из которой производится выстрел пуль.

Следствие закона сохранения импульса — явление отдачи. Оно широко используется при реактивном движении самолетов и ракет.

## Урок 41/3. Решение задач

### Вид деятельности учащихся:

— применять закон сохранения импульса для расчета результата взаимодействия тел.

*Решение задач типа:* № 3—5 к § 27.

■ **На дом.** Задачи № 4, 5 к § 27.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

#### Решение.

Лодка плывет со скоростью  $u$  в направлении, противоположном направлению скорости  $v$  движения человека. Запишем закон сохранения импульса системы человек—лодка относительно воды.

$$m(v - u) - Mu = 0.$$

$$\text{Тогда } u = v \frac{m}{m + M}.$$

За время  $t = \frac{l}{v}$ , за которое человек переходит с кормы на нос, лодка смещается на расстояние

$$L = ut = v \frac{m}{m + M} \cdot \frac{l}{v} = l \frac{m}{m + M};$$

$$L = 4 \cdot \frac{70}{130 + 70} = 1,4 \text{ (м)}.$$

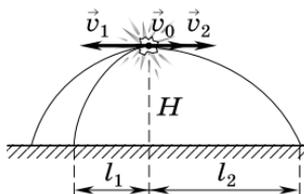
#### Задача 5.

#### Решение.

По закону сохранения импульса:

$$2m\vec{v}_0 = m \cdot 2\vec{v}_0 + m\vec{v}_2.$$

То, что снаряд разорвался в верхней точке траектории, означает, что вертикальная компонента скорости равна 0. Следова-



тельно, векторное уравнение можно переписать для проекции на ось  $X$  в следующем виде:

$$2mv_0 = -2mv_0 + mv_2.$$

Следовательно,  $v_2 = 4v_0$ .

Время падения определяется высотой и для обоих осколков одинаково:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

$$\begin{aligned} l &= l_1 + l_2 = v_1 t + v_2 t = (v_1 + v_2)t = (2v_0 + 4v_0) \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = \\ &= 6v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}. \end{aligned}$$

$$l = 6 \cdot 100 \sqrt{\frac{2 \cdot 1960}{9,8}} = 600 \cdot 20 = 12\,000 \text{ (м)} = 12 \text{ км.}$$

## Урок 42/4. Работа силы

**Вид деятельности учащихся:**

- измерять работу силы;
- вычислять по графику работу силы;
- применять полученные знания к решению задач.

■ **Основной материал.** Определение и единица работы. Условия, при которых работа положительна, отрицательна и равна нулю. Работа сил реакции, трения и тяжести, действующих на тело, соскальзывающее с наклонной плоскости. Самостоятельная работа № 3.

■ **На дом.** § 28.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Понятие работы вводится по аналогии с импульсом силы. Полезно обратить внимание учащихся на то, что если импульс силы — временная характеристика действия силы, то работа — пространственная характеристика ее действия.

Важный результат получается при расчете работы сил, действующих на тело, соскальзывающее с вершины

наклонной плоскости к ее основанию. Работа силы реакции, перпендикулярной перемещению, оказывается равной нулю. Работа силы трения отрицательна. Работа силы тяжести не зависит от угла наклонной плоскости, что позволяет впоследствии естественно говорить о потенциальных силах.

Расчет работы сил, действующих на тело, находящееся на наклонной плоскости, помогает объяснить, почему наклонная плоскость облегчает подъем тела на определенную высоту, хотя и увеличивает путь.

На уроке следует провести самостоятельную работу № 3, рассчитанную на 10—15 минут.

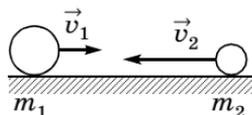
### ***I вариант***

1. Пластилиновый шарик массой  $m$ , движущийся вправо со скоростью  $v_0$  в направлении стенки, абсолютно неупруго сталкивается с ней. Каково изменение импульса шарика?

- А.  $mv_0$  (направлено вправо).
- Б.  $2mv_0$  (направлено вправо).
- В.  $mv_0$  (направлено влево).
- Г.  $2mv_0$  (направлено влево).
- Д. 0.

2. Два шарика из пластилина движутся навстречу друг другу со скоростями  $v_1 = 2$  м/с и  $v_2 = 3$  м/с (см. рис.). Массы шариков  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 50$  г. Найдите модуль и направление скорости шаров после абсолютно неупругого удара.

- А. 1 м/с, влево.
- Б. 1 м/с, вправо.
- В. 2,2 м/с, вправо.
- Г. 2,2 м/с, влево.
- Д. 0.



3. В результате нецентрального, абсолютно упругого удара шара 1, движущегося со скоростью 10 м/с, о неподвижный шар 2 равной массы шар 1 отклоняется от первоначального направления на угол  $60^\circ$ . Найдите скорости шаров после столкновения.

- А. 10 м/с; 10 м/с.
- Б. 5 м/с; 5 м/с.
- В. 5 м/с; 10 м/с.
- Г. 5 м/с; 8,6 м/с.
- Д. 5 м/с; 7 м/с.

## II вариант

1. Шарик массой  $m$ , движущийся вправо со скоростью  $v_0$ , абсолютно упруго сталкивается с тяжелой плитой (рис. 1). Скорость плиты  $\vec{u}$  направлена влево. Каково изменение импульса шарика в результате удара о плиту?

- А.  $m(v_0 + u)$ .
- Б.  $m(v_0 - u)$ .
- В.  $2m(v_0 - u)$ .
- Г.  $2m(v_0 + u)$ .
- Д. 0.

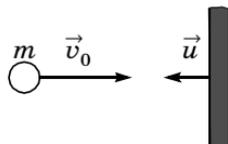


Рис. 1

2. Два мяча движутся один за другим со скоростями 6 и 2 м/с (рис. 2). Массы мячей равны 300 и 100 г соответственно. Скорость мяча большей массы после столкновения стала равна 4 м/с. Найдите скорость мяча меньшей массы после удара.

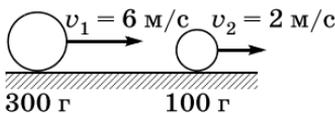


Рис. 2

- А. 2 м/с. Б. 4 м/с. В. 8 м/с. Г. 10 м/с. Д. 12 м/с.

3. В результате нецентрального, абсолютно упругого удара шара 1 о неподвижный шар 2 равной массы шар 1 отклоняется на угол  $30^\circ$  от первоначального направления, двигаясь со скоростью 1,73 м/с. Найдите скорость шара 2 после удара и скорость шара 1 до удара.

- А. 1 м/с; 1 м/с.
- Б. 1 м/с; 2 м/с.
- В. 1,73 м/с; 2 м/с.
- Г. 1 м/с; 1,73 м/с.
- Д. 1 м/с; 1,41 м/с.

Ответы. I вариант: 1. В. 2. Г. 3. Г.

II вариант: 1. Г. 2. Б. 3. Б.

## Урок 43/5. Решение задач

Вид деятельности учащихся:

— применять полученные знания к решению задач.

Решение задач типа: № 2—4 к § 28.

■ На дом. Задачи № 3, 5 к § 28.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

$$A = F_{\text{тяги}} l.$$

При равномерном движении

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}};$$

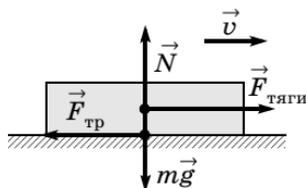
$$N = mg;$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg.$$

$$A = F_{\text{тр}} l = \mu mgl.$$

Следовательно,  $m = \frac{A}{\mu gl}$ ,

$$m = \frac{980\,000 \text{ Дж}}{0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10\,000 \text{ м}} = 500 \text{ кг}.$$



### Задача 5.

**Решение.**

Работа силы тяги

$$A = Fh.$$

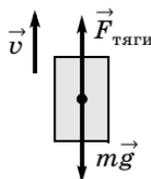
При равномерном подъеме

$$F = mg,$$

$$A = mgh,$$

$$m = \frac{A}{gh},$$

$$m = \frac{9,8 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м}} = 50 \text{ кг}.$$



## Урок 44/6. Потенциальная энергия

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере потенциальной энергии.

■ **Основной материал.** Понятие потенциальной силы. Потенциальная энергия тела и ее единица. Связь потенциальной энергии тела и работы силы тяжести. Нуль отсчета потенциальной энергии. Принцип минимума потенциальной энергии. Виды равновесия.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 29.

■ На дом. § 29, задачи № 3, 4 к § 29.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что сила, действующая на тело, направлена в сторону убывания потенциальной энергии. Подобная закономерность носит общий характер и справедлива не только для гравитационного, но и для всех типов фундаментальных взаимодействий.

Состояние с большей потенциальной энергией является энергетически невыгодным. Это подтверждается примерами видов равновесия тела.

*К решению задач*

### Задача 5.

**Решение.**

При совершении работы увеличивается энергия системы. Система обладала энергией

$$E_{p1} = 5mg \cdot \frac{h}{2}.$$

Когда словари сложены в стопку, энергия системы стала

$$E_{p2} = 5mg \cdot 5 \frac{h}{2}.$$

Совершенная работа равна изменению энергии системы:

$$A = \Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = 5mg \cdot \frac{h}{2} (5 - 1) = 10mgh,$$

$$A = 10 \cdot 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,1 \text{ м} = 19,6 \text{ Дж}.$$

## Урок 45/7. Потенциальная энергия тела при гравитационном и упругом взаимодействиях

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять работу сил тяжести и упругости.

■ **Основной материал.** Работа силы тяжести. Потенциальная энергия тела в гравитационном поле. Работа силы упругости. Потенциальная энергия тела при упругом взаимодействии.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 30.

■ На дом. § 30, задачи № 3, 4 к § 30.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

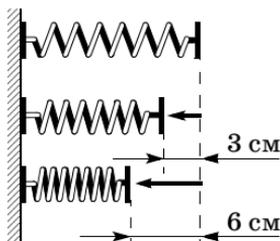
### Задача 4.

Решение.

$$E_1 = \frac{kx_1^2}{2}, E_2 = \frac{kx_2^2}{2},$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{x_2^2}{x_1^2}; \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2,$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{6 \text{ см}}{3 \text{ см}}\right)^2 = 4.$$



### Задача 5.

Решение.

$2\pi\nu = \sqrt{\frac{k}{m}}$  — частота колебания пружины,

$$4\pi^2\nu^2 = \frac{k}{m},$$

$k = 4\pi^2m\nu^2$  — жесткость пружины,

$$F_{\max} = kA = 4\pi^2m\nu^2A,$$

$$F_{\max} = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{1}{\text{с}^2} \cdot 0,2 \text{ м} = 6,32 \text{ Н}.$$

$$E = \frac{kA^2}{2} = \frac{4\pi^2m\nu^2A^2}{2},$$

$$E = 2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{1}{\text{с}^2} \cdot 0,04 \text{ м}^2 \approx 0,63 \text{ Дж}.$$

## Урок 46/8. Кинетическая энергия

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере кинетической энергии.

■ **Основной материал.** Кинетическая энергия тела и ее единица. Теорема о кинетической энергии. Расчет тормозного пути автомобиля.

*Решение задач типа:* № 1 к § 31.

■ На дом. § 31.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

При выводе теоремы о кинетической энергии нужно подчеркнуть, что работа, являющаяся пространственной характеристикой внешнего воздействия на тело, равна изменению физической величины, характеризующей энергию движения тела, — кинетической энергии.

В качестве примера использования теоремы о кинетической энергии рассчитывается тормозной путь автомобиля.

## Урок 47/9. Решение задач

### Вид деятельности учащихся:

— применять полученные знания к решению задач.

### *Решение задач типа:*

1. № 5 к § 29.
2. № 5 к § 30.
3. № 2, 3 к § 31.

## ■ На дом. Задачи № 4, 5 к § 31.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К решению задач*

### **Задача 4.**

#### **Решение.**

$$E = \frac{mv^2}{2}, \text{ следовательно, } v = \sqrt{\frac{2E}{m}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,14 \cdot 10^{16} \text{ Дж}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}}} = 2,2 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

### **Задача 5.**

#### **Решение.**

$$A_{\text{сопр}} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2);$$

$$A_{\text{сопр}} = \frac{0,009}{2} \text{ кг} \cdot (390^2 - 650^2) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 0,0045 \text{ кг} \times$$

$$\times (152\,100 - 422\,500) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = -0,009 \cdot 270\,400 \text{ Дж} = \\ = -1216,8 \text{ Дж.}$$

Работа сил сопротивления равна потерянной энергии.  
Доля потерянной энергии:

$$\frac{|\Delta E|}{E_0} = \frac{|A_{\text{сопр}}|}{E_0} = \frac{(v - v_0)(v + v_0)}{v_0^2},$$

$$\frac{|\Delta E|}{E_0} = \frac{(390 \text{ м/с} - 650 \text{ м/с})(390 \text{ м/с} + 650 \text{ м/с})}{(650 \text{ м/с})^2} = 0,64.$$

## Урок 48/10. Мощность

**Вид деятельности учащихся:**

- вычислять работу силы и мощность;
- систематизировать знания о физических величинах: работа и мощность.

■ **Основной материал.** Средняя и мгновенная мощность. Единица мощности.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 32.

■ **На дом.** § 32, задачи № 4, 5 к § 32.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

На уроке рассматривается пример определения средней мощности автомобиля, необходимой для разгона до требуемой скорости за фиксированный промежуток времени. Следует обратить внимание учащихся, что реально требуется несколько большая средняя мощность из-за затрат энергии на преодоление сил трения и сопротивления воздуха.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

По определению средней мощности:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{n \cdot A_1}{t},$$

$$P = \frac{180 \cdot 16 \text{ Дж}}{60 \text{ с}} = 48 \text{ Вт.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Необходимый объем вдыхаемого воздуха за 1 с:

$$V = \frac{t \cdot P}{E} = \frac{1 \text{ с} \cdot 80 \text{ Вт}}{20 \cdot 10^3 \text{ Дж/л}} = 0,004 \text{ л} = 4 \text{ мл.}$$

## Урок 49/11. Закон сохранения механической энергии

### Вид деятельности учащихся:

— применять модель консервативной системы к реальным системам при обсуждении возможности применения закона сохранения механической энергии;

— формулировать закон сохранения энергии.

■ **Основной материал.** Полная механическая энергия системы. Закон изменения механической энергии. Консервативная система. Закон сохранения полной механической энергии. Применение закона сохранения энергии.

*Решение задач типа:* № 1 к § 33.

■ **На дом.** § 33, задача № 3 к § 33.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Полезно обратить внимание учащихся на следующее: хотя закон сохранения полной механической энергии получен из законов Ньютона (справедливых для описания движения системы макрочастиц), он имеет более широкую область применимости. Полная механическая энергия сохраняется и для систем микрочастиц, для которых законы Ньютона неприменимы.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$$E_p = mgh; E_k = \frac{mv^2}{2}; E = mgh + \frac{mv^2}{2},$$

$$\frac{E_p}{E_p + E_k} = \frac{mgh}{mgh + \frac{mv^2}{2}} = \frac{gh}{gh + \frac{v^2}{2}},$$

$$\frac{E_p}{E} = \frac{9,8 \cdot 9,2 \cdot 10^3}{9,8 \cdot 9,2 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 9 \cdot 10^4} = \frac{2}{3};$$

$$\frac{E_k}{E_p + E_k} = \frac{\frac{mv^2}{2}}{mgh + \frac{mv^2}{2}} = \frac{mv^2}{2mgh + mv^2} =$$

$$= \frac{v^2}{2gh + v^2}, \frac{E_k}{E} = \frac{90 \cdot 10^4}{2 \cdot 9,8 \cdot 9,2 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^4} =$$

$$= \frac{90}{270} = \frac{1}{3}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

В итоге падения по сравнению с начальным положением потенциальная энергия изменилась на

$$\Delta E_p = E_2 - E_1 = -mgH.$$

$$\Delta E_p = -5 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10 \text{ м} = -490 \text{ Дж},$$

т. е. уменьшилась.

Кинетическая энергия  $\Delta E_k = -\Delta E_p$  увеличилась на 490 Дж.

$$mgH = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gH}.$$

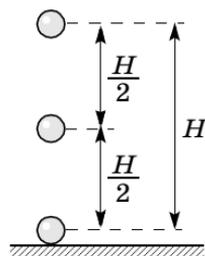
Скорость в точке падения

$$v = \sqrt{2gH} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Скорость на высоте  $h = 5$  м

$$v_1 = \sqrt{2g(H-h)} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} = 9,9 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$



## Урок 50/12. Абсолютно неупругое столкновение

### Вид деятельности учащихся:

— применять закон сохранения импульса для описания абсолютно неупругого удара.

■ **Основной материал.** Виды столкновений. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удар. Теория абсолютно неупругого удара.

*Решение задач типа:* № 1 к § 34.

■ **Демонстрации.** Упругий и неупругий удар [2, опыт 52].

■ **На дом.** § 34 (до абсолютно упругого удара), задача № 2 к § 34.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Рассматривая пример абсолютно неупругого столкновения грузовика с неподвижным легковым автомобилем, следует сделать вывод, что перегрузки, испытываемые пассажирами автомобиля, существенно превышают перегрузки водителя грузовика при ударе. При абсолютно неупругом ударе кинетическая энергия не сохраняется: часть кинетической энергии грузовика расходуется на деформацию автомобиля.

## Урок 51/13. Абсолютно упругое столкновение

### Вид деятельности учащихся:

— применять законы сохранения импульса и механической энергии для описания абсолютно упругого удара.

■ **Основной материал.** Теория абсолютно упругого удара. Упругое центральное столкновение бильярдных шаров.

*Решение задач типа:* № 3 к § 34.

■ **Демонстрации.** Упругий и неупругий удар [2, опыт 52].

■ **На дом.** § 34, задача № 4 к § 34.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Теория абсолютно упругого удара наиболее проста при рассмотрении столкновения шаров одинаковой массы. Совместное решение системы уравнений, состоящей из закона сохранения импульса и закона сохранения энергии, позволяет сделать следующий вывод: в результате упругого столкновения одинаковые шары обмениваются проекциями скорости на линию, соединяющую их центры.

В частном случае центрального удара движущийся перед ударом шар останавливается, а неподвижный приобретает скорость движущегося.

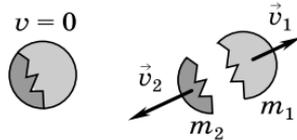
*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Пусть  $m_1 > m_2$ , тогда закон сохранения импульса при распаде имеет вид:

$$v = 0$$



$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0,$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{m_1}{m_2}.$$

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2},$$

$$E_2 = \frac{m_2 v_1^2 \cdot m_1^2}{2 m_2^2} = \frac{m_1^2 v_1^2}{2 m_2}.$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{m_1 v_1^2 \cdot 2 m_2}{2 \cdot m_1^2 \cdot v_1^2} = \frac{m_2}{m_1};$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow E_2 > E_1.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

1) По закону сохранения импульса:

$$m v_0 = (M + m) v \Rightarrow v = \frac{m v_0}{M + m}.$$

Энергия ящика с пулей

$$E_k = \frac{(M + m)}{2} v^2 = \frac{m^2 v_0^2}{2(M + m)}.$$

$$|\Delta E| = E_{k1} - E_{k2} =$$

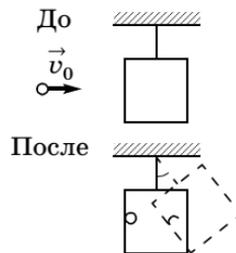
$$= \frac{m v_0^2}{2} \left( 1 - \frac{m}{M + m} \right) = \frac{M m v_0^2}{2(M + m)}.$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{m M v_0^2 \cdot 2}{2(m + M) \cdot m v_0^2} = \frac{M}{m + M};$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{2}{2,09} \cdot 100\% = 99,5\%.$$

По закону сохранения энергии:  $E_1 = E_2$ .

$$\frac{m^2 v_0^2}{2(m + M)} = (M + m) g h,$$



$$h = \frac{m^2 v_0^2}{2g(M+m)^2}; h = \frac{8,1 \cdot 10^{-5} \cdot 3,6 \cdot 10^5}{2 \cdot 9,8 \cdot 4} = 0,37 \text{ (м)}.$$

$$2) \cos \alpha = \frac{\Delta h}{l} = \frac{l-h}{l}; \cos \alpha = \frac{2-0,37}{2} = 0,815;$$

$$\alpha = \arccos 0,815; \alpha = 35,5^\circ.$$

## Урок 52/14. Решение задач

### Вид деятельности учащихся:

— применять законы сохранения к решению задач о взаимодействии тел.

*Решение задач типа:*

1. № 2, 4 к § 33.

2. № 5 к § 34.

■ На дом. Задача № 5 к § 33.

## Динамика

периодического движения (7 ч)

## Урок 53/1. Законы механики

### и движение небесных тел

### Вид деятельности учащихся:

— систематизировать достижения космической техники и науки России.

■ **Основной материал.** Форма траектории тел, движущихся с малой скоростью. Первая и вторая космические скорости, формулы для их расчета. Третья космическая скорость.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 35.

■ На дом. § 35, задачи № 2, 4, 5 к § 35.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что форма траектории тел, движущихся в гравитационном поле Земли, зависит от величины их скорости. Если скорость тела вблизи поверхности Земли меньше, чем первая космическая скорость (7,9 км/с), тело падает на Землю. Двигаясь

с первой космической скоростью, тело удаляется от Земли так быстро, что, становясь искусственным спутником Земли, движется вокруг нее по круговой орбите.

Если начальная скорость тела превышает круговую скорость, то оно, оставаясь спутником Земли, движется по замкнутой эллиптической орбите, вытянутой вдоль направления, перпендикулярного направлению начальной скорости. При дальнейшем увеличении скорости запуска тело все дальше удаляется от Земли, а эллиптическая орбита существенно вытягивается.

Тело, обладающее второй космической скоростью (11,2 км/с), удаляется от Земли по параболической траектории. При запуске тела с поверхности Земли со скоростью большей второй космической оно, преодолев гравитационное притяжение Земли, обладает определенной скоростью и движется по гиперболической траектории. Так же как и в случае запуска тела со второй космической скоростью, его движение не является периодическим.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

Преобразуем формулу для первой космической скорости, используя закон всемирного тяготения:

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{G \frac{M}{R^2} \cdot R} = \sqrt{G \frac{M}{R}},$$

$$v = \sqrt{G \frac{2M_3}{2R_3}} = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}} = 7,9 \text{ км/с} \text{ — такая же, как и на}$$

Земле.

#### **Задача 5.**

##### **Решение.**

Энергия тела на поверхности Земли (см. формулы (95), (96) учебника)

$$E_1 = E_k + E_p = \frac{mv_{II}^2}{2} - G \frac{mM}{R} = \frac{mv_{II}^2}{2} - mgR.$$

На бесконечном удалении от Земли  $E_2 = 0$ .

Используя закон сохранения энергии ( $E_1 = E_2$ ), получаем:

$$v_{II} = \sqrt{2gR}.$$

Преобразуем формулу для второй космической скорости, используя закон всемирного тяготения:

$$v_{II} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2G\frac{M}{R}}, v_2 = \sqrt{2G\frac{4M}{R}} = 2\sqrt{2G\frac{M}{R}} = 2v_{II}$$

в 2 раза больше, чем на Земле.

## **Урок 54/2. Лабораторная работа № 5** **«Проверка закона сохранения энергии** **при действии сил тяжести** **и упругости»**

**Вид деятельности учащихся:**

- измерять полную энергию груза, колеблющегося на пружине;
- вычислять максимальную скорость груза с помощью закона сохранения механической энергии;
- наблюдать и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** § 35.

## **Урок 55/3. Динамика свободных колебаний**

**Вид деятельности учащихся:**

- объяснять процесс колебаний маятника;
- анализировать условия возникновения свободных колебаний математического и пружинного маятников.

■ **Основной материал.** Свободные колебания пружинного маятника. Характеристики свободных колебаний: период, амплитуда, циклическая частота. График свободных гармонических колебаний. Связь энергии и амплитуды свободных колебаний пружинного маятника.

*Решение задач типа:* № 2, 4 к § 36.

■ **Демонстрации.** 1. Законы колебания пружинного маятника [2, опыт 58].

2. Таблица «Динамика свободных колебаний».

■ На дом. § 36, задачи № 1, 3, 5 к § 36.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

Первоначально шарик падает с высоты  $H$ , затем при взаимодействии с пружиной он еще опускается на высоту  $\Delta l$ . Принимаем за 0 отсчета потенциальной энергии уровень деформированной пружины.

Следовательно, изменение потенциальной энергии шарика равно  $mg(H + \Delta l)$ . Из закона сохранения механической энергии получаем, что это изменение перешло в изменение энергии пружины  $\frac{k\Delta l^2}{2}$ .

Следовательно,

$$mg(H + \Delta l) = \frac{k\Delta l^2}{2},$$

$$k = \frac{2mg(H + \Delta l)}{\Delta l^2}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

Воспользуемся законом сохранения энергии.

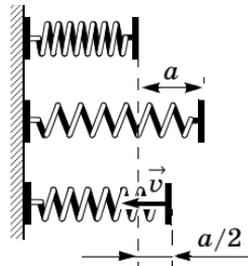
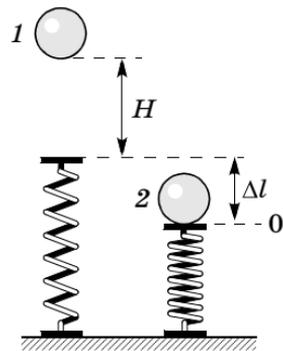
Полная энергия равна сумме потенциальной и кинетической энергий:

$$\frac{ka^2}{2} = \frac{k\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2} + \frac{mv^2}{2};$$

$$ka^2 = \frac{ka^2}{4} + mv^2;$$

$$mv^2 = ka^2 - \frac{ka^2}{4} = \frac{3}{4}ka^2;$$

$$v^2 = \frac{3}{4} \frac{k}{m} a^2; v = a \sqrt{\frac{3k}{4m}} = a \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}.$$



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{T}{2\pi}; \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T}.$$

$$v = a \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{a}{T} \pi \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{4}} = \frac{a}{T} \pi \sqrt{3}.$$

## Урок 56/4. Колебательная система под действием внешних сил, не зависящих от времени

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать и анализировать разные виды колебаний;

— прогнозировать возможные свободные колебания одного и того же маятника в средах с различной плотностью.

■ **Основной материал.** Затухающие колебания и их график. Аперриодическое движение. Статическое смещение.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 37.

■ **Демонстрации.** Затухающие колебания пружинного маятника [2, опыт 63 (1)].

■ **На дом.** § 37, задачи № 3, 4 к § 37.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на следующее: в реальной системе механическое движение всегда сопровождается трением и поэтому колебания становятся затухающими.

Если трение велико, то маятник, выведенный из положения равновесия, не возвращается в него. Подобное неповторяющееся движение, не имеющее периода, называется аперриодическим и используется, например, в амортизаторах.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

#### **Решение.**

$$\begin{aligned}x &= 0,04 \cos^2 \pi t = 0,04(1 + \cos 2\pi t)/2 = \\ &= 0,02 + 0,02 \cos 2\pi t \text{ (м)}.\end{aligned}$$

Статическое смещение — отклонение от положения равновесия, которое в данном случае находится в точке 0,02 м. Следовательно, статическое смещение равно 0,02 м. Амплитуда по формуле 0,02 м.

$$\text{Период колебаний } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ (с)}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

$$\begin{aligned} x &= -0,04\sin^2\pi t = -0,04(1 - \cos 2\pi t)/2 = \\ &= -0,02 + 0,02\cos 2\pi t \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Статическое смещение — максимальное отклонение от положения равновесия, которое в данном случае находится в точке  $-0,02$  м. Следовательно, статическое смещение равно  $-0,02$  м.

Амплитуда 0,02 м.

Циклическая частота  $\omega_0 = 2\pi = 6,28$  рад/с.

$$\text{Период колебаний } T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 1 \text{ с}.$$

Частота (число колебаний в единицу времени)  $\nu = \frac{1}{T} = 1$  Гц.

Жесткость пружины

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}, \text{ следовательно, } k = m\omega_0^2,$$

$$k = 1 \text{ кг} \cdot \left(2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}\right)^2 = 39,5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Постоянная сила, действующая на маятник,

$$F = kx_0 = 39,5 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,02 \text{ м} = 0,79 \text{ Н}.$$

## Урок 57/5. Вынужденные колебания

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать процесс колебания пружинного маятника с точки зрения сохранения и превращения энергии;

— сравнивать свободные и вынужденные колебания по их характеристикам;

— прогнозировать возможные вынужденные колебания одного и того же маятника в средах с различной плотностью.

■ **Основной материал.** Вынужденные колебания. Колебания в системе, находящейся в состоянии безразличного равновесия. Вынужденные колебания пружинного маятника.

■ **Демонстрации.** Вынужденные колебания пружинного маятника [2, опыт 63].

*Решение задач типа:* № 1 к § 38.

■ **На дом.** § 38 (до амплитуды вынужденных колебаний), задача № 2 к § 38.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Внимание учащихся следует обратить на то, что вынужденные колебания, происходящие под действием периодической внешней силы, могут возникать как в системах, имеющих положение устойчивого равновесия, так и в системах, не обладающих этим свойством.

### Урок 58/6. Резонанс

**Вид деятельности учащихся:**

- описывать явление резонанса;
- представлять графически резонансные кривые.

■ **Основной материал.** Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы. Резонанс. Резонансные кривые. Примеры резонанса в природе и технике.

*Решение задач типа:* № 3, 4 к § 38.

■ **Демонстрации.** 1. Резонанс маятников [2, опыт 64].

2. Резонанс при работе электродвигателя [2, опыт 66].

■ **На дом.** § 38, задача № 5 к § 38.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Учащихся следует познакомить с видом резонансной кривой при отсутствии в системе трения и при его нали-

чи. Необходимо указать причину резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при резонансе.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Переведем частоту в привычные единицы:

$$\omega_0 = 114,6 \frac{\text{град}}{\text{с}} \cdot 0,0174 \frac{\text{рад}}{\text{град}} = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Определим массу маятника:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow m = \frac{k}{\omega_0^2} = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ (кг)}.$$

Амплитуда вынужденных колебаний

$$A_1 = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega_1^2)}, A_1 = \frac{0,5 \text{ Н}}{12,5 \text{ кг} \cdot (4 - 1,9^2)} \frac{1}{\text{с}^2} = \\ = \frac{0,04 \text{ м}}{4 - 3,61} = \frac{0,04 \text{ м}}{0,4} = 0,1 \text{ м}.$$

$$A_2 = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega_2^2)}, A_2 = \frac{0,5 \text{ Н}}{12,5 \text{ кг} \cdot (2^2 - 1,95^2)} = \\ = \frac{0,04 \text{ м}}{4 - 3,8} = 0,2 \text{ м}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$\text{Статическое смещение } x_0 = A_0 = \frac{F_0}{m\omega_0^2}.$$

Амплитуда вынужденных колебаний

$$A_1 = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}.$$

По условию  $A_1 = 10A_0$ .

$$\frac{10F_0}{m\omega_0^2} = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)},$$

$$\frac{10}{\omega_0^2} = \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2},$$

$$10\omega_0^2 - 10\omega^2 = \omega_0^2 \Rightarrow \omega = \frac{3\omega_0}{\sqrt{10}}.$$

$$\Delta\omega = \omega_0 - \omega = \omega_0 - \frac{3}{\sqrt{10}}\omega_0,$$

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{3}{\sqrt{10}}\right) \cdot 100\% =$$

$$= \frac{\sqrt{10} - 3}{\sqrt{10}} \cdot 100\% = \frac{3,16 - 3}{3,16} \cdot 100\% \approx 5,1\%.$$

## Урок 59/7. Контрольная работа № 3 «Законы сохранения»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять законы сохранения к решению задач.

Статика (4 ч)

### Урок 60/1. Условие равновесия для поступательного движения

**Вид деятельности учащихся:**

— определять тип движения твердого тела;  
— формулировать условие статического равновесия для поступательного движения.

■ **Основной материал.** Возможные типы движения твердого тела. Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение. Условие статического равновесия для поступательного движения. Примеры статического равновесия. Статическое равновесие в жидкости.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 39.

■ **На дом.** § 39, задачи № 4, 5 к § 39.

### Урок 61/2. Условие равновесия для вращательного движения

**Вид деятельности учащихся:**

— измерять положение центра тяжести тел;  
— формулировать условие статического равновесия для вращательного движения.

■ **Основной материал.** Центр тяжести симметричных тел. Центр тяжести тела. Условие равновесия

для вращательного движения. Момент силы. Плечо силы. Условие статического равновесия для вращательного движения.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 40.

■ На дом. § 40, задачи № 4, 5 к § 40.

### **Урок 62/3. Центр тяжести (центр масс) системы материальных точек и твердого тела**

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять координаты центра масс различных тел.

■ **Основной материал.** Центр тяжести системы материальных точек. Центр масс. Движение центра масс. Формулы для расчета координат центра масс системы материальных точек. Влияние внешних и внутренних сил на движение центра масс системы тел.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 41.

■ На дом. § 41, задачи № 4, 5 к § 41.

### **Урок 63/4. Контрольная работа № 4 «Статика»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## **Релятивистская механика (6 ч)**

### **Урок 64/1. Постулаты специальной теории относительности**

**Вид деятельности учащихся:**

— формулировать постулаты специальной теории относительности;

— описывать принципиальную схему опыта Майкельсона—Морли;

— объяснять значимость опыта Майкельсона—Морли;

— оценивать радиусы черных дыр.

■ **Основной материал.** Опыт Майкельсона—Морли. Сущность специальной теории относительности Эйнштейна. Постулаты теории относительности. Критический радиус черной дыры — радиус Шварцшильда. Горизонт событий.

■ **На дом.** § 42.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на следствие из второго постулата теории относительности: скорость света в вакууме не зависит от скорости распространения любого взаимодействия. Она образует верхний предел скорости для всех материальных тел. Материальные тела не могут иметь скорость большую, чем скорость света.

Существование одного из самых необычных астрономических объектов — черных дыр — объясняется наличием верхнего предела скоростей.

## Урок 65/2. Относительность времени

**Вид деятельности учащихся:**

— определять время в разных системах отсчета.

■ **Основной материал.** Время в разных системах отсчета. Порядок следования событий. Одновременность событий.

■ **На дом.** § 43.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Разный смысл понятия одновременности событий можно проиллюстрировать примером об излучении светового сигнала в ракете, рассмотренным в учебнике. В этом случае наблюдатель, находящийся внутри ракеты, полагает, что свет достигает противоположных стен одновременно. Внешний наблюдатель считает, что свет из-за

движения ракеты достигает ее стен в разные моменты времени.

Конечность скорости распространения взаимодействия приводит к тому, что фиксируемый наблюдателем порядок следования событий зависит от положения наблюдателя в пространстве.

### **Урок 66/3. Замедление времени**

**Вид деятельности учащихся:**

— связывать между собой промежутки времени в разных ИСО;

— объяснять эффект замедления времени.

■ **Основной материал.** Световые часы. Собственное время. Эффект замедления времени.

■ **На дом.** § 44.

### **Урок 67/4. Релятивистский закон сложения скоростей**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять релятивистский закон сложения скоростей к решению задач.

■ **Основной материал.** Закон сложения скоростей. Скорость распространения светового сигнала.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 45.

■ **На дом.** § 45, задачи № 4, 5 к § 45.

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что независимость скорости света от скорости движения источника или приемника света, доказанная в опыте Майкельсона—Морли, автоматически означает, что классический закон сложения скоростей неверен при скоростях, соизмеримых со скоростью света.

Релятивистский закон сложения скоростей согласуется со вторым постулатом СТО и результатами опыта Майкельсона—Морли.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$v_2 = \frac{v + v_1}{1 + \frac{vv_1}{c^2}},$$

$$v_2 = \frac{c + c}{1 + \frac{c \cdot c}{c^2}} = \frac{2c}{1 + 1} = c.$$

Согласно классической теории,  $v_2 = 2c$ .

$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$  — закон сложения скоростей,

$$\vec{v}_2 = \vec{v} - \vec{v}_1,$$

$$v_2 = v - (-v_1) = 2v = 2c.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Из закона сложения скоростей следует, что

$$v_{21} = \frac{v_2 - v_1}{1 - \frac{v_2 v_1}{c^2}},$$

где  $v_1$  — скорость космического корабля относительно Земли,  $v_2$  — скорость ракеты относительно Земли,  $v_{21}$  — скорость ракеты относительно корабля.

$$v_{21} = \frac{0,976c - 0,8c}{1 - \frac{0,976c \cdot 0,8c}{c^2}} = 0,8c.$$

## **Урок 68/5. Взаимосвязь энергии и массы**

**Вид деятельности учащихся:**

— рассчитывать энергию покоя и энергию связи системы тел.

■ **Основной материал.** Энергия покоя. Зависимость энергии тела от скорости. Энергия свободной частицы. Взаимосвязь массы и энергии.

*Решение задач типа:* № 1, 5 к § 46.

■ **На дом.** § 46, задачи № 2—4 к § 46.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$E_1 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_1}{c}\right)^2}},$$

$$E_2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_2}{c}\right)^2}},$$

$$A = E_2 - E_1 = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}} - \frac{1}{\sqrt{1 - 0,36}} \right),$$

$$\begin{aligned} A &= 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot (1,67 - 1,25) = \\ &= 3,44 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} = \frac{3,44 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{Дж}}{\text{эВ}}} = 2,15 \cdot 10^5 \text{ эВ} = \\ &= 0,215 \text{ МэВ}. \end{aligned}$$

**Задача 5.**

*Указание.* При образовании ядра изотопа атома водорода — дейтерия — из протона и нейтрона выделяется энергия. Это означает, что масса ядра будет меньше суммарной массы протона и нейтрона.

## Урок 69/6. Контрольная работа № 5 «Релятивистская механика»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (49 ч)

Молекулярная структура вещества (4 ч)

### Урок 70/1. Строение атома

**Вид деятельности учащихся:**

— определять состав атомного ядра химического элемента и число входящих в него протонов и нейтронов;

— рассчитывать дефект массы ядра атома.

■ **Основной материал.** Строение атома. Зарядовое и массовое числа. Заряд ядра — главная характеристика химического элемента. Изотопы. Дефект массы.

*Решение задач типа:* № 1 к § 47.

■ **На дом.** § 47 (до атомной единицы массы), задача № 2 к § 47.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся, что механическое движение — первое модельное приближение для описания реального движения тела. В свою очередь, движущееся тело состоит из образующих его атомов и молекул, движущихся и взаимодействующих между собой. Молекулярная физика изучает внутреннюю структуру тела и ее влияние на свойства вещества.

### Урок 71/2. Масса атомов.

#### Молярная масса

**Вид деятельности учащихся:**

— определять относительную атомную массу по таблице Менделеева;

— рассчитывать молярную массу и массу молекулы или атома.

■ **Основной материал.** Атомная единица массы. Относительная атомная масса. Количество вещества. Молярная масса и ее единица. Постоянная Авогадро.

*Решение задач типа:* № 3, 4 к § 47.

■ **На дом.** § 47, задача № 5 к § 47.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

На уроке следует обосновать введение постоянной Авогадро как меры количества вещества. Из-за малости массы электрона по сравнению с массами протона и нейтрона практически вся масса атома сосредоточена в ядре.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Масса ядра  $m_{\text{я}} = m_{\text{а}} - 6m_{\text{е}} = 11,997$  а. е. м.

Масса нуклонов  $6(m_{\text{р}} + m_{\text{н}}) = 12,095646$  а. е. м.

Дефект массы  $\Delta m = 6(m_{\text{р}} + m_{\text{н}}) - m_{\text{я}} = 0,09894$  а. е. м.

Выделяющаяся энергия  $\Delta E = \Delta mc^2 = 0,09894 \cdot 931,5 = 92,16$  (МэВ).

**Задача 5.**

**Решение.**

В атоме бора 5 протонов, 5 электронов и 5 нейтронов.

Дефект массы  $\Delta m = 5(m_{\text{р}} + m_{\text{н}} + m_{\text{е}}) - m_{\text{а}} =$

$= 5 \cdot (1,007276 + 1,008665 + 0,000549) - 10,013 = 0,07$  (а. е. м.).

**Урок 72/3. Агрегатные состояния вещества: твердое тело, жидкость**

**Вид деятельности учащихся:**

- анализировать зависимость свойств вещества от его строения;
- наблюдать плавление льда;
- характеризовать изменения структуры агрегатных состояний вещества при фазовых переходах.

■ **Основной материал.** Виды агрегатных состояний: твердое, жидкое, газообразное, плазменное. Фазовый переход. Упорядоченная молекулярная структура — твердое тело. Неупорядоченная молекулярная структура — жидкость.

■ **Демонстрации.** Таблица «Внутренняя энергия».

■ **На дом.** § 48 (до газа).

**Урок 73/4. Агрегатные состояния вещества: газ, плазма**

**Вид деятельности учащихся:**

- наблюдать фазовые переходы при нагревании веществ;

— формулировать условия идеальности газа;  
— объяснять влияние солнечного ветра на атмосферу Земли.

■ **Основной материал.** Неупорядоченные молекулярные структуры: газ, плазма. Условия идеальности газа. Ионизация.

■ **Демонстрации.** Таблица «Агрегатные состояния вещества».

■ **На дом.** § 48.

## Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (14 ч)

### Урок 74/1. Распределение молекул идеального газа в пространстве

#### Вид деятельности учащихся:

— определять макро- и микроскопические параметры, необходимые для описания идеального газа.

■ **Основной материал.** Физическая модель идеального газа. Статистический метод описания поведения газа. Макроскопические и микроскопические параметры.

■ **Демонстрации.** Таблица «Второе начало термодинамики».

■ **На дом.** § 49 (до распределения частиц газа по двум половинам сосуда).

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

##### *К основному материалу*

Наиболее простой физической моделью, используемой для объяснения свойств газа, является модель идеального газа. На уроке следует напомнить учащимся условия идеальности газа (§ 48).

Свойства идеальных газов не зависят от специфики сил взаимодействия между отдельными молекулами.

В газе, состоящем из большого числа частиц, получение информации об отдельной частице не представляет практического интереса. Необходимая информация должна ха-

рактизовать всю совокупность частиц в целом. Подобное описание поведения газа как целого возможно лишь при статистическом подходе.

Цель статистического метода описания поведения газа, как и цель молекулярно-кинетической теории, — объяснить макроскопические свойства газа по известным микроскопическим параметрам (массе молекулы, среднему расстоянию между ними, скорости, кинетической энергии молекулы).

## **Урок 75/2. Распределение молекул идеального газа в пространстве (продолжение)**

### **Вид деятельности учащихся:**

— объяснять явление диффузии на примерах из жизненного опыта.

■ **Основной материал.** Макросостояние и микросостояние системы. Распределение частиц идеального газа по двум половинам сосуда.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 49.

■ **На дом.** § 49, задачи № 4, 5 к § 49.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

#### *К основному материалу*

На уроке рассматривается основная идея статистического подхода на примере распределения одной, двух, четырех,  $N$  частиц по двум половинам одного и того же сосуда. Вероятность (время) пребывания системы (газа) в каком-либо состоянии пропорциональна числу возможных микросостояний системы.

Микросостояние — конкретный способ реализации состояния газа, например:  $n$  частиц в левой половине сосуда,  $(N - n)$  частиц — в правой.

Внимание учащихся следует обратить на то, что в отсутствие внешних сил молекулы идеального газа равномерно распределены в пространстве. Такое распределение идеального газа является его наиболее вероятным (чаще всего встречающимся) состоянием, которому соответствует максимальное число микросостояний.

На уроке решаются задачи на расчет возможного числа микросостояний при равномерном распределении газа в пространстве.

Полное число микросостояний  $\langle n|N - n \rangle$  при распределении  $N$  частиц по двум половинам сосуда, когда в левой половине находится  $n$  частиц, а в правой —  $(N - n)$ , определяется формулой

$$\frac{N!}{n!(N - n)!}.$$

Следует сказать учащимся, что  $N! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \dots \cdot N$  и читается «эн факториал».

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Равномерное распределение реализуется в  $\frac{10!}{5!5!} = 252$  случаях.

$$\frac{252}{2} = 126.$$

Наличие молекул в одной половине сосуда может быть реализовано дважды (в левой и в правой).

**Задача 5.**

**Решение.**

$$3^6 = 729.$$

Распределение  $\langle 2|2|2 \rangle$  реализуется  $\frac{6!}{2!2!2!} = 90$  способами. Часть времени  $\frac{90}{729} = \frac{10}{81}$  частицы будут распределены равномерно.

### **Урок 76/3. Распределение молекул идеального газа по скоростям**

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять качественно кривую распределения молекул по скоростям.

■ **Основной материал.** Статистический интервал. Среднее значение физической величины. Распределение частиц по скоростям (опыт Штерна). Распределение молекул по скоростям. Наиболее вероятная скорость.

*Решение задач типа:* № 2, 3, 5 к § 50.

■ **Демонстрации.** 1. Метод Штерна для определения скорости движения молекул газа [2, опыт 118].

2. Принципиальная схема опыта Штерна (рис. 200 в учебнике) или таблица «Определение скоростей молекул».

■ **На дом.** § 50, задача № 4 к § 50.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Внимание учащихся следует обратить на то, что молекулы идеального газа в результате столкновений друг с другом изменяют свою скорость. Прямые столкновения, в которых участвуют частицы, имеющие определенную скорость, уменьшают число таких частиц. При обратных столкновениях появляются частицы, имеющие эту скорость, т. е. число таких частиц увеличивается. Если число частиц в газе, имеющих определенную скорость, постоянно (не зависит от времени), возникает статистическое равновесие. Оно устанавливается тогда, когда число прямых и обратных столкновений равно друг другу.

Число частиц в газе хотя и очень велико, но конечно. В то же время число возможных значений их скоростей бесконечно. Поэтому ответить на вопрос, сколько частиц обладает определенной скоростью, невозможно: таких частиц может и не быть. Можно лишь говорить о числе частиц  $\Delta N$ , скорость которых лежит в определенном статистическом интервале: от  $v$  до  $v + \Delta v$ . Число частиц, приходящееся на единичный интервал скоростей, определяется отношением  $\Delta N/\Delta v$ , и оно в заданном интервале скоростей остается постоянным.

Распределение частиц по скоростям можно проанализировать с помощью демонстраций. Из эксперимента следует, что при определенной температуре зависимость числа частиц, приходящегося на единичный интервал скоростей, от их скорости имеет максимум. Максимум функции  $\Delta N/\Delta v$  показывает, что наибольшее число частиц обладает такой скоростью.

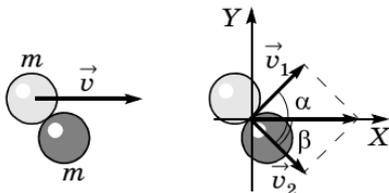
### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

Закон сохранения импульса для удара

$$m\vec{v} = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2. \quad (1)$$



Закон сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}. \quad (2)$$

Проекции на оси  $X$  и  $Y$ :

$$\begin{cases} v = v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta, & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = v_1 \sin \alpha - v_2 \sin \beta. & (4) \end{cases}$$

Возводя в квадрат (3) и (4) и складывая, имеем

$$v^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos(\alpha + \beta). \quad (5)$$

Совместное решение уравнений (5) и (2) дает  $v^2 = v_1^2 + v_2^2$  при условии, что  $\cos(\alpha + \beta) = 0$ , т. е.  $\alpha + \beta = 90^\circ$ .

**Задача 5.**

**Решение.**

Число молекул, движущихся в любом направлении, в силу гипотезы о молекулярном хаосе в среднем одинаково, одинакова и их средняя скорость. Это приводит к отсутствию предпосылок к созданию выделенного направления.

## Урок 77/4. Температура

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять взаимосвязь скорости теплового движения и температуры газа;

— вычислять среднюю квадратичную скорость.

■ **Основной материал.** Температура — мера средней кинетической энергии молекул. Термодинамическая (абсолютная) шкала температур. Абсолютный нуль температуры. Шкалы температур. Связь между температурными шкалами. Скорость теплового движения молекул.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 51.

■ **Демонстрации.** 1. Таблица «Шкалы температур».

2. Измерение температуры электрическим термометром [2, опыт 125].

3. Нагревание свинца ударами молотка [2, опыт 128].

■ **На дом.** § 51.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

При введении понятия средней квадратичной скорости следует отметить, что она дает правильное представление о значении скоростей теплового движения молекул в идеальном газе. Ее называют поэтому тепловой скоростью.

### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$$T = 273 + 20 = 293 \text{ К.}$$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,032}} = 477,8 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right),$$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,040}} = 427,3 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

#### **Задача 5.**

**Решение.**

$$\overline{v^2} = \frac{3RT}{M},$$

$$M\overline{v^2} = 3RT \Rightarrow T = \frac{M\overline{v^2}}{3R}.$$

$$T = \frac{0,028 \cdot 3,4^2 \cdot 10^4}{3 \cdot 8,31} = 130 \text{ (К)}.$$

## **Урок 78/5. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории**

### **Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать эксперименты, служащие обоснованием молекулярно-кинетической теории (МКТ) газов.

■ **Основной материал.** Давление. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории.

*Решение задач типа:* № 1 к § 52.

■ **Демонстрации.** 1. Раздувание резиновой камеры под колоколом воздушного насоса [2, опыт 119].

2. Таблица «Давление идеального газа».

■ **На дом.** § 52.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что давление идеального газа определяется числом ударов молекул и интенсивностью каждого удара. Число ударов молекул пропорционально концентрации частиц, а интенсивность каждого удара определяется средней кинетической энергией молекул.

### Урок 79/6. Решение задач

**Вид деятельности учащихся:**

— решать задачи на основное уравнение МКТ.

■ **Основной материал.** Закон Дальтона.

*Решение задач типа:* № 2—4 к § 52.

■ **На дом.** § 52, задача № 5 к § 52.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$E = \bar{E}_k \cdot N, N = nV.$$

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k \Rightarrow \bar{E}_k = \frac{3p}{2n},$$

$$E = \frac{3p}{2n} \cdot nV = \frac{3}{2} pV,$$

$$E = \frac{3}{2} \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 150 \text{ Дж}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

$p = p_1 + p_2 + p_3$  — закон Дальтона.

$$p_1 = \frac{2}{3} n_1 \bar{E}_{k1}; p_2 = \frac{2}{3} n_2 \bar{E}_{k2}; p_3 = \frac{2}{3} n_3 \bar{E}_{k3};$$

$$p = \frac{2}{3} n_1 \bar{E}_{k1} + \frac{2}{3} n_2 \bar{E}_{k2} + \frac{2}{3} n_3 \bar{E}_{k3} = (n_1 + n_2 + n_3) \frac{2}{3} \bar{E}_k;$$

$$p = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \cdot (7,8 \cdot 10^{24} + 2,1 \cdot 10^{24} + 0,1 \cdot 10^{24}) \text{ м}^{-3} = \\ = 2 \cdot 10^4 \text{ Па} = 20 \text{ кПа}.$$

## Урок 80/7. Уравнение Клапейрона—Менделеева

**Вид деятельности учащихся:**

— определять среднее расстояние между частицами идеального газа при различных температурах и давлениях.

■ **Основной материал.** Концентрация молекул идеального газа при нормальных условиях (постоянная Лошмидта). Среднее расстояние между частицами идеального газа.

*Решение задач типа:* № 2 к § 53.

■ **На дом.** § 53 (до уравнения состояния идеального газа), задача № 3 к § 53.

## Урок 81/8. Уравнение Клапейрона—Менделеева (продолжение)

**Вид деятельности учащихся:**

— определять параметры вещества в газообразном состоянии с помощью уравнения состояния идеального газа.

■ **Основной материал.** Вывод уравнения состояния идеального газа. Самостоятельная работа № 4.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 53.

■ **Демонстрации.** Зависимость между объемом, давлением и температурой газа [2, опыт 136].

■ На дом. § 53, задача № 5 к § 53.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

На уроке следует провести самостоятельную работу № 4, рассчитанную на 10 минут.

### *I вариант*

1. В сосуде содержится 0,1 кг газообразного гелия. Такая масса соответствует количеству этого вещества, равному:

- А. 5 моль.                      В. 25 моль.                      Д. 100 моль.  
Б. 10 моль.                      Г. 50 моль.

2. В сосуде содержится 3 моль идеального газа при температуре  $T$  и давлении  $p$ . Найдите давление газа в этом сосуде, если в нем содержится 1 моль того же газа при температуре  $2T$ .

- А.  $\frac{1}{6}p$ .    Б.  $\frac{2}{3}p$ .    В.  $\frac{3}{2}p$ .    Г.  $4p$ .    Д.  $6p$ .

3. Каково число нейтронов в ядре изотопа  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ?

- А. 26.                      В. 30.                      Д. Среди ответов А—Г  
Б. 13.                      Г. 56.                      нет правильного.

### *II вариант*

1. В сосуде содержится 15 моль кислорода  $\text{O}_2$ . Найдите массу этого газа в сосуде.

- А. 0,24 кг.                      В. 0,4 кг.                      Д. 0,6 кг.  
Б. 0,36 кг.                      Г. 0,48 кг.

2. В первом сосуде объемом  $V$  содержится 1 моль идеального газа при температуре  $T$ . Найдите объем второго сосуда, в котором содержится 3 моль того же газа при температуре  $2T$ .

- А.  $\frac{1}{6}V$ .                      Г.  $4V$ .

- Б.  $\frac{2}{3}V$ .                      Д.  $6V$ .

- В.  $\frac{3}{2}V$ .

3. Каков суммарный заряд изотопа  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ ?

- А.  $+11e$ .                      В.  $-11e$ .                      Д. 0.  
Б.  $+23e$ .                      Г.  $-23e$ .

Ответы. *I вариант*: 1. В. 2. Б. 3. В.

*II вариант*: 1. Г. 2. Д. 3. Д.

*К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$pV = \frac{m}{M} RT$  — уравнение Клапейрона—Менделеева.

$$pV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{p};$$

$$V = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}}{1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,0224 \text{ м}^3 = 22,4 \text{ л.}$$

#### **Задача 5.**

**Решение.**

$p = p_1 + p_2$  — закон Дальтона.

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{mRT}{MV};$$

$$p_1 = \frac{m_1 RT}{M_1 V}; p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 V};$$

$$p = \frac{RT}{V} \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right);$$

$$p = \frac{8,31 \cdot 293}{0,004} \cdot \left( \frac{0,002}{0,002} + \frac{0,004}{0,004} \right) = \frac{8,31 \cdot 293 \cdot 2}{0,004} \\ = \frac{8,31 \cdot 29}{2} \cdot 10^3 = 1217 \cdot 10^3 \text{ (Па)} = 1,22 \text{ (МПа)}.$$

## **Урок 82/9. Изотермический процесс**

**Вид деятельности учащихся:**

— определять параметры идеального газа и происходящего процесса по графику зависимости  $p(V)$ .

■ **Основной материал.** Изопроцесс. Изотермический процесс. Закон Бойля—Мариотта. График изотермического процесса.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 54.

■ **Демонстрации.** 1. Закон Бойля—Мариотта [2, опыт 133].

2. Таблица «Закон Бойля—Мариотта».

■ **На дом.** § 54 (до изобарного процесса).

## Урок 83/10. Лабораторная работа № 6 «Изучение изотермического процесса в газе»

**Вид деятельности учащихся:**

- исследовать экспериментально зависимость  $p(V)$  для изотермического процесса;
- наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ На дом. Задача № 3 к § 54.

## Урок 84/11. Изобарный процесс

**Вид деятельности учащихся:**

- определять параметры идеального газа и происходящего процесса по графику зависимости  $V(T)$ .

■ **Основной материал.** Изобарный процесс. Закон Гей-Люссака. График изобарного процесса.

■ **Демонстрации.** 1. Зависимость объема газа от температуры при постоянном давлении [2, опыт 134].

2. Таблица «Закон Гей-Люссака».

■ На дом. § 54 (до изохорного процесса), задача № 4 к § 54.

## Урок 85/12. Изохорный процесс

**Вид деятельности учащихся:**

- определять параметры идеального газа и происходящего процесса по графику зависимости  $p(T)$ .

■ **Основной материал.** Изохорный процесс. Закон Шарля. График изохорного процесса.

*Решение задач типа:* № 5 к § 54.

■ **Демонстрации.** 1. Зависимость давления газа от температуры при постоянном объеме [2, опыт 135].

2. Таблица «Закон Шарля».

■ На дом. § 54, вопрос 5 к § 54.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

Очевидно, поршень смещается в вертикальном направлении свободно, так что давление под ним всегда равно

$$p = p_{\text{атм}} + \frac{mg}{S} \text{ — процесс изобарный.}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{p};$$

$$\Delta V = \frac{\nu RT_2}{p} - \frac{\nu RT_1}{p} = \frac{\nu R \Delta T}{\frac{mg}{S} + p_{\text{атм}}} = \frac{\nu R \Delta T S}{mg + p_{\text{атм}} S};$$

$$\Delta l = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{50 \cdot 9,8 + 10^5 \cdot 10^{-2}} = 0,83 \cdot 10^{-3} \text{ (м).}$$

### Задача 5.

**Решение.**

Процесс происходит при постоянном объеме, поэтому применим закон Шарля:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1},$$

$$p_2 = 2 \cdot 10^4 \cdot \frac{315}{280} = 2,25 \cdot 10^4 \text{ (Па).}$$

## Урок 86/13. Решение задач

**Вид деятельности учащихся:**

— решать задачи на применение газовых законов.

■ **Основной материал.** Подготовка к контрольной работе.

■ **На дом.** § 53, 54.

## Урок 87/14. Контрольная работа № 6 «Молекулярная физика»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

# Термодинамика (10 ч)

## Урок 88/1. Внутренняя энергия

### Вид деятельности учащихся:

- систематизировать знания о физической величине на примере внутренней энергии;
- вычислять внутреннюю энергию газа и ее изменение.

■ **Основной материал.** Предмет изучения термодинамики. Молекулярно-кинетическая трактовка понятия внутренней энергии тела. Вывод формулы внутренней энергии идеального газа. Число степеней свободы.

■ **На дом.** § 55 (до изменения внутренней энергии).

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Полезно на уроке провести оценку внутренней энергии молекул воздуха в классе.

## Урок 89/2. Внутренняя энергия (продолжение)

### Вид деятельности учащихся:

- объяснять изменение внутренней энергии тела при теплообмене и работе внешних сил.

■ **Основной материал.** Способы изменения внутренней энергии системы: теплообмен и совершение работы. Количество теплоты.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 55.

■ **Демонстрации.** Таблица «Внутренняя энергия».

■ **На дом.** § 55, задачи № 4, 5 к § 55.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

#### **Решение.**

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT \Rightarrow m_1 = \frac{p_1 V_1 M}{RT} \quad \text{— масса воздуха в 1-й ком-}$$

нате,

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{M} RT \Rightarrow m_2 = \frac{p_2 V_2 M}{RT} \text{ — масса воздуха во 2-й}$$

комнате.

После того как между комнатами открыли дверь,

$$p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{M} RT = \frac{p_1 V_1 M + p_2 V_2 M}{RTM} RT = p_1 V_1 + p_2 V_2.$$

Следовательно,

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Найдем массу воздуха в каждом модуле до их стыковки:

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT};$$

$$m_1 = \frac{p_1 V_1}{T_1} \frac{M}{R}; m_2 = \frac{p_2 V_2}{T_2} \frac{M}{R}.$$

Найдем температуру в обоих модулях после стыковки. Считаем, что внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{5}{2} \frac{m_1}{M} RT_1 + \frac{5}{2} \frac{m_2}{M} RT_2 = \frac{5}{2} \frac{(m_1 + m_2)}{M} RT;$$

$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2}};$$

$$T = \frac{0,98 \cdot 10^5 \cdot 12 + 1,02 \cdot 10^5 \cdot 20}{\frac{0,98 \cdot 10^5 \cdot 12}{290} + \frac{1,02 \cdot 10^5 \cdot 20}{300}} = 297 \text{ (К)} \Rightarrow t = 24 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$p(V_2 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{M} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \frac{1}{V_1 + V_2} \left( \frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} \right) T.$$

$$p = \frac{10^5}{12 + 20} \cdot \left( \frac{0,98 \cdot 12}{290} + \frac{1,02 \cdot 20}{300} \right) \cdot 297 = 9,31 \cdot 10^5 \cdot (0,0405 + 0,068) = 1,01 \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$

## Урок 90/3. Работа газа при расширении и сжатии

**Вид деятельности учащихся:**

— рассчитывать работу, совершенную газом, по  $p$ — $V$ -диаграмме.

■ **Основной материал.** Вывод формулы работы газа при изобарном расширении. Знак работы газа.

*Решение задач типа:* № 1 к § 56.

■ **Демонстрации.** 1. Работа пара при нагревании воды в трубке [2, опыт 132].

2. Таблица «Работа газа в термодинамике».

■ **На дом.** § 56 (до работы газа при изопроцессах).

## Урок 91/4. Работа газа при изопроцессах

**Вид деятельности учащихся:**

— устанавливать межпредметные связи физики и математики при решении графических задач;

— рассчитывать работу, совершенную газом, по графику зависимости  $p(V)$ .

■ **Основной материал.** Работа газа при изохорном, изобарном и изотермическом процессах. Геометрический смысл работы на диаграмме  $p, V$ .

*Решение задач типа:* № 2—4 к § 56.

■ **На дом.** § 56, задача № 5 к § 56.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

По графику  $p(V)$ :

$$A_{12} = p_1 \Delta V =$$

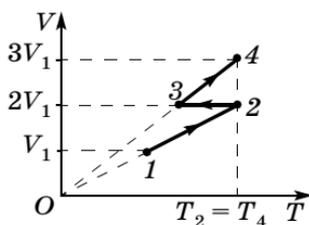
$$= 10^5 \text{ Па} \cdot 3 \text{ м}^3 =$$

$$= 3 \cdot 10^5 \text{ Дж};$$

$$A_{23} = 0, \text{ изохорный процесс};$$

$$A_{34} = p_3 \Delta V = p_3(3V_1 - 2V_1) =$$

$$= p_3 V_1.$$



$$\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} (p_2 = p_1);$$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_4}{T_2} (T_4 = T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{2T_2}{3};$$

$$\frac{p_1}{T_2} = \frac{3p_3}{2T_2}; p_3 = \frac{2}{3}p_1;$$

$$A_{34} = \frac{2}{3}p_1V_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж};$$

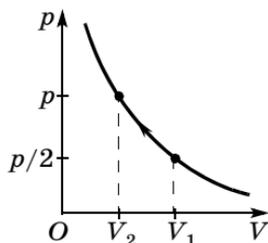
$$A_{14} = A_{12} + A_{34} = 5 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

$$A = -\nu RT \ln \frac{V_1}{V_2} \quad (\ln \text{ — натуральный логарифм});$$

$$\begin{aligned} A &= -2 \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot \ln \frac{1}{2} = \\ &= -3,46 \text{ (кДж)}. \end{aligned}$$



## Урок 92/5. Первый закон термодинамики

**Вид деятельности учащихся:**

- формулировать первый закон термодинамики;
- применять первый закон термодинамики для решения задач.

■ **Основной материал.** Формулировка и уравнение первого закона термодинамики. Самостоятельная работа № 5.

*Решение задач типа: № 1 к § 57.*

■ **На дом.** § 57 (до первого закона термодинамики для изопроцессов).

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

На уроке следует провести самостоятельную работу № 5, рассчитанную на 10—15 минут.

### I вариант

1. Какую работу совершил гелий массой 0,4 кг при изобарном нагревании на 30 °С?

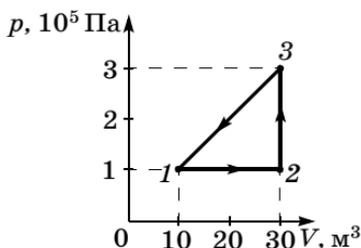
- А. 5 кДж.
- Б. 10 кДж.
- В. 15 кДж.
- Г. 20 кДж.
- Д. 25 кДж.

2. Найдите изменение внутренней энергии гелия массой 80 г при его нагревании на 60 °С.

- А. 5 кДж.
- Б. 10 кДж.
- В. 15 кДж.
- Г. 20 кДж.
- Д. 25 кДж.

3. Какую работу совершил газ при круговом процессе (см. рис.)?

- А. 2 МДж.
- Б. 1 МДж.
- В. 0.
- Г. -1 МДж.
- Д. -2 МДж.



### II вариант

1. Найдите изменение внутренней энергии гелия массой 0,16 кг при его нагревании на 30 °С.

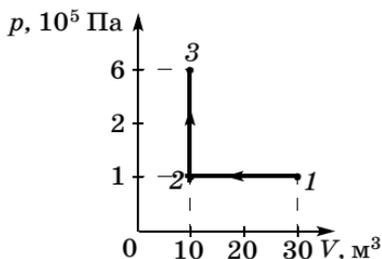
- А. 5 кДж.
- Б. 10 кДж.
- В. 15 кДж.
- Г. 20 кДж.
- Д. 25 кДж.

2. Какую работу совершил гелий массой 0,8 кг при изобарном нагревании на 60 °С?

- А. 20 кДж.
- Б. 40 кДж.
- В. 60 кДж.
- Г. 80 кДж.
- Д. 100 кДж.

3. Найдите изменение внутренней энергии одноатомного газа при процессе 1—2—3 (см. рис.).

- А. 2 МДж.
- Б. 1 МДж.
- В. 0.
- Г. -1 МДж.
- Д. -2 МДж.



Ответы. I вариант: 1. В. 2. В. 3. Д.

II вариант: 1. Г. 2. Д. 3. В.

## Урок 93/6. Применение первого закона термодинамики для изопроцессов

### Вид деятельности учащихся:

— рассчитывать изменение внутренней энергии тел, работу и переданное количество теплоты с использованием первого закона термодинамики.

■ **Основной материал.** Запись уравнений первого закона термодинамики для изопроцессов и их физический смысл.

*Решение задач типа:* № 2—4 к § 57.

■ **Демонстрации.** Таблица «Первое начало термодинамики».

■ **На дом.** § 57, задача № 5 к § 57.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на следующее.

При изохорном процессе газ не совершает работу, поэтому изменение его внутренней энергии происходит благодаря теплообмену с окружающими телами. При изохорном нагревании давление газа возрастает из-за увеличения средней кинетической энергии молекул. При изотермическом процессе внутренняя энергия не изменяется, поэтому количество теплоты, переданное газу от нагревателя, полностью расходуется на совершение работы. При изобарном расширении газа подведенное количество теплоты расходуется как на увеличение его внутренней энергии, так и на совершение работы газом.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{mRT_1}{Mp}; V_2 = \frac{2mRT_1}{Mp};$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{mRT_1}{Mp};$$

$$A = p\Delta V = \frac{mRT_1}{M}, \text{ так как } p = \text{const.}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} RT, \text{ так как газ двухатомный.}$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{7}{2} \frac{m}{M} RT;$$

$$Q = \frac{0,014}{0,028} \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot 3,5 = 4362,75 \text{ (Дж)}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Задачу можно решить двумя способами.

#### 1-й способ.

Полное изменение внутренней энергии гелия равно:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} + \\ &+ \Delta U_{3-4} + \Delta U_{4-5} + \Delta U_{5-6}, \end{aligned}$$

$$\Delta U = 10^3 \cdot \frac{3}{2} \cdot (10 \cdot 0,1 +$$

$$+ 0,2 \cdot 20 + 30 \cdot 0,2 - 0,4 \cdot 10 + 20 \cdot 0,1) = 13,5 \text{ (кДж)}.$$

#### 2-й способ.

Внутренняя энергия является функцией состояния

$$\Delta U_{1-6} = U_6 - U_1,$$

$$U_6 = \frac{3}{2} \nu RT_6 = \frac{3}{2} p_6 V_6,$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1,$$

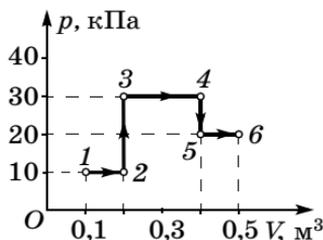
$$\Delta U_{1-6} = \frac{3}{2} (p_6 V_6 - p_1 V_1),$$

$$\Delta U_{1-6} = 13,5 \text{ кДж}.$$

Подведенное количество теплоты (см. задачу 3 к § 55)

$$A_{1-6} = 9 \text{ кДж}.$$

$$Q = \Delta U_{1-6} + A_{1-6} = 22,5 \text{ кДж}.$$



## Урок 94/7. Адиабатный процесс

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать изменение температуры воздуха при его сжатии и расширении;

— рассчитывать изменение внутренней энергии и работу газа при адиабатном процессе.

■ **Основной материал.** Теплоизолированная система. Адиабатный процесс. Первый закон термодинамики для адиабатного процесса. Изменение температуры газа при адиабатном процессе.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 58.

■ **Демонстрации.** 1. Изменение температуры воздуха при его сжатии и расширении [2, опыт 131].

2. Воздушное огниво [2, опыт 138].

3. Изменение температуры воздуха при адиабатном сжатии и расширении [2, опыт 137].

4. Таблица «Адиабатный процесс».

■ **На дом.** § 58, задачи № 4, 5 к § 58.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Для адиабатного процесса  $Q = 0$ . Поэтому

$$A = -\Delta U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R \Delta T, M = 0,028 \text{ кг/моль} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \frac{5}{2} \cdot \frac{1,4}{0,028} \cdot 8,31 \cdot 20 = 20\,775 \text{ (Дж)} \approx 20,8 \text{ кДж.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$A = \frac{5}{2} \nu R \Delta T; \nu = \frac{p_1 V_1}{R T_1}; A = \frac{5}{2} \frac{p_1 V_1}{R T_1} R \Delta T;$$

$$\Delta T = \frac{2A T_1}{5 p_1 V_1};$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T = T_1 + T_1 \cdot \frac{2A}{5 p_1 V_1} =$$

$$= T_1 \left( 1 + \frac{2A}{5 p_1 V_1} \right);$$

$$T_2 = 273 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 50,5 \cdot 10^3}{5 \cdot 1,01 \cdot 10^5} \right) = 300,3 \text{ (К).}$$

## Урок 95/8. Тепловые двигатели

### Вид деятельности учащихся:

— вычислять работу газа, совершенную при изменении его состояния по замкнутому циклу;

— оценивать КПД при совершении газом работы в процессах изменения состояния по замкнутому циклу;

— объяснять принцип действия теплового двигателя.

■ **Основной материал.** Принцип действия теплового двигателя. Основные элементы теплового двигателя: рабочее тепло, нагреватель, холодильник. Замкнутый процесс (цикл). КПД теплового двигателя. Цикл Карно. Воздействие тепловых двигателей на окружающую среду.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 59.

■ **Демонстрации.** 1. Действие модели паровой машины и турбины [2, опыт 166].

2. Принцип действия двигателя внутреннего сгорания [2, опыт 167].

3. Таблица «Цикл Карно».

■ **На дом.** § 59, задачи № 3—5 к § 59.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \text{ — КПД цикла Карно,}$$

$$\eta = \frac{200}{593} \cdot 100\% \approx 34\%.$$

$$A = Q_1 \cdot \eta = 200 \cdot 0,34 = 68 \text{ (кДж).}$$

$$Q_2 = Q_1 - A = 200 - 68 = 132 \text{ (кДж).}$$

#### Задача 5.

**Решение.**

Мощность, развиваемая двигателем,

$$N = \frac{A}{t} \Rightarrow A = Q \cdot \eta = mq \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1};$$

$$N = \frac{mq}{t} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1};$$

$$N = \frac{5 \cdot 46 \cdot 10^6}{3600} \cdot \frac{830}{1200} = \frac{5 \cdot 46 \cdot 83}{36 \cdot 12} \cdot 10^3 = \\ = 44,18 \cdot 10^3 \text{ (Вт)} \approx 44 \text{ кВт.}$$

## Урок 96/9. Второй закон термодинамики

### Вид деятельности учащихся:

- сравнивать обратимый и необратимый процессы;
- наблюдать диффузию газов и жидкостей;
- формулировать второй закон термодинамики;
- вести диалог, выслушивать мнение оппонента, участвовать в дискуссии, открыто выражать и отстаивать свою точку зрения.

■ **Основной материал.** Обратимый и необратимый процессы. Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики. Диффузия. Статистическое истолкование второго закона термодинамики.

■ **Демонстрации.** Свободная диффузия газов и жидкостей [2, опыт 120].

■ **На дом.** § 60.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что первый закон термодинамики, являясь законом сохранения энергии для тепловых процессов, не определяет направления этих процессов. Макроскопические процессы протекают в определенном направлении. В обратном направлении самопроизвольно они протекать не могут.

Второй закон термодинамики отражает необратимость процессов в природе и определяет направление перехода между состояниями большого числа частиц. Этот закон можно считать статистическим. Замкнутая система многих частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное. Это объясняет

ся тем, что число возможных микросостояний для конечного (менее упорядоченного) состояния системы всегда превышает это число для начального (более упорядоченного) состояния.

## **Урок 97/10. Контрольная работа № 7 «Термодинамика»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

### **Жидкость и пар (7 ч)**

#### **Урок 98/1. Фазовый переход пар—жидкость**

**Вид деятельности учащихся:**

— определять по таблице значения температуры кипения и удельной теплоты парообразования жидкости;

— устанавливать межпредметные связи физики и математики при решении графических задач.

■ **Основной материал.** Условия, при которых возможен переход между жидкой и газообразной фазами. Критическая температура. Сжижение пара при его изотермическом сжатии. Испарение и конденсация. Термодинамическое равновесие пара и жидкости. Насыщенный пар.

■ **Демонстрации.** Переход ненасыщенных паров в насыщенные при уменьшении объема [2, опыт 140].

■ **На дом.** § 61.

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Для образования жидкого состояния из газообразного средняя кинетическая энергия молекул должна быть меньше средней потенциальной энергии их притяжения.

При этом условии температура газообразного состояния должна быть меньше некоторой критической температуры.

Следует обратить внимание учащихся на то, что вещество в газообразном состоянии при температуре ниже критической называют паром, а при температуре выше критической — газом.

С ростом внешнего давления при сжатии пара уменьшается среднее расстояние между молекулами и возрастают силы притяжения между ними. При определенном давлении молекулы пара сближаются столь значительно, что вследствие их притяжения образуются капли жидкости.

Полезно привести изотермы для насыщенного пара и идеального газа.

## Урок 99/2. Испарение. Конденсация

### Вид деятельности учащихся:

— исследовать зависимость скорости испарения от рода жидкости, площади ее поверхности и температуры;

— рассчитывать количество теплоты, необходимое для парообразования вещества данной массы.

■ **Основной материал.** Особенности процесса испарения. Удельная теплота парообразования. Конденсация.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 62.

■ **Демонстрации.** Таблица «Плавление. Испарение. Кипение».

■ **На дом.** § 62, задачи № 4, 5 к § 62.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что при испарении средняя кинетическая энергия молекул, остающихся в жидкости, и соответственно температура жидкости уменьшаются. Для того чтобы испарение жидкости происходило при постоянной температуре, к ней нужно под-

водить количество теплоты, пропорциональное числу испаряющихся молекул, или их полной массе. Теплота парообразования расходуется на разрыв связей между молекулами жидкости. Испаряющиеся из жидкости молекулы образуют над ней пар. Часть этих молекул возвращается на поверхность жидкости, увеличивая ее энергию. При термодинамическом равновесии количество теплоты, получаемое жидкостью при конденсации, равно количеству теплоты, теряемому при ее испарении.

*К решению задач*

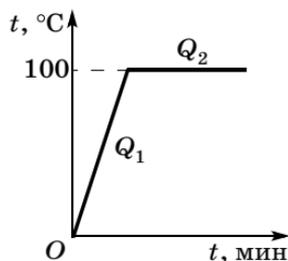
**Задача 4.**

**Решение.**

Воду надо нагреть и испарить:

$$Q = cm\Delta t + mr = m(c\Delta t + r);$$

$$Q = 1 \text{ кг} \cdot (4200 \cdot 100 + 2,256 \cdot 10^6) = 2,676 \cdot 10^6 \text{ (Дж)} \approx 2,68 \text{ МДж}.$$



**Задача 5.**

**Решение.**

Количество теплоты, полученное водой при нагревании до 100 °С,

$$Q_{\text{пол}} = c_1 m_1 (100^\circ\text{C} - t_1);$$

$$Q_{\text{пол}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (100 - 10) = 37,62 \text{ (кДж)}.$$

Количество теплоты, отданное паром при остывании до 100 °С,

$$Q_{\text{отд1}} = c_2 m_2 (t_2 - 100^\circ\text{C});$$

$$Q_{\text{отд1}} = 2,09 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 10 = 0,836 \text{ (кДж)}.$$

При тепловом балансе пар должен отдать воде

$$Q_{\text{отд2}} = Q_{\text{пол}} - Q_{\text{отд1}}; \quad Q_{\text{отд2}} = 36,784 \text{ кДж}.$$

Найдем массу пара  $m_{\text{п}}$ , которая при конденсации обеспечит такое количество теплоты:

$$Q_{\text{отд2}} = r m_{\text{п}} \Rightarrow m_{\text{п}} = Q_{\text{отд2}} / r = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 16 \text{ г}.$$

В сосуде останется 116 г воды и 24 г пара.

## Урок 100/3. Давление насыщенного пара. Влажность воздуха

### Вид деятельности учащихся:

- определять по таблице плотность насыщенного пара при разной температуре;
- анализировать устройство и принцип действия психрометра и гигрометра;
- рассчитывать и измерять относительную влажность воздуха;
- анализировать влияние влажности воздуха на жизнедеятельность человека.

■ **Основной материал.** Давление насыщенного пара. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Относительная влажность воздуха и ее измерение.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 63.

■ **Демонстрации.** 1. Свойства насыщенных паров [2, опыт 139].

2. Действие «водяного молотка» и «пьющего утенка» [2, опыт 142].

3. Получение перегретого водяного пара [2, опыт 141].

4. Устройство психрометра и гигрометра [2, опыт 143].

■ **На дом.** § 63, задачи № 4, 5 к § 63.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Полезно отметить, что давление насыщенного пара зависит от молекулярной структуры жидкости. Давление насыщенного пара при данной температуре — максимальное давление, которое может иметь пар над жидкостью при этой температуре. Оно возрастает при увеличении температуры жидкости.

При изучении относительной влажности воздуха целесообразно продемонстрировать устройство и применение психрометра и гигрометра.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$p = \varphi_1 p_{\text{н.п1}} = 0,5 \cdot 2,33 \cdot 10^3 = 1,165 \text{ (кПа);}$$

$$p' = \frac{pT_2}{T} = 1,11 \text{ кПа.}$$

Пары, содержащиеся в атмосфере, становятся насыщенными при  $9^\circ\text{C}$ , а температура понизилась до  $7^\circ\text{C} \Rightarrow$  роса выпадет.

При  $7^\circ\text{C}$   $p_{\text{н.п2}} = 1 \text{ кПа} < 1,11 \text{ кПа}$  — выпадет роса.

**Задача 5.**

**Решение.**

$A'$  — работа внешних сил.

$$A' = -p(V_2 - V_1) = 1 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 500 \text{ Дж.}$$

## Урок 101/4. Кипение жидкости

**Вид деятельности учащихся:**

- исследовать зависимость температуры жидкости при ее кипении (конденсации) от времени;
- строить графики зависимости температуры тела от времени при нагревании, кипении, конденсации, охлаждении; находить из графиков значения необходимых величин.

■ **Основной материал.** Кипение. Объяснение процесса кипения на основе молекулярно-кинетической теории. Температура кипения. Зависимость температуры кипения жидкости от внешнего давления. Перегретая жидкость.

■ **Демонстрации.** Таблица «Плавление. Испарение. Кипение».

■ **На дом.** § 64.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на обоснование постоянства температуры в процессе кипения.

При температуре кипения всплывают и лопаются многочисленные пузырьки, вызывающие характерное бурление.

ние жидкости. Для того чтобы пузырьки лопались, давление насыщенного пара, которым они заполнены, должно превосходить атмосферное давление воздуха.

Чем больше количество теплоты, подводимое к жидкости, тем больше всплывает и лопается пузырьков. Каждый лопнувший пузырек охлаждает жидкость, т. е. количество теплоты, отводимое от жидкости, также пропорционально числу лопнувших пузырьков. В равновесии эти количества теплоты равны друг другу, поэтому температура кипения остается постоянной в процессе кипения. Температура кипения зависит от внешнего давления на жидкость: чем больше давление, тем выше температура кипения.

## Урок 102/5. Поверхностное натяжение

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать особенности взаимодействия молекул поверхностного слоя жидкости;

— рассчитывать силу поверхностного натяжения.

■ **Основной материал.** Особенности взаимодействия молекул поверхностного слоя жидкости. Поверхностное натяжение. Сила поверхностного натяжения.

*Решение задач типа:* № 2, 3 к § 65.

■ **Демонстрации.** 1. Опыт Плато [2, опыт 153].

2. Обнаружение поверхностного натяжения жидкости. Образование мыльных пленок на каркасах [2, опыт 146].

3. Таблица «Поверхностное натяжение. Капиллярность».

4. Измерение силы поверхностного натяжения [2, опыт 147].

5. Измерение поверхностного натяжения воды [2, опыт 148].

6. Давление в мыльных пузырях разного диаметра [2, опыт 152].

■ **На дом.** § 65, задачи № 1, 4, 5 к § 65.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### К основному материалу

Изучение поверхностного натяжения жидкости следует начать с демонстрации опытов 1 и 2.

Обратите внимание учащихся на то, что молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, втягиваются внутрь жидкости. На поверхности остается такое число молекул, при котором площадь поверхности жидкости оказывается минимальной при данном ее объеме.

### К решению задач

#### Задача 4.

Решение.

$$F = mg + F_{\text{п.н}}; F = mg + 2\sigma l;$$

$$F = mg + 2\sigma \cdot 2\pi r,$$

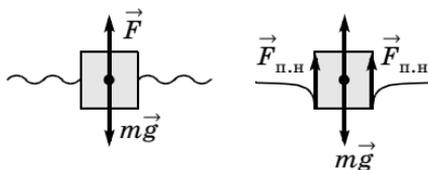
$$F = mg + 4\pi\sigma r,$$

$$F = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 + 4 \cdot 3,14 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = \\ = 84,9 \cdot 10^{-3} \text{ (Н)} \approx 85 \text{ мН.}$$

#### Задача 5.

Решение.

1)  $mg = F_{\text{арх}}$  — условия плавания;



$$mg = g\rho V = g\rho a^2 h \Rightarrow h = \frac{m}{\rho a^2};$$

$$h = \frac{3 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 4 \text{ см}^2} = 0,75 \text{ см}; h_1 = 7,5 \text{ мм};$$

2)  $mg = F_{\text{арх}} + F_{\text{п.н}};$

$$mg = \rho g a^2 \cdot h + \sigma \cdot 4a \Rightarrow h = \frac{mg - 4a\sigma}{g\rho a^2};$$

$$h = \frac{9,8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 72,8 \cdot 10^{-3}}{103 \cdot 9,8 \cdot 400 \cdot 10^{-6}} = \frac{9,8 \cdot 3 - 5,824}{3920} = \\ = 0,00601 \text{ (м)} = 6 \text{ мм.}$$

## Урок 103/6. Смачивание, капиллярность

### Вид деятельности учащихся:

- исследовать особенности явления смачиваемости у разных жидкостей;
- классифицировать использование явлений смачиваемости и капиллярности в природе и технике;
- решать задачи на определение высоты подъема жидкости в капилляре.

■ **Основной материал.** Объяснение явления смачивания на основе внутреннего строения жидкостей. Угол смачивания и мениск. Капиллярность. Высота подъема жидкости в капилляре.

*Решение задач типа:* № 1 к § 66.

■ **Демонстрации.** 1. Явление смачивания и несмачивания, образование краевых углов [2, опыт 149].

2. Таблица «Поверхностное натяжение. Капиллярность».

■ **На дом.** § 66, задачи № 2, 3 к § 66.

## Урок 104/7. Лабораторная работа № 7 «Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости»

### Вид деятельности учащихся:

- измерять средний диаметр капилляров в теле;
- наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** Задачи № 4, 5 к § 66.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Чтобы выдуть пузырь внутрь воды, надо преодолеть давление столба воды в трубке  $h'$  и давление, которое создали силы поверхностного натяжения:

$$p = p_1 + \frac{F_{\text{п.н}}}{S} = g\rho h' + \frac{\sigma \pi d}{\pi d^2} = g\rho h' + \frac{4\sigma}{d};$$

$$p = 9,8 \cdot 10^3 \cdot 0,149 + \frac{4 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 2916 \text{ (Па)} \approx 2,9 \text{ кПа.}$$

### Задача 5.

Решение.

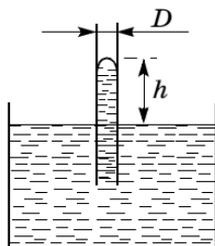
$$A = F_{\text{п.н}} \cdot h = \pi D \sigma \cdot \frac{2\sigma}{g\rho \frac{D}{2}} = \frac{4\pi\sigma^2}{\rho g};$$

для воды:

$$A = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 72,8^2 \cdot 10^{-6}}{10^3 \cdot 9,8} =$$

$$= 6792 \cdot 10^{-9} \text{ (Дж)} = 6,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} =$$

$$= 6,8 \text{ мкДж.}$$



## Твердое тело (5 ч)

### Урок 105/1. Кристаллизация и плавление твердых тел

#### Вид деятельности учащихся:

— определять по таблице и из опыта значения температуры плавления и удельной теплоты плавления вещества;

— вычислять количество теплоты, необходимое для плавления тела.

■ **Основной материал.** Объяснение процессов кристаллизации и плавления. Температура плавления. Удельная теплота плавления. Самостоятельная работа № 6.

■ **На дом.** § 67, задачи № 1, 2 к § 67.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

##### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что при кристаллизации происходит скачкообразный переход от неупорядоченного расположения частиц к упорядоченному при определенной температуре. Плавление твердого тела происходит при той же температуре, при которой это же вещество отвердевает. Чем больше масса тела, тем боль-



## **Урок 106/2. Лабораторная работа № 8 «Измерение удельной теплоемкости вещества»**

### **Вид деятельности учащихся:**

- вычислять количество теплоты в процессе теплообмена при нагревании и охлаждении;
- определять по таблице удельную теплоемкость вещества;
- сравнивать удельные теплоемкости различных веществ;
- наблюдать, изменять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** Задача № 3 к § 67.

## **Урок 107/3. Структура твердых тел. Кристаллическая решетка**

### **Вид деятельности учащихся:**

- анализировать характер межмолекулярного взаимодействия;
- объяснять свойства твердых тел на основе молекулярно-кинетической теории;
- сравнивать свойства монокристаллов и поликристаллов.

■ **Основной материал.** Кристаллические тела. Внутреннее строение кристаллических тел. Кристаллическая решетка. Монокристаллы и поликристаллы. Аморфные тела. Композиты. Зависимость свойств кристаллов от их внутреннего строения. Полиморфизм, анизотропия, изотропия.

■ **Демонстрации.** 1. Демонстрация пространственной решетки кристалла [2, опыт 156].

2. Модель для объяснения образования кристаллов и явления анизотропии [2, опыт 158].

■ **На дом.** § 68, 69, задачи № 4, 5 к § 67.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Следует отметить, что по структуре относительного расположения частиц твердые тела делятся на три вида: кристаллические, аморфные и композиты. Принадлежность твердых тел к одному из трех видов определяется их химическим составом.

### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

По закону сохранения и превращения энергии:

$$2 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2c_{\text{л}}m(t_{\text{пл}} - t_0) + 2\lambda m + 2mc_{\text{в}}(t_{\text{кип}} - t_{\text{пл}}) + 2rm;$$

$$v = \sqrt{2(c_{\text{л}}(t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda + c_{\text{в}}(t_{\text{кип}} - t_{\text{пл}}) + r)};$$

$$v = \sqrt{2 \cdot (2,1 \cdot 10^3 \cdot 10 + 3,37 \cdot 10^5 + 4200 \cdot 100 + 2,26 \cdot 10^6)} = \\ = 24,6 \cdot 10^2 \text{ (м/с)} = 2,46 \text{ км/с.}$$

#### **Задача 5.**

##### **Решение.**

При парообразовании жидкость при  $t = 0^\circ\text{C}$  замерзает.

$m_{\text{л}}\lambda = (M - m_{\text{л}})r$  — по закону сохранения энергии.

$$m_{\text{л}}\lambda = Mr - m_{\text{л}}r;$$

$$m_{\text{л}}(r + \lambda) = Mr \Rightarrow m_{\text{л}} = M \frac{r}{r + \lambda};$$

$$\frac{m_{\text{л}}}{M} = \frac{r}{r + \lambda}; \frac{m_{\text{л}}}{M} = \frac{2,26}{2,26 + 0,34} \cdot 100\% = \\ = \frac{2,26}{2,6} \cdot 100\% \approx 87\%.$$

## **Урок 108/4. Механические свойства твердых тел**

### **Вид деятельности учащихся:**

- исследовать разные виды деформации;
- приводить примеры проявления различных деформаций;
- анализировать влияние деформации на свойства вещества;
- решать задачи на применение закона Гука; расчет модуля Юнга.

■ **Основной материал.** Упругая и пластическая деформации. Характеристики упругих свойств тела: напряжение и относительное удлинение. Модуль Юнга и его физический смысл. Закон Гука. Предел упругости и прочности.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 70.

■ **Демонстрации.** 1. Закон Гука и определение модуля упругости [2, опыт 30].

2. Предел упругости и остаточная деформация [2, опыт 29].

3. Разрыв стеклянной нити [2, опыт 32].

■ **На дом.** § 70, задачи № 3—5 к § 70.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что механические свойства твердых тел обусловлены их молекулярной структурой. На уроке следует обсудить возможные виды деформации тел и ввести физические величины, ее характеризующие.

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

$$\frac{mg}{S} = \sigma_{\text{пр}};$$

$$S = \pi r_1^2 - \pi r_2^2 = \pi(r_1^2 - r_2^2);$$

$$mg = \sigma_{\text{пр}} S = \pi \sigma_{\text{пр}} (r_1^2 - r_2^2) \Rightarrow m = \frac{\pi \sigma_{\text{пр}} (r_1^2 - r_2^2)}{g};$$

$$m = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 10^6 \cdot (121 - 25) \cdot 10^{-6}}{9,8} = 4,9 \text{ (т)}.$$

#### Задача 5.

**Решение.**

$$\left. \begin{aligned} E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ \sigma = \frac{F}{S} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E = \frac{F}{S\varepsilon}; E = \frac{100}{1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,042} = 23,8 \cdot 10^6 \text{ (Па)} =$$

$$= 23,8 \text{ МПа}.$$

## Урок 109/5. Контрольная работа № 8 «Агрегатные состояния вещества»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## Механические волны. Акустика (9 ч)

### Урок 110/1. Распространение волн в упругой среде

**Вид деятельности учащихся:**

— исследовать условия возникновения упругой волны;

— наблюдать возникновение и распространение продольных волн.

■ **Основной материал.** Способы передачи энергии и импульса из одной точки пространства в другую. Волновой процесс. Механическая волна. Скорость волны. Продольные волны.

■ **Демонстрации.** Образование и распространение продольных волн [2, опыт 68].

■ **На дом.** § 71 (до поперечных волн).

### Урок 111/2. Отражение волн

**Вид деятельности учащихся:**

— сравнивать поперечные и продольные волны;

— наблюдать возникновение и распространение поперечных волн, отражение волн от препятствий.

■ **Основной материал.** Поперечные волны. Отражение волн.

■ **Демонстрации.** 1. Образование и распространение поперечных волн [2, опыт 68].

2. Волны на поверхности воды [2, опыт 69].

3. Отражение волн [2, опыт 72].

■ **На дом.** § 71.

## Урок 112/3. Периодические волны

### Вид деятельности учащихся:

— применять формулу длины волны к решению задач;

— устанавливать межпредметные связи физики и математики при решении графических задач.

■ **Основной материал.** Гармоническая волна. Длина волны. Поляризация. Плоскость поляризации. Линейно-поляризованная механическая волна.

■ **Демонстрации.** Образование и распространение продольных и поперечных волн [2, опыт 68].

■ **На дом.** § 72.

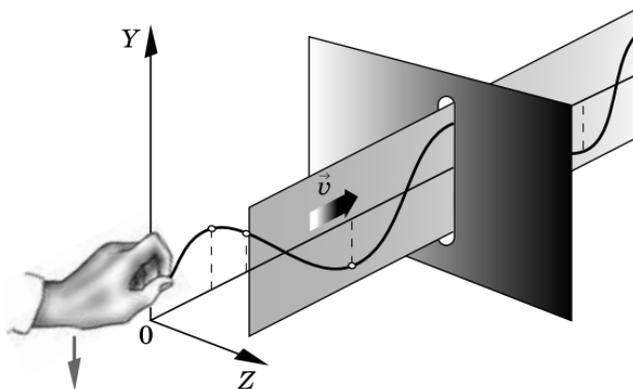
### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К демонстрациям*

При демонстрации колебаний в шнуре, закрепленном на одном конце, простейшим поляризатором является щель. Она не пропускает волну, поляризованную в плоскости, перпендикулярной щели.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

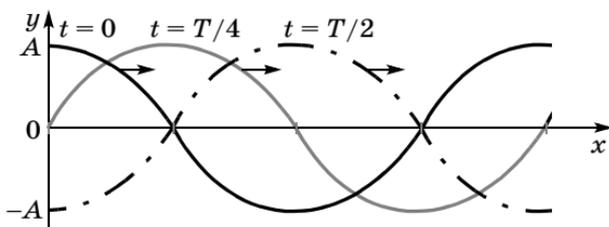


#### **Решение.**

$$t = 0 \quad y = A \cos \omega x / v;$$

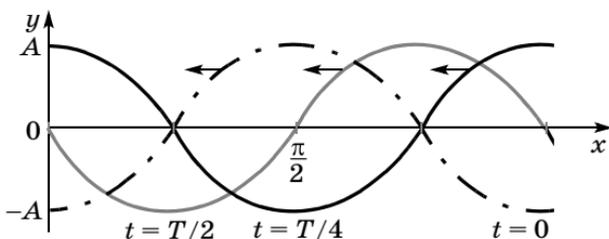
$$t = T/4 \quad y = A \cos \omega(T/4 - x/v);$$

$$t = T/2 \quad y = A \cos \omega(T/2 - x/v).$$



### Задача 5.

Решение.



## Урок 113/4. Решение задач

**Вид деятельности учащихся:**

— решать задачи на определение характеристик механических волн.

*Решение задач типа:* № 1, 3, 4 к § 72.

■ **На дом.** § 72, задачи № 2, 5 к § 72.

## Урок 114/5. Стоячие волны

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать результаты сложения двух гармонических поперечных волн.

■ **Основной материал.** Стоячая волна. Сложение двух гармонических поперечных волн (падающей и отраженной). Пучности и узлы стоячей волны. Моды колебаний.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 73.

■ **Демонстрации.** Стоячие волны [2, опыт 73].

■ **На дом.** § 73, задачи № 4, 5 к § 73.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

Пользуясь формулами, полученными в предыдущей задаче, получаем, что между соседними узлами расстояние  $\frac{\lambda}{2}$ , следовательно, между первым и четвертым узлами 3 таких расстояния, значит,  $\frac{\lambda}{2} = \frac{l}{3} = 20$  см, а  $\lambda = 40$  см.

#### **Задача 5.**

##### **Решение.**

Частота собственных колебаний  $\nu = \frac{v}{2l}$ ;  $\nu = \frac{3500}{2 \cdot 0,5} = 3,5$  (кГц).

## Урок 115/6. Звуковые волны

### **Вид деятельности учащихся:**

- анализировать условия возникновения звуковой волны;
- устанавливать зависимость скорости звука от свойств среды.

■ **Основной материал.** Возникновение и восприятие звуковых волн. Инфразвук. Ультразвук. Условия распространения звуковых волн. Скорость звука.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 74.

■ **Демонстрации.** 1. Источники и приемники звука [2, опыт 76].

2. Осциллографирование звука [2, опыт 77].

3. Звукопроводность различных тел [2, опыт 78].

4. Измерение скорости звука в воздухе [2, опыт 79].

■ **На дом.** § 74, задачи № 4, 5 к § 74.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что упругие волны называются звуковыми, если частоты соответствующих им колебаний лежат в пределах от 16 Гц до 20 кГц. Инфразвук — упругие волны с частотами, меньшими 16 Гц; ультразвук — с частотами, большими 20 кГц. Частота звуковых колебаний обратно пропорциональна размеру колеблющегося источника.

### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

За время  $t$  ультразвуком равномерно проходит двойное расстояние, поэтому

$$h = \frac{vt}{2}; h = \frac{1513 \cdot 0,01}{2} = 7,565 \text{ (м)} \approx 7,6 \text{ м.}$$

#### **Задача 5.**

##### **Решение.**

Пусть по рельсу со скоростью  $v_2$  звук дошел до наблюдателя за время  $t$ , тогда

$$L = v_2 t \Rightarrow t = \frac{L}{v_2}, \text{ а по воздуху — за время } t + \tau,$$

$$L = v_1(t + \tau) \Rightarrow t = \frac{L - v_1 \tau}{v_1};$$

$$\frac{L}{v_2} = \frac{L - v_1 \tau}{v_1}; Lv_1 = Lv_2 - v_1 v_2 \tau;$$

$$L(v_2 - v_1) = v_1 v_2 \tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{v_1 v_2 \tau}{v_2 - v_1} = \frac{343 \cdot 5900 \cdot 3}{5900 - 343} = 1092 \text{ (м).}$$

## **Урок 116/7. Высота звука.**

### **Эффект Доплера**

#### **Вид деятельности учащихся:**

— анализировать связь высоты звука с частотой колебаний;

— классифицировать применение эффекта Доплера.

■ **Основной материал.** Высота звука. Зависимость высоты звука: от частоты колебаний, от скорости движения источника и приемника, от относительной скорости движения источника и приемника. Эффект Доплера. «Красное смещение» спектров галактик. Самостоятельная работа № 7.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 75.

■ **На дом.** § 75, задачи № 4, 5 к § 75.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Внимание учащихся следует обратить на следующее: слуховые ощущения человека определяются физическими параметрами звуковой волны, воздействующей на орган слуха.

Высота звука определяется частотой источника звуковых колебаний: чем больше частота колебаний, тем выше звук; колебаниям малых частот соответствуют низкие звуки. Кроме того, высота звука зависит от скорости движения источника и приемника.

На уроке следует провести самостоятельную работу № 7, рассчитанную на 10 минут.

### *I вариант*

1. Звуковая волна частотой  $\nu$  имеет в среде 1 длину волны  $\lambda$ , а в среде 2 — длину волны  $4\lambda$ . Найдите отношение  $v_2/v_1$  скоростей распространения звуковых волн в этих средах.

А.  $\frac{1}{4}$ .    Б.  $\frac{1}{2}$ .    В. 1.    Г. 2.    Д. 4.

2. Чему равна скорость распространения звуковой волны частотой  $\nu = 500$  Гц в воде, если длина волны  $\lambda = 3$  м?

А. 500 м/с.                      В. 1500 м/с.                      Д. 2500 м/с.  
Б. 1000 м/с.                      Г. 2000 м/с.

3. Найдите минимальную частоту колебаний бронзовой струны гитары, если длина струны 87,5 см, а скорость звука в бронзе 3500 м/с.

А. 1 кГц.                      В. 3 кГц.                      Д. 5 кГц.  
Б. 2 кГц.                      Г. 4 кГц.

## II вариант

1. Звуковая волна частотой  $\nu$  распространяется в среде 1 со скоростью  $v$ , а в среде 2 — со скоростью  $4v$ . Найдите отношение длин волн  $\lambda_1/\lambda_2$  в этих средах.

А.  $\frac{1}{4}$ .    Б.  $\frac{1}{2}$ .    В. 1.    Г. 2.    Д. 4.

2. Скорость распространения звуковой волны частотой  $\nu = 2$  кГц в стали  $v = 6600$  м/с. Найдите ее длину волны.

А. 1,3 м.                      В. 3,3 м.                      Д. 5,3 м.  
Б. 2,3 м.                      Г. 4,3 м.

3. Найдите максимальную длину стоячей волны в струне длиной 1 м, закрепленной с двух сторон.

А. 4 м.                      В. 1 м.                      Д. 0,25 м.  
Б. 2 м.                      Г. 0,5 м.

Ответы. I вариант: 1. Д. 2. В. 3. Б.

II вариант: 1. А. 2. В. 3. Г.

## Урок 117/8. Тембр, громкость звука

### Вид деятельности учащихся:

— анализировать связь громкости звука с амплитудой колебаний, а тембра — с набором частот;

— устанавливать связь физики и биологии при изучении устройства слухового аппарата человека.

■ **Основной материал.** Тембр звука. Зависимость громкости звука от амплитуды колебаний. Порог слышимости, интенсивность звука. Уровень интенсивности звука.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 76.

■ **Демонстрации.** 1. Анализ звуковых колебаний, тембр звука [2, опыт 82].

2. Интенсивность и громкость звука [2, опыт 81].

3. Основные свойства ультразвука [2, опыт 93].

4. Практическое применение ультразвука [2, опыт 94].

■ **На дом.** § 76, задачи № 4, 5 к § 76.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Отличие тембра звуков, имеющих одинаковый период, определяется различием формы звуковых колебаний, связанным с разными относительными амплитудами основной моды и обертонов. Порог слышимости — минимальное изменение давления, которое может фиксировать человеческое ухо.

Интенсивность звука — энергия звуковых волн, падающая на площадь  $1 \text{ м}^2$  за  $1 \text{ с}$ . Уровень интенсивности звука пропорционален числу порядков, на которое ее величина превосходит порог слышимости.

### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$$\beta_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0};$$

$$110 = 10 \lg \frac{I}{I_0};$$

$$11 = \lg \frac{I}{I_0};$$

$$10^{11} = \frac{I}{I_0} \Rightarrow I_1 = I_0 \cdot 10^{11} = 10^{-12} \cdot 10^{11} = 0,1 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right).$$

$$\text{По условию } I_2 = 2I_1 = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$$\frac{I_2}{I_0} = 2 \cdot 10^{11}.$$

Определим десятичный логарифм этого числа:

$$\lg 2 = 0,3010;$$

$$\lg (2 \cdot 10^{11}) = \lg 2 + \lg 10^{11} = 0,3010 + 11 = 11,3010;$$

$$\beta_2 = 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 11,3010 \cdot 10 = 113 \text{ (дБ)}.$$

#### **Задача 5.**

**Решение.**

$$\beta = 10 \lg \frac{I}{I_0};$$

$$80 = 10 \lg \frac{I}{I_0};$$

$$8 = \lg \frac{I}{I_0};$$

$$\frac{I}{I_0} = 10^8; I = I_0 \cdot 10^8 = 10^{-12} \cdot 10^8 = 10^{-4} \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

$$E = ISt = 10^{-4} \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 10^{-7} \text{ (Дж)}.$$

## **Урок 118/9. Контрольная работа № 9 «Механические волны. Акустика»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

### **ЭЛЕКТРОСТАТИКА (25 ч)**

**Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (11 ч)**

### **Урок 119/1. Электрический заряд. Квантование заряда**

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать взаимодействие наэлектризованных и заряженных тел;

— устанавливать межпредметные связи физики и химии при изучении строения атома.

■ **Основной материал.** Электрический заряд. Два вида электрических зарядов. Принцип квантования заряда. Кварки.

■ **На дом.** § 77.

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

На уроке необходимо обратить внимание учащихся на следующее.

Гравитационное притяжение испытывают все частицы, обладающие массой. Электромагнитное взаимодейст-

вие возникает лишь между заряженными частицами, которые могут как притягиваться, так и отталкиваться. Электрический заряд характеризует способность тел или частиц к электромагнитному взаимодействию.

Электрический заряд дискретен (квантован): суммарный положительный заряд кратен заряду протона, суммарный отрицательный — заряду электрона.

Зарядить электронейтральное тело отрицательно можно, например, добавив избыточные электроны. При удалении электронов (ионизации атомов) тело заряжается положительно.

## Урок 120/2. Электризация тел. Закон сохранения заряда

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать за изменениями показаний электроскопа и электрометра;

— анализировать устройство и принцип действия электрометра;

— объяснять явление электризации.

■ **Основной материал.** Электризация. Объяснение явления электризации трением. Электрически изолированная система тел. Закон сохранения электрического заряда.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 78.

■ **Демонстрации.** 1. Электризация. Взаимодействие наэлектризованных тел [1, опыт 1].

2. Электростатическая индукция. Электрофор [1, опыт 4].

3. Таблица «Электризация тел».

■ **На дом.** § 78, задачи № 4, 5 к § 78.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что при трении различных веществ наблюдается их взаимное притяжение и отталкивание, возникающее в результате электризации тел.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$N_e = \frac{q}{e} = \frac{-4,8 \cdot 10^{-13} \text{ Кл}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 3 \cdot 10^6.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$N = \frac{q}{e} = \frac{8 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^7.$$

Электроны перешли в шерсть.

Одно и то же вещество при трении с различными веществами может получать заряд разного знака.

## **Урок 121/3. Закон Кулона**

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять устройство и принцип действия крутильных весов;

— формулировать границы применимости закона Кулона.

■ **Основной материал.** Измерение силы взаимодействия с помощью крутильных весов. Точечный заряд. Единица заряда. Закон Кулона. Сравнение электростатических и гравитационных сил.

■ **Демонстрации.** 1. Закон Кулона [1, опыт 5].  
2. Таблица «Закон Кулона».

■ **На дом.** § 79.

## **Урок 122/4. Решение задач**

**Вид деятельности учащихся:**

— решать задачи на расчет кулоновских сил различных систем зарядов.

*Решение задач типа:* № 1, 2, 4 к § 79.

■ **На дом.** Задачи № 3, 5 к § 79.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

Очевидно, электрон вокруг ядра не вращается, а обращается. При этом он обладает центростремительным ускорением, причина которого — наличие электромагнитного взаимодействия:

$$\left. \begin{aligned} a_{ц.с} &= \frac{F}{m} = \frac{ke^2}{r^2 \cdot m}, \\ a_{ц.с} &= \frac{v^2}{r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{v^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2 \cdot m};$$

$$v^2 = \frac{ke^2}{rm} \Rightarrow v = e \sqrt{\frac{k}{rm}} \text{ — линейная скорость электрона.}$$

$$v = 1,6 \cdot 10^{-19} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{5,3 \cdot 10^{-11} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,19 \cdot 10^{-6} \text{ (м/с).}$$

$v = \omega r$  — связь между угловой и линейной скоростями.

$$\omega = \frac{v}{r}; \omega = \frac{2,2 \cdot 10^6}{5,3 \cdot 10^{-11}} = 0,41 \cdot 10^{17} = 4,1 \cdot 10^{16} \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right).$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi r}{v} = \frac{6,28 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}{2,2 \cdot 10^6} = 15,12 \cdot 10^{-17} = \\ &= 1,51 \cdot 10^{-16} \text{ (с).} \end{aligned}$$

### Задача 5.

**Решение.**

$$F_{\text{гп}} = G \frac{m^2}{r^2}.$$

$$F_{\text{К}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}.$$

$$\frac{F_{\text{К}}}{F_{\text{гп}}} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 G m^2}.$$

$$q = 0,01 \cdot Q \Rightarrow q = \frac{1}{100} \cdot \frac{m}{M} N_{\text{А}} \cdot 10|e|.$$

$$Q = \frac{m}{M} \cdot N_{\text{А}} \cdot 10|e|.$$

$$\frac{F_{\text{К}}}{F_{\text{гр}}} = \frac{\frac{1}{100} \cdot \frac{m^2}{M^2} N_{\text{А}}^2 |e|^2}{4\pi\epsilon_0 G m^2}.$$

$$\frac{F_{\text{К}}}{F_{\text{гр}}} = \frac{\frac{1}{100} \cdot N_{\text{А}}^2 e^2}{4\pi\epsilon_0 G M^2};$$

$$\begin{aligned} \frac{F_{\text{К}}}{F_{\text{гр}}} &= \frac{\frac{1}{100} \cdot 36 \cdot 10^{46} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (18 \cdot 10^{-3})^2} = \\ &= 3,84 \cdot 10^{31}. \end{aligned}$$

## Урок 123/5. Равновесие статических зарядов

**Вид деятельности учащихся:**

— приводить примеры неустойчивости равновесия системы статических зарядов.

■ **Основной материал.** Равновесие статических зарядов. Неустойчивость равновесия статических зарядов.

*Решение задач типа:* № 1 к § 80.

■ **На дом.** § 80, задачи № 4, 5 к § 80.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

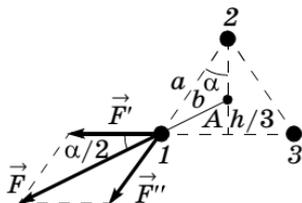
**Решение.**

В центр треугольника (а это — треть медианы (высоты) от стороны; на рисунке — точка А) должен быть помещен положительный заряд. Сила со стороны этого заряда скомпенсирует силу  $\vec{F}$ , которая, в свою очередь, является результатом действия на заряд 1 силы со стороны зарядов 2 и 3.

$$\text{По рисунку: } h = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \frac{a}{2} \sqrt{3};$$

$$\frac{h}{3} = \frac{a\sqrt{3}}{6} = \frac{a}{2\sqrt{3}};$$

$$\begin{aligned}
 b &= \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{h}{3}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{12}} = a \sqrt{\frac{3+1}{12}} = \\
 &= \frac{a}{\sqrt{3}}; \vec{F} = \vec{F}' + \vec{F}''
 \end{aligned}$$



$$2k \frac{q^2 \cos \alpha}{a^2} = k \frac{Qq}{b^2};$$

$$2 \frac{q \cdot \sqrt{3}}{a^2 \cdot 2} = \frac{Q \cdot 3}{a^2} \Rightarrow Q = \frac{q}{\sqrt{3}};$$

$$Q = \frac{10}{1,732} = 5,77 \text{ (мкКл).}$$

### Задача 5.

#### Решение.

Силы со стороны зарядов 2 и 4 равны.

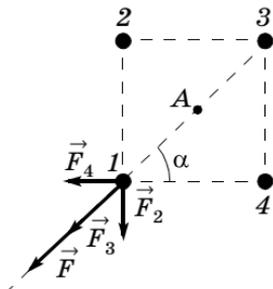
$$\begin{aligned}
 F_2 = F_4 &= k \frac{q^2}{a^2}, \text{ их сумма } F' = 2F_2 \cos \alpha = 2 \frac{kq^2}{a^2} \cos \alpha = \\
 &= \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2 \sqrt{2}}{a^2}.
 \end{aligned}$$

Сила со стороны зарядов 2, 3 и 4:

$$F = F' + F_3 = \frac{\sqrt{2}kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{d^2};$$

$$d = \sqrt{2}a; d^2 = 2a^2;$$

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\sqrt{2}kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} = \\
 &= \frac{kq^2}{2a^2} (2\sqrt{2} + 1).
 \end{aligned}$$



Для обеспечения условия равновесия эту силу должна скомпенсировать сила со стороны отрицательного заряда  $Q$ , помещенного в точку  $A$  на расстоянии  $\frac{d}{2}$  от точки  $1$ :

$$\frac{kq^2}{2a^2} (2\sqrt{2} + 1) = \frac{kqQ}{\left(\frac{d}{2}\right)^2}; \frac{q}{2a^2} (2\sqrt{2} + 1) = \frac{4Q}{2a^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = q \frac{2\sqrt{2} + 1}{4}.$$

## Урок 124/6. Напряженность электростатического поля

### Вид деятельности учащихся:

— объяснять характер электростатического поля разных конфигураций зарядов;

— анализировать асимптотику электростатических полей.

■ **Основной материал.** Источник электромагнитного поля. Силовая характеристика электростатического поля — напряженность. Формула для расчета напряженности электростатического поля и ее единица. Направление вектора напряженности.

*Решение задач типа:* № 1—4 к § 81.

■ **На дом.** § 81, задача № 5 к § 81.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся, что, зная напряженность поля в какой-либо точке пространства, можно найти силу, действующую на произвольный заряд, помещенный в эту точку.

В таблице 25 учебника приведен диапазон изменения напряженности электростатического поля.

Задачи к параграфу позволяют найти напряженность поля, созданную различными системами электрических зарядов.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

$$E_1 = \frac{F}{q};$$

$$E_1 = k \frac{Q}{r^2}, \text{ так как создано точечным зарядом.}$$

$$\frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2} \Rightarrow Q = \frac{Fr^2}{qk};$$

$$E_2 = k \frac{Q}{(r/2)^2} = \frac{4k}{r^2} \cdot \frac{Fr^2}{qk} = \frac{4F}{q};$$

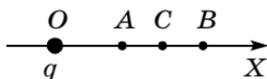
$$E_2 = \frac{4 \cdot 9}{2 \cdot 10^{-6}} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ (Н/Кл)}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$OA = r_1;$$

$$E_A = k \frac{q}{r_1^2} \Rightarrow r_1 = \sqrt{\frac{kq}{E_A}};$$



$$OC = r = r_1 + \frac{r_2 - r_1}{2} =$$

$$= \sqrt{\frac{kq}{E_A}} + \frac{\sqrt{kq}}{2} \cdot \frac{\sqrt{E_A} - \sqrt{E_B}}{\sqrt{E_A E_B}} = \sqrt{\frac{kq}{E_A}} \left( 1 + \frac{\sqrt{E_A} - \sqrt{E_B}}{2\sqrt{E_B}} \right);$$

$$E_C = \frac{kq}{r^2} = \frac{kq \cdot E_A}{kq \left( 1 + \frac{\sqrt{E_A} - \sqrt{E_B}}{2\sqrt{E_B}} \right)^2} =$$

$$= \frac{E_A}{\left( \frac{2\sqrt{E_B} + \sqrt{E_A} - \sqrt{E_B}}{2\sqrt{E_B}} \right)^2} = \frac{4E_A E_B}{(\sqrt{E_A} + \sqrt{E_B})^2};$$

$$E_C = \frac{4 \cdot 3,6 \cdot 1,6 \cdot 10}{(10^{-2}(6 + 4))^2} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ (Н/Кл)}.$$

## Урок 125/7. Линии напряженности электростатического поля

**Вид деятельности учащихся:**

— строить изображения полей точечных зарядов с помощью линий напряженности.

■ **Основной материал.** Графическое изображение электрического поля. Линии напряженности и их направление. Степень сгущения линий напряженности. Однородное электростатическое поле.

■ **Демонстрации.** 1. Силовые линии электростатического поля [1, опыт 6].

2. Таблица «Напряженность электростатического поля».

■ На дом. § 82.

## **Урок 126/8. Принцип суперпозиции электростатических полей**

**Вид деятельности учащихся:**

— использовать принцип суперпозиции для описания поля электрического диполя.

■ **Основной материал.** Напряженность поля системы зарядов. Принцип суперпозиции электростатических полей. Электрический диполь. Электростатическое поле диполя.

*Решение задач типа:* № 1 к § 83.

■ На дом. § 83 (до электростатического поля заряженной сферы).

## **Урок 127/9. Электростатическое поле заряженной сферы и заряженной плоскости**

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять напряженность поля, созданного заряженной сферой и плоскостью.

■ **Основной материал.** Напряженность электростатического поля, созданного заряженной сферой. Поверхностная плотность заряда. Напряженность поля, созданного бесконечной заряженной плоскостью. Самостоятельная работа № 8.

*Решение задач типа:* № 2 к § 83.

■ На дом. § 83, задача № 3 к § 83.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Учащимся следует напомнить, что внутри заряженной сферы электростатическое поле отсутствует, т. е. напря-

женность электростатического поля равна нулю. Напряженность поля вне равномерно заряженной сферы совпадает с напряженностью поля точечного заряда, равного заряду сферы и помещенного в центре сферы.

Напряженность поля, созданного бесконечной заряженной плоскостью, постоянна (одинакова на любом расстоянии от плоскости) и зависит лишь от поверхностной плотности заряда на плоскости. Плоскость можно считать бесконечной на расстоянии от нее значительно меньшем, чем линейный размер плоскости.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$E_1 = 0.$$

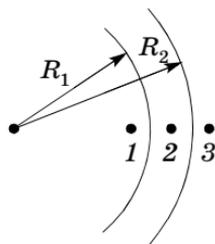
$$E_2 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}; E_2 = \frac{10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 10^4 \text{ (Н/Кл);}$$

$$E_3 = \frac{Q_2 - Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_3^2};$$

$$E_3 = \frac{-2 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 25 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= -7,2 \cdot 10^3 \text{ (Н/Кл).}$$



**Задача 5.**

**Решение.**

Направим ось  $X$  вправо (нуль отсчета на левой плоскости). Изобразим силовые линии для каждой из плоскостей.

Тогда в области I (слева от отрицательно заряженной плоскости):

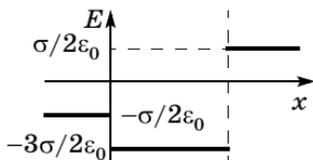
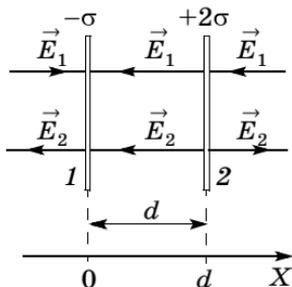
$$E_I = E_1 - E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{2\sigma}{2\epsilon_0} =$$

$$= -\frac{\sigma}{2\epsilon_0}.$$

В области II (между пластинами):

$$E_{II} = -E_1 - E_2 =$$

$$= -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{2\sigma}{2\epsilon_0} = -\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}.$$



В области III:

$$E_{\text{III}} = -E_1 + E_2 = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}.$$

На уроке следует провести самостоятельную работу № 8, рассчитанную на 10 минут.

### I вариант

1. Две заряженные частицы взаимодействуют друг с другом на некотором расстоянии. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между частицами, если их заряды увеличатся в 2 раза, а расстояние между ними уменьшится в 3 раза?

- А. В 4 раза.      В. В 16 раз.      Д. В 48 раз.  
 Б. В 9 раз.      Г. В 36 раз.

2. Два разноименных заряда  $Q$  и  $-q$  ( $|q| < Q$ ) закреплены на некотором расстоянии друг от друга (рис. 1). В какую точку надо поместить еще один отрицательный заряд, чтобы он находился в равновесии?

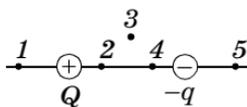


Рис. 1

- А. 1.    Б. 2.    В. 3.    Г. 4.    Д. 5.

3. Укажите направление вектора напряженности электростатического поля в точке  $A$  (рис. 2), созданного разноименными и равными по модулю зарядами  $q$  и  $-q$ .

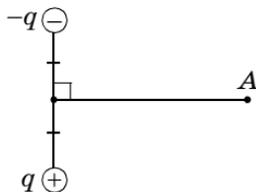


Рис. 2

- А. ↓    Б. →    В. ←    Г. ↑    Д. ↗

### II вариант

1. Две заряженные частицы взаимодействуют друг с другом на некотором расстоянии. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между частицами, если их заряды увеличатся в 3 раза, а расстояние между ними уменьшится в 2 раза?

- А. В 4 раза.      Г. В 36 раз.  
 Б. В 9 раз.      Д. В 48 раз.  
 В. В 16 раз.

2. Два положительных заряда  $q_1$  и  $q_2$  ( $q_2 > q_1$ ) закреплены на некотором расстоянии друг от друга (рис. 1). В какую точку надо поместить третий положительный заряд, чтобы он находился в равновесии?

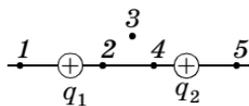


Рис. 1

- А. 1.    Б. 2.    В. 3.    Г. 4.    Д. 5.

3. Укажите направление вектора напряженности электростатического поля в точке  $A$  (рис. 2), созданного двумя отрицательными и равными по модулю зарядами  $-q$ .

А.  $\downarrow$     Б.  $\rightarrow$     В.  $\leftarrow$     Г.  $\uparrow$     Д.  $\nearrow$

Ответы. *I вариант:* 1. Г. 2. Д. 3. Г.

*II вариант:* 1. Г. 2. Б. 3. В.

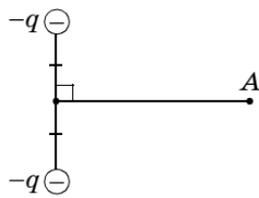


Рис. 2

## Урок 128/10. Подготовка к контрольной работе

**Вид деятельности учащихся:**

— использовать принцип суперпозиции при анализе электростатического поля, созданного системой зарядов;

— решать задачи на расчет характеристик электростатических полей.

*Решение задач типа:*

1. № 4 к § 83.

2. № 2, 3 к § 80.

■ На дом. Задача № 5 к § 83.

## Урок 129/11. Контрольная работа № 10 «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (14 ч)

## Урок 130/1. Работа сил электростатического поля

**Вид деятельности учащихся:**

— сравнивать траектории движения заряда в электростатическом поле и тела в гравитационном поле;

— применять формулу для расчета потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов при решении задач.

■ **Основной материал.** Аналогия движения частиц в электростатическом и гравитационном полях. Потенциальность электростатического поля. Формула для расчета потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 84.

■ **Демонстрации.** Таблица «Потенциал электростатического поля».

■ **На дом.** § 84, задачи № 3—5 к § 84.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что силы электростатического взаимодействия зависят от расстояния между заряженными телами ( $\sim 1/r^2$ ) и направлены по прямой, соединяющей тела. Поэтому работа сил электростатического поля при перемещении заряженной частицы из одной точки в другую не зависит от формы траектории, а зависит лишь от начального и конечного положений частицы. Работа электростатической силы (как и любой потенциальной силы) равна разности потенциальной энергии заряженной частицы в ее начальном и конечном положениях.

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r} \text{ — энергия поля зарядов } Q \text{ и } q;$$

$$W_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r};$$

$$W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{3r} = \frac{W_1}{3};$$

$$W_2 = \frac{W_1}{3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Дж};$$

$A = W_1 - W_2$ ,  $A > 0$  — работа, совершенная полем.

Энергия системы уменьшилась, т. е. была совершена работа

$$A = W_1 - W_2 = (6 - 2) \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$A = W_1 - W_2;$$

$$A = k \frac{qQ}{r_1} - k \frac{qQ}{r_2};$$

$$A = kqQ \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}; Q = \frac{A}{kq} \cdot \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1};$$

$$Q = \frac{0,4}{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{45 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)} = \\ = 5 \text{ мкКл}.$$

## Урок 131/2. Потенциал электростатического поля

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере потенциала электростатического поля;

— вычислять потенциал электростатического поля одного и нескольких точечных зарядов.

■ **Основной материал.** Энергетическая характеристика поля — потенциал. Единица потенциала. Формула для расчета потенциала электростатического поля, созданного точечным зарядом. Эквипотенциальная поверхность.

■ **Демонстрации.** Измерение разности потенциалов. Эквипотенциальные поверхности [1, опыт 8].

■ **На дом.** § 85 (до разности потенциалов), задача № 1 к § 85.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что существует две характеристики электростатического поля:

силовая — напряженность и энергетическая — потенциал. Потенциал электростатического поля в данной точке — скалярная физическая величина.

При удалении от положительного заряда потенциал уменьшается, а при удалении от отрицательного заряда потенциал возрастает. Линии напряженности электростатического поля перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены в сторону убывания потенциала.

## Урок 132/3. Разность потенциалов.

### Измерение разности потенциалов

**Вид деятельности учащихся:**

- наблюдать изменение разности потенциалов;
- рассчитывать напряжение по известной напряженности электрического поля и наоборот.

■ **Основной материал.** Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда. Разность потенциалов (напряжение). Формула, связывающая напряжение и напряженность. Измерение разности потенциалов.

*Решение задач типа:* № 2, 3 к § 85.

■ **Демонстрации.** Измерение разности потенциалов. Эквипотенциальные поверхности [1, опыт 8].

■ **На дом.** § 85, задачи № 4, 5 к § 85.

## Урок 133/4. Электрическое поле в веществе

**Вид деятельности учащихся:**

- объяснять деление веществ на проводники, диэлектрики и полупроводники различием строения их атомов.

■ **Основной материал.** Подвижность заряженных частиц. Свободные и связанные заряды. Проводники, диэлектрики, полупроводники. Различие строения атомов этих веществ.

■ **На дом.** § 86.

## Урок 134/5. Диэлектрики в электростатическом поле

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять явление поляризации полярных и неполярных диэлектриков.

■ **Основной материал.** Виды диэлектриков: полярные и неполярные. Пространственное перераспределение зарядов в диэлектрике под действием электростатического поля. Поляризация диэлектрика. Относительная диэлектрическая проницаемость среды.

■ **Демонстрации.** Таблица «Проводники и диэлектрики в электростатическом поле».

■ **На дом.** § 87.

## Урок 135/6. Решение задач

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

*Решение задач типа:* № 1—4 к § 87.

■ **На дом.** Задача № 5 к § 87.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$\left. \begin{aligned} F &= QE, \\ \sigma &= \frac{Q}{S}; E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \frac{Q^2}{\varepsilon\varepsilon_0 S};$$

$$F = \frac{10^{-12}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 25 \cdot 10^{-4}} = \frac{100}{8,85} = 11,3 \text{ (Н)}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

При равновесии в воздухе:

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_K = 0;$$

$$Y: mg = T \cos \alpha;$$

$$X: F_K = T \sin \alpha;$$

в керосине:

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_K + \vec{F}_A = 0;$$

$$mg = F_A + T' \cos \alpha;$$

$$F'_K = T' \sin \alpha.$$

$$1) F_K = T \sin \alpha;$$

$$\frac{F_K}{\varepsilon} = T' \sin \alpha; \quad \frac{T'}{T} = \frac{1}{\varepsilon}.$$

$$2) T \cos \alpha = mg;$$

$$T' \cos \alpha = mg - F_A; \quad \frac{T'}{\varepsilon} \cos \alpha = mg - F_A;$$

$$T \cos \alpha = (mg - F_A) \cdot \varepsilon; \quad mg = (mg - F_A) \cdot \varepsilon;$$

$$\rho_1 V g = \varepsilon \rho_1 V g - \varepsilon \rho_2 V g; \quad \varepsilon \rho_2 = \varepsilon \rho_1 - \rho_1;$$

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}; \quad \rho_1 = 0,8 \cdot \frac{2}{1} = 1,6 \text{ (г/см}^3\text{)} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

В конце урока следует провести самостоятельную работу № 9, рассчитанную на 10 минут.

### I вариант

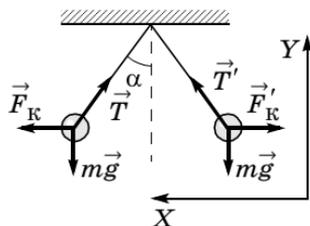
1. Металлическому шару сообщается положительный заряд, который распределится:

- А. равномерно внутри шара.
- Б. равномерно по поверхности шара.
- В. в центре шара.
- Г. в центре шара и на поверхности.
- Д. по всему шару.

2. Два одинаковых металлических шара, имеющих заряды  $-Q$  и  $5Q$ , приводят в соприкосновение. В результате на каждом шаре оказывается заряд:

- А.  $Q$ .
- Б.  $2Q$ .
- В.  $3Q$ .
- Г.  $4Q$ .
- Д.  $5Q$ .

3. Отношение напряженностей электростатического поля, созданного точечным зарядом в точках 1 и 2, равно  $E_2/E_1 = 4$ . Найдите отношение потенциалов  $\varphi_2/\varphi_1$  в этих



точках, принимая за нуль отсчета потенциала бесконечно удаленную точку.

- А. 8.                      Г.  $\frac{1}{2}$ .  
Б. 4.  
В. 2.                      Д.  $\frac{1}{4}$ .

### ***II вариант***

1. Металлическому шару сообщается отрицательный заряд, который распределится:

- А. равномерно внутри шара.  
Б. в центре шара.  
В. равномерно по поверхности шара.  
Г. в центре шара и на поверхности.  
Д. по всему шару.

2. Два одинаковых металлических шара, имеющих заряды  $Q$  и  $-7Q$ , приводят в соприкосновение. В результате на каждом шаре оказывается заряд:

- А.  $-6Q$ .                      Г.  $3Q$ .  
Б.  $-4Q$ .                      Д.  $6Q$ .  
В.  $-3Q$ .

3. По тонкому кольцу радиусом  $R = 3$  см равномерно распределен заряд  $Q = 2$  нКл. Найдите потенциал в центре кольца, принимая за нуль отсчета потенциала бесконечно удаленную точку.

- А. 200 В.                      В. 600 В.                      Д. 1000 В.  
Б. 400 В.                      Г. 800 В.

Ответы. ***I вариант***: 1. Б. 2. Б. 3. В.

***II вариант***: 1. В. 2. В. 3. В.

## **Урок 136/7. Проводники в электростатическом поле**

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять явление электризации тел через влияние;

— анализировать распределение зарядов в металлических проводниках;

— приводить примеры электростатической защиты.

■ **Основной материал.** Распределение зарядов в металлическом проводнике. Электростатическая индукция. Электростатическая защита. Условия равно-

весия зарядов. Распределение зарядов на проводящих сферах.

*Решение задач типа: № 1—3 к § 89.*

■ **Демонстрации.** 1. Распределение зарядов по поверхности проводника. Электрический ветер [1, опыт 3].

2. Таблица «Проводники и диэлектрики в электростатическом поле».

3. Экранирующее действие проводников [1, опыт 7].

■ **На дом.** § 88, 89.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на две особенности распределения зарядов по поверхности проводника.

Чем больше радиус сферы, тем больший заряд можно разместить на сфере.

Чем меньше радиус кривизны поверхности, тем больше напряженность поля вблизи нее. Вблизи острия металлического заряженного тела напряженность поля наибольшая.

### Урок 137/8. Электроемкость уединенного проводника

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере емкости уединенного проводника.

■ **Основной материал.** Гидростатическая аналогия. Электрическая емкость уединенного проводника. Единица электроемкости. Электроемкость сферы и ее характеристика.

■ **На дом.** § 90, задачи № 4, 5 к § 89.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что характеристикой электроемкости сферы является ее радиус.

Например, электроемкостью 1 Ф обладает сфера радиусом 9 млн км. Этот радиус в 13 раз превышает радиус Солнца. Электроемкость земного шара достаточно велика и составляет 0,7 мФ. Поэтому при соединении заряженных тел проводником с Землей, т. е. при заземлении, практически весь заряд тела переходит на Землю.

## Урок 138/9. Электроемкость конденсатора

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать зависимость электрической емкости плоского конденсатора от площади пластин, расстояния между ними и рода вещества.

■ **Основной материал.** Способ увеличения электроемкости проводника. Конденсатор. Электрическая емкость конденсатора. Электроемкость плоского конденсатора.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 91.

■ **Демонстрации.** 1. Электроемкость плоского конденсатора [1, опыт 10].

2. Таблица «Конденсаторы».

3. Устройство и действие конденсаторов постоянной и переменной емкости [1, опыт 11].

■ **На дом.** § 91, задачи № 3, 4 к § 91.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

Разность потенциалов между пластинами

$$U = Ed, \quad (1)$$

где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора.

Емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{S\epsilon_0}{d} \Rightarrow d = \frac{S\epsilon_0}{C}.$$

Подставляя  $d$  в формулу (1), получаем

$$U = E \frac{S\epsilon_0}{C};$$

$$U = 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{10^{-4} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{12 \cdot 10^{-12}} = 220 \text{ (В)}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Емкость конденсатора

$$C = \frac{Q}{U}. \quad (1)$$

Поверхностная плотность заряда

$$\sigma = \frac{Q}{S}.$$

Разность потенциалов на конденсаторе

$$U = U_1 + U_2. \quad (2)$$

$$U_1 = E_1 d_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_1 \varepsilon_0} d_1 = \frac{Q}{S \varepsilon_1 \varepsilon_0} d_1;$$

$$U_2 = E_2 d_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_2 \varepsilon_0} d_2 = \frac{Q}{S \varepsilon_2 \varepsilon_0} d_2.$$

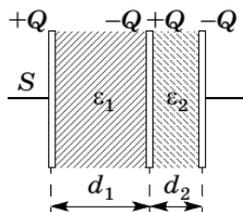
Подставляя  $U_1$  и  $U_2$  в формулу (2), получаем:

$$U = \frac{Q}{S \varepsilon_0} \left( \frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right).$$

Тогда

$$C = \frac{S \varepsilon_0}{\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2}};$$

$$C = \frac{1,25 \cdot 10^{-4} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{\left( \frac{7}{7} + \frac{4}{2} \right) \cdot 10^{-4}} = 3,7 \cdot 10^{-12} \text{ (Ф)} = 3,7 \text{ пФ}.$$



## Урок 139/10. Лабораторная работа № 9 «Измерение емкости конденсатора»

Вид деятельности учащихся:

- объяснять устройство плоского конденсатора;
- рассчитывать емкость конденсатора;
- измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ На дом. § 91, задача № 5 к § 91.

## Урок 140/11. Соединения конденсаторов

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять электроемкость последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

■ **Основной материал.** Электроемкость последовательного соединения конденсаторов. Электроемкость параллельного соединения конденсаторов.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 92.

■ **На дом.** § 92, задачи № 4, 5 к § 92.

## Урок 141/12. Энергия электростатического поля

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять энергию электростатического поля заряженного конденсатора.

■ **Основной материал.** Потенциальная энергия пластины конденсатора. Вывод формулы потенциальной энергии электростатического поля плоского конденсатора.

■ **Демонстрации.** 1. Таблица «Энергия электростатического поля».

2. Энергия заряженного конденсатора [1, опыт 3].

■ **На дом.** § 93 (до объемной плотности энергии электростатического поля), задачи № 1, 2 к § 93.

## Урок 142/13. Объемная плотность энергии электростатического поля

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять объемную плотность энергии электростатического поля.

■ **Основной материал.** Объемная плотность энергии электростатического поля и ее единица.

*Решение задач типа:* № 3, 4 к § 93.

■ На дом. § 93, задача № 5 к § 93.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что при значительных плотностях энергии электростатического поля (40—50 Дж/м<sup>3</sup>) возникают атмосферные разряды.

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

$$C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} = C;$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{C}{\varepsilon}.$$

Находим изменение емкости

$$\Delta C = C_2 - C_1 = \frac{C}{\varepsilon} - C = \frac{C(1-\varepsilon)}{\varepsilon}.$$

Определяем изменение энергии для двух случаев.

1) Если конденсатор отключен от источника, то  $q = \text{const}$ .

$$W_1 = \frac{q^2}{2C}; W_2 = \frac{q^2}{2\frac{C}{\varepsilon}} = \varepsilon \frac{q^2}{2C};$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{q^2}{2C}(\varepsilon - 1).$$

2) Если конденсатор подключен к источнику, то  $U = \text{const}$ .

$$W_1 = \frac{q^2}{2C}; W_2 = \frac{C_2 U^2}{2}; U = \frac{q}{C},$$

$$\text{т. е. } W_2 = \frac{C_2 q^2}{2C^2} = \frac{C \cdot q^2}{\varepsilon \cdot 2 \cdot C^2} = \frac{q^2}{2\varepsilon C}.$$

$$\Delta W = \frac{q^2}{2\varepsilon C} - \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) = \frac{q^2}{2C} \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

$$w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2};$$

$$w = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{12}}{2} = 39,8 \text{ (Дж/м}^3\text{)}.$$

## **Урок 143/14. Контрольная работа № 11 «Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

### **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (20 ч)**

#### **Уроки 144—163**

Выполняются работы<sup>1</sup>:

1. Измерение средней и мгновенной скоростей тела при прямолинейном равноускоренном движении [3, с. 200]<sup>2</sup>.

2. Измерение ускорения тела при прямолинейном равноускоренном движении [3, с. 203].

3. Измерение ускорения тела при действии сил упругости и трения [3, с. 233].

4. Измерение работы сил тяжести, упругости, трения скольжения [3, с. 243—245].

5. Измерение периода колебаний тела на пружине [3, с. 254].

6. Нахождение центра тяжести плоских пластин [3, с. 218].

7. Изучение равновесия тела при действии нескольких сил [3, с. 234].

8. Изучение изобарного процесса в газе [3, с. 268].

---

<sup>1</sup> Каждая работа рассчитана на 2 часа.

<sup>2</sup> Значком [3] обозначена книга: Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7—11 классах общеобразовательных учреждений: кн. для учителя / под ред. В. А. Бурова, Г. Г. Никифорова. — М.: Просвещение, 1996.

9. Измерение изменения внутренней энергии тела при совершении работы [3, с. 281].

10. Измерение модуля упругости резины [3, с. 277].

**Резерв времени (12 ч)**

---

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Тематическое и поурочное  
планирование изучения  
учебного материала  
(105 ч, 3 ч в неделю)

### **Введение (2 ч)**

**Физика в познании вещества, поля, пространства  
и времени (2 ч)**

**Урок 1/1.** Эксперимент. Закон. Теория. Физиче-  
ские модели (§ 1—4).

**Урок 2/2.** Идея атомизма. Фундаментальные взаи-  
модействия (§ 5, 6).

### **Механика (45 ч)**

**Кинематика материальной точки (15 ч)**

**Урок 3/1.** Траектория. Закон движения (§ 7).

**Урок 4/2.** Перемещение. Путь (§ 8).

**Урок 5/3.** Средняя, мгновенная и относительная  
скорость движения тел (§ 9).

**Урок 6/4.** Равномерное прямолинейное движение  
(§ 10).

**Урок 7/5.** Ускорение (§ 11).

**Урок 8/6.** Прямолинейное движение с постоянным  
ускорением (§ 12).

**Урок 9/7.** Свободное падение тел (§ 13).

**Урок 10/8.** Лабораторная работа № 1 *«Измерение  
ускорения свободного падения»*.

**Урок 11/9.** Свободное падение без начальной ско-  
рости (§ 14).

**Урок 12/10.** Одномерное движение в поле тяжести при наличии начальной скорости (§ 14).

**Урок 13/11.** Траектория движения тела в поле тяжести (§ 15).

**Урок 14/12.** Скорость при баллистическом движении (§ 15).

**Урок 15/13.** Кинематика вращательного движения (§ 16).

**Урок 16/14.** Кинематика колебательного движения (§ 16).

**Урок 17/15.** Контрольная работа № 1 «Кинематика материальной точки».

### **Динамика материальной точки (9 ч)**

**Урок 18/1.** Принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона (§ 17, 18).

**Урок 19/2.** Второй закон Ньютона (§ 19).

**Урок 20/3.** Третий закон Ньютона (§ 20).

**Урок 21/4.** Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести (§ 21, 22).

**Урок 22/5.** Сила упругости. Вес тела (§ 23).

**Урок 23/6.** Сила трения (§ 24).

**Урок 24/7.** Применение законов Ньютона (§ 25).

**Урок 25/8.** Лабораторная работа № 2 «Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости».

**Урок 26/9.** Контрольная работа № 2 «Динамика материальной точки».

### **Законы сохранения (9 ч)**

**Урок 27/1.** Импульс материальной точки (§ 26).

**Урок 28/2.** Закон сохранения импульса (§ 27).

**Урок 29/3.** Работа силы (§ 28).

**Урок 30/4.** Потенциальная энергия (§ 29).

**Урок 31/5.** Потенциальная энергия при гравитационном и упругом взаимодействиях (§ 30).

**Урок 32/6.** Кинетическая энергия (§ 31).

**Урок 33/7.** Мощность (§ 32).

**Урок 34/8.** Закон сохранения механической энергии (§ 33).

**Урок 35/9.** Абсолютно неупругое и абсолютно упругое столкновения (§ 34).

### **Динамика периодического движения (6 ч)**

**Урок 36/1.** Законы механики и движение небесных тел (§ 35).

**Урок 37/2.** Лабораторная работа № 3 «Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости».

**Урок 38/3.** Динамика свободных колебаний (§ 36).

**Урок 39/4.** Колебательная система под действием внешних сил, не зависящих от времени (§ 37).

**Урок 40/5.** Вынужденные колебания. Резонанс (§ 38).

**Урок 41/6.** Контрольная работа № 3 «Законы сохранения».

### **Релятивистская механика (6 ч)**

**Урок 42/1.** Постулаты специальной теории относительности (§ 42).

**Урок 43/2.** Относительность времени (§ 43).

**Урок 44/3.** Замедление времени (§ 44).

**Урок 45/4.** Релятивистский закон сложения скоростей (§ 45).

**Урок 46/5.** Взаимосвязь энергии и массы (§ 46).

**Урок 47/6.** Контрольная работа № 4 «Релятивистская механика».

### **Молекулярная физика (36 ч)**

#### **Молекулярная структура вещества (3 ч)**

**Урок 48/1.** Масса атомов. Молярная масса (§ 47).

**Урок 49/2.** Агрегатные состояния вещества: твердое тело, жидкость (§ 48).

**Урок 50/3.** Агрегатные состояния вещества: газ, плазма (§ 48).

## **Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (9 ч)**

- Урок 51/1.** Распределение молекул идеального газа в пространстве (§ 49).
- Урок 52/2.** Распределение молекул идеального газа по скоростям (§ 50).
- Урок 53/3.** Температура (§ 51).
- Урок 54/4.** Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (§ 52).
- Урок 55/5.** Уравнение Клапейрона—Менделеева (§ 53).
- Урок 56/6.** Изотермический и изобарный процессы (§ 54).
- Урок 57/7.** Лабораторная работа № 4 *«Изучение изотермического процесса в газе»*.
- Урок 58/8.** Изохорный процесс (§ 54).
- Урок 59/9.** Контрольная работа № 5 *«Молекулярная физика»*.

## **Термодинамика (7 ч)**

- Урок 60/1.** Внутренняя энергия (§ 55).
- Урок 61/2.** Работа газа при изопроцессах (§ 56).
- Урок 62/3.** Первый закон термодинамики (§ 57).
- Урок 63/4.** Адиабатный процесс (§ 58).
- Урок 64/5.** Тепловые двигатели (§ 59).
- Урок 65/6.** Второй закон термодинамики (§ 60).
- Урок 66/7.** Контрольная работа № 6 *«Термодинамика»*.

## **Жидкость и пар (6 ч)**

- Урок 67/1.** Фазовый переход пар—жидкость (§ 61).
- Урок 68/2.** Испарение. Конденсация (§ 62).
- Урок 69/3.** Давление насыщенного пара. Влажность воздуха (§ 63).
- Урок 70/4.** Кипение жидкости (§ 64).
- Урок 71/5.** Поверхностное натяжение (§ 65).
- Урок 72/6.** Смачивание, капиллярность (§ 66).

### **Твердое тело (5 ч)**

**Урок 73/1.** Кристаллизация и плавление твердых тел (§ 67).

**Урок 74/2.** Лабораторная работа № 5 «Измерение удельной теплоемкости вещества».

**Урок 75/3.** Структура твердых тел (§ 68).

**Урок 76/4.** Механические свойства твердых тел (§ 70).

**Урок 77/5.** Контрольная работа № 7 «Агрегатные состояния вещества».

### **Механические волны. Акустика (6 ч)**

**Урок 78/1.** Распространение волн в упругой среде (§ 71).

**Урок 79/2.** Периодические волны (§ 72).

**Урок 80/3.** Стоячие волны (§ 73).

**Урок 81/4.** Звуковые волны (§ 74).

**Урок 82/5.** Высота звука. Эффект Доплера. Тембр, громкость звука (§ 75, 76).

**Урок 83/6.** Контрольная работа № 8 «Механические волны. Акустика».

### **Электростатика (16 ч)**

#### **Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (7 ч)**

**Урок 84/1.** Электрический заряд. Квантование заряда (§ 77).

**Урок 85/2.** Электризация тел. Закон сохранения заряда (§ 78).

**Урок 86/3.** Закон Кулона (§ 79).

**Урок 87/4.** Напряженность электростатического поля (§ 81).

**Урок 88/5.** Линии напряженности электростатического поля (§ 82).

**Урок 89/6.** Принцип суперпозиции электростатических полей (§ 83).

**Урок 90/7.** Контрольная работа № 9 «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов».

## **Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (9 ч)**

**Урок 91/1.** Работа сил электростатического поля (§ 84).

**Урок 92/2.** Потенциал электростатического поля (§ 85).

**Урок 93/3.** Электростатическое поле в веществе (§ 86).

**Урок 94/4.** Диэлектрики в электростатическом поле (§ 87).

**Урок 95/5.** Проводники в электростатическом поле (§ 88).

**Урок 96/6.** Электроемкость уединенного проводника (§ 90).

**Урок 97/7.** Электроемкость конденсатора (§ 91).

**Урок 98/8.** Энергия электростатического поля (§ 93).

**Урок 99/9.** Контрольная работа № 10 *«Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов».*

**Резерв времени (6 ч)**

Тематическое и поурочное  
планирование изучения  
учебного материала  
(140 ч, 4 ч в неделю)

**Введение (3 ч)**

**Физика в познании вещества, поля, пространства  
и времени (3 ч)**

Урок 1/1. Что изучает физика (§ 1—3).

Урок 2/2. Физические модели. Идея атомизма  
(§ 4, 5).

Урок 3/3. Фундаментальные взаимодействия (§ 6).

**Механика (60 ч)**

**Кинематика материальной точки (22 ч)**

Урок 4/1. Траектория (§ 7).

Урок 5/2. Закон движения (§ 7).

Урок 6/3. Перемещение (§ 8).

Урок 7/4. Путь и перемещение (§ 8).

Урок 8/5. Скорость (§ 9).

Урок 9/6. Мгновенная скорость (§ 9).

Урок 10/7. Относительная скорость движения тел  
(§ 9).

Урок 11/8. Равномерное прямолинейное движение  
(§ 10).

Урок 12/9. График равномерного прямолинейного  
движения (§ 10).

Урок 13/10. Ускорение (§ 11).

Урок 14/11. Прямолинейное движение с постоян-  
ным ускорением (§ 12).

Урок 15/12. Равнопеременное прямолинейное дви-  
жение (§ 12).

Урок 16/13. Свободное падение тел (§ 13).

Урок 17/14. Лабораторная работа № 1 «Измерение  
ускорения свободного падения».

Урок 18/15. Графическое представление равнопе-  
ременного движения (§ 14).

**Урок 19/16.** Одномерное движение в поле тяжести при наличии начальной скорости (§ 14).

**Урок 20/17.** Решение задач (§ 14).

**Урок 21/18.** Баллистическое движение (§ 15).

**Урок 22/19.** Баллистическое движение в атмосфере (§ 15).

**Урок 23/20.** Кинематика периодического движения (§ 16).

**Урок 24/21.** Колебательное движение материальной точки (§ 16).

**Урок 25/22.** Контрольная работа № 1 «Кинематика материальной точки».

### **Динамика материальной точки (12 ч)**

**Урок 26/1.** Принцип относительности Галилея (§ 17).

**Урок 27/2.** Первый закон Ньютона (§ 18).

**Урок 28/3.** Второй закон Ньютона (§ 19).

**Урок 29/4.** Третий закон Ньютона (§ 20).

**Урок 30/5.** Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения (§ 21).

**Урок 31/6.** Сила тяжести (§ 22).

**Урок 32/7.** Сила упругости. Вес тела (§ 23).

**Урок 33/8.** Сила трения (§ 24).

**Урок 34/9.** Лабораторная работа № 2 «Измерение коэффициента трения скольжения».

**Урок 35/10.** Применение законов Ньютона (§ 25).

**Урок 36/11.** Лабораторная работа № 3 «Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости».

**Урок 37/12.** Контрольная работа № 2 «Динамика материальной точки».

### **Законы сохранения (13 ч)**

**Урок 38/1.** Импульс материальной точки (§ 26).

**Урок 39/2.** Закон сохранения импульса (§ 27).

**Урок 40/3.** Решение задач (§ 27).

**Урок 41/4.** Работа силы (§ 28).

- Урок 42/5.** Решение задач (§ 28).  
**Урок 43/6.** Потенциальная энергия (§ 29, 30).  
**Урок 44/7.** Кинетическая энергия (§ 31).  
**Урок 45/8.** Решение задач (§ 31).  
**Урок 46/9.** Мощность (§ 32).  
**Урок 47/10.** Закон сохранения механической энергии (§ 33).  
**Урок 48/11.** Решение задач (§ 33).  
**Урок 49/12.** Абсолютно неупругое столкновение (§ 34).  
**Урок 50/13.** Абсолютно упругое столкновение (§ 34).

#### **Динамика периодического движения (7 ч)**

- Урок 51/1.** Законы механики и движение небесных тел (§ 35).  
**Урок 52/2.** Лабораторная работа № 4 *«Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости»*.  
**Урок 53/3.** Динамика свободных колебаний (§ 36).  
**Урок 54/4.** Колебательная система под действием внешних сил, не зависящих от времени (§ 37).  
**Урок 55/5.** Вынужденные колебания (§ 38).  
**Урок 56/6.** Резонанс (§ 38).  
**Урок 57/7.** Контрольная работа № 3 *«Законы сохранения»*.

#### **Релятивистская механика (6 ч)**

- Урок 58/1.** Постулаты специальной теории относительности (§ 42).  
**Урок 59/2.** Относительность времени (§ 43).  
**Урок 60/3.** Замедление времени (§ 44).  
**Урок 61/4.** Релятивистский закон сложения скоростей (§ 45).  
**Урок 62/5.** Взаимосвязь энергии и массы (§ 46).  
**Урок 63/6.** Контрольная работа № 4 *«Релятивистская механика»*.

#### **Молекулярная физика (45 ч)**

##### **Молекулярная структура вещества (4 ч)**

- Урок 64/1.** Строение атома (§ 47).  
**Урок 65/2.** Масса атомов. Молярная масса (§ 47).

**Урок 66/3.** Агрегатные состояния вещества: твердое тело, жидкость (§ 48).

**Урок 67/4.** Агрегатные состояния вещества: газ, плазма (§ 48).

### **Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (13 ч)**

**Урок 68/1.** Распределение молекул идеального газа в пространстве (§ 49).

**Урок 69/2.** Распределение молекул идеального газа в пространстве (§ 49).

**Урок 70/3.** Распределение молекул идеального газа по скоростям (§ 50).

**Урок 71/4.** Решение задач (§ 50).

**Урок 72/5.** Температура (§ 51).

**Урок 73/6.** Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (§ 52).

**Урок 74/7.** Решение задач (§ 52).

**Урок 75/8.** Уравнение Клапейрона—Менделеева (§ 53).

**Урок 76/9.** Уравнение Клапейрона—Менделеева (§ 53).

**Урок 77/10.** Изотермический процесс (§ 54). Лабораторная работа № 5 «*Изучение изотермического процесса в газе*».

**Урок 78/11.** Изобарный процесс (§ 54).

**Урок 79/12.** Изохорный процесс (§ 54).

**Урок 80/13.** Контрольная работа № 5 «*Молекулярная физика*».

### **Термодинамика (10 ч)**

**Урок 81/1.** Внутренняя энергия (§ 55).

**Урок 82/2.** Внутренняя энергия (§ 55).

**Урок 83/3.** Работа газа при расширении и сжатии (§ 56).

**Урок 84/4.** Работа газа при изопроцессах (§ 56).

**Урок 85/5.** Первый закон термодинамики (§ 57).

**Урок 86/6.** Применение первого закона термодинамики для изопроцессов (§ 57).

- Урок 87/7.** Адиабатный процесс (§ 58).  
**Урок 88/8.** Тепловые двигатели (§ 59).  
**Урок 89/9.** Второй закон термодинамики (§ 60).  
**Урок 90/10.** Контрольная работа № 6 «*Термодинамика*».

### **Жидкость и пар (6 ч)**

- Урок 91/1.** Фазовый переход пар—жидкость (§ 61).  
**Урок 92/2.** Испарение. Конденсация (§ 62).  
**Урок 93/3.** Давление насыщенного пара. Влажность воздуха (§ 63).  
**Урок 94/4.** Кипение жидкости (§ 64).  
**Урок 95/5.** Поверхностное натяжение (§ 65).  
**Урок 96/6.** Смачивание. Капиллярность (§ 66).

### **Твердое тело (5 ч)**

- Урок 97/1.** Кристаллизация и плавление твердых тел (§ 67).  
**Урок 98/2.** Лабораторная работа № 6 «*Измерение удельной теплоемкости вещества*».  
**Урок 99/3.** Структура твердых тел (§ 68).  
**Урок 100/4.** Механические свойства твердых тел (§ 70).  
**Урок 101/5.** Контрольная работа № 7 «*Агрегатные состояния вещества*».

### **Механические волны. Акустика (7 ч)**

- Урок 102/1.** Распространение волн в упругой среде (§ 71).  
**Урок 103/2.** Отражение волн (§ 71).  
**Урок 104/3.** Периодические волны (§ 72).  
**Урок 105/4.** Стоячие волны (§ 73).  
**Урок 106/5.** Звуковые волны (§ 74).  
**Урок 107/6.** Высота звука. Эффект Доплера. Тембр, громкость звука (§ 75, 76).  
**Урок 108/7.** Контрольная работа № 8 «*Механические волны. Акустика*».

## **Электростатика (22 ч)**

### **Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (10 ч)**

- Урок 109/1.** Электрический заряд. Квантование заряда (§ 77).
- Урок 110/2.** Электризация тел. Закон сохранения заряда (§ 78).
- Урок 111/3.** Закон Кулона (§ 79).
- Урок 112/4.** Решение задач (§ 79).
- Урок 113/5.** Напряженность электростатического поля (§ 81).
- Урок 114/6.** Линии напряженности электростатического поля (§ 82).
- Урок 115/7.** Принцип суперпозиции электростатических полей (§ 83).
- Урок 116/8.** Электростатическое поле заряженной сферы и заряженной плоскости (§ 83).
- Урок 117/9.** Подготовка к контрольной работе.
- Урок 118/10.** Контрольная работа № 9 «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов».

### **Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (12 ч)**

- Урок 119/1.** Работа сил электростатического поля (§ 84).
- Урок 120/2.** Потенциал электростатического поля (§ 85).
- Урок 121/3.** Разность потенциалов. Измерение разности потенциалов (§ 85).
- Урок 122/4.** Электрическое поле в веществе (§ 86).
- Урок 123/5.** Диэлектрики в электростатическом поле (§ 87).
- Урок 124/6.** Решение задач (§ 87).
- Урок 125/7.** Проводники в электростатическом поле (§ 88).

**Урок 126/8.** Электроемкость уединенного проводника (§ 90).

**Урок 127/9.** Электроемкость конденсатора (§ 91).

**Урок 128/10.** Энергия электростатического поля (§ 93).

**Урок 129/11.** Объемная плотность энергии электростатического поля (§ 93).

**Урок 130/12.** Контрольная работа № 10 *«Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»*.

**Резерв времени (10 ч)**

---

# Содержание

Предисловие . . . . .	3
<b>Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>Поурочное планирование учебного материала . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>43</b>
Физика в познании вещества, поля, пространства и времени . . . . .	43
<b>Механика . . . . .</b>	<b>46</b>
Кинематика материальной точки . . . . .	46
Динамика материальной точки . . . . .	66
Законы сохранения . . . . .	81
Динамика периодического движения . . . . .	96
Статика . . . . .	104
Релятивистская механика . . . . .	105
<b>Молекулярная физика . . . . .</b>	<b>109</b>
Молекулярная структура вещества . . . . .	109
Молекулярно-кинетическая теория идеального газа . . . . .	112
Термодинамика . . . . .	124
<b>Жидкость и пар . . . . .</b>	<b>134</b>
Твердое тело . . . . .	142
Механические волны. Акустика . . . . .	147
<b>Электростатика . . . . .</b>	<b>155</b>
Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов . . . . .	155
Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов . . . . .	166
<b>Лабораторный практикум . . . . .</b>	<b>178</b>
	193

## **Приложения**

Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала (105 ч, 3 ч в неделю) . . . . .	180
Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала (140 ч, 4 ч в неделю) . . . . .	186