



7

О. Ф. Кабардин
С. И. Кабардина

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

Ф
ФИ
КА

ФИЗИКА

О. Ф. Кабардин
С. И. Кабардина

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

7

класс

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22
К12

Кабардин О. Ф.

К12 **Физика. Книга для учителя. 7 класс / О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина. — М. : Просвещение, 2009. — 127 с. : ил. — ISBN 978-5-09-018861-6.**

В пособии раскрываются основные концептуальные идеи учебника нового типа, показано, как организовать работу учителя при подготовке к каждому уроку и его проведению. Для этого в нем описаны различные методические средства: варианты изложения теоретического материала, подготовка к проведению экспериментальных заданий, примеры решения задач, варианты итоговых тестов для проверки усвоения учебного материала и т. д.

**УДК 372.8:53
ББК 74.262.22**

Учебное издание

**Кабардин Олег Федорович
Кабардина Светлана Ильинична**

ФИЗИКА

Книга для учителя

7 класс

Зав. редакцией *В. И. Егудин*. Редактор *Т. П. Каткова*. Младший редактор *Т. И. Данилова*. Художественный редактор *Т. В. Глушкова*. Технический редактор и верстальщик *Е. В. Саватеева*. Корректор *Л. С. Александрова*

ISBN 978-5-09-018861-6

© Издательство «Просвещение», 2009
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2009
Все права защищены

Глава 1

Методические пути реализации принципов развивающего обучения в преподавании физики

1. Цели обучения физике в основной школе и способы их достижения

Цели обучения. Обучение физике в основной школе направлено на ознакомление с физическими явлениями и методами научного познания природы, на формирование на этой основе представлений о физической картине мира. На уроках физики учащиеся должны научиться наблюдать природные явления, использовать измерительные приборы для изучения физических явлений, представлять результаты измерений с помощью таблиц и графиков, выявлять зависимости между физическими величинами, применять полученные знания для объяснения природных явлений и принципов действия технических устройств, для решения практических задач повседневной жизни и обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Процесс обучения физике должен быть ориентирован на развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей учащихся, на формирование умений самостоятельно приобретать новые знания в соответствии с жизненными потребностями и интересами. Изучение физики должно внести свой вклад в воспитание учащихся путем формирования убежденности в познаваемости окружающего мира, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества, а также в воспитание уважения к творцам науки и техники как к важным участникам процесса создания общечеловеческой культуры.

В практике работы школы обычно на первом плане оказывается задача овладения суммой знаний. Однако без развития умственных способностей любая сумма знаний, признанная сегодня необходимой каждому, завтра будет

считаться неполной. Поэтому актуальной задачей современной российской школы является перенос основного внимания с процесса передачи знаний на процесс развития интеллектуальных и творческих способностей учащихся.

Необходимые условия для достижения целей обучения. По Л. С. Выготскому, обучение и развитие происходят эффективно в том случае, если предлагаемые в процессе обучения задания по уровню трудности несколько выше достигнутого уровня знаний обучаемого. Если предлагаемые сегодня проблемы учащийся может решить с помощью учителя, то завтра он сможет решать такие проблемы самостоятельно. Это **ориентация на зону ближайшего развития** — на завтра, а не на вчера в развитии ребенка. При таком подходе на каждом уроке перед учащимися нужно ставить трудные проблемы, требующие умственных усилий.

Но ориентация только на трудное обучение с постановкой все более сложных проблем на каждом уроке не гарантирует успеха. Для достижения успеха в обучении и развитии учащихся необходима их **внутренняя мотивация** к процессу учения. Как же создать эту мотивацию?

Выбор средств для мотивации к учению в основной школе очень небольшой. В этом возрасте большинство учащихся еще не задумываются всерьез о «далеком будущем» после окончания школы. Поэтому практически единственное средство мотивации учения — возбуждение интереса к изучаемому предмету, к предлагаемым проблемам.

Как же сделать процесс обучения физике интересным для всех учащихся? Общей закономерностью человеческой психики является произвольное

внимание ко всему новому, ранее невиданному, неизвестному, яркому, эффектному. Поэтому подготовка учителя к уроку должна начинаться с поиска ответов на такие вопросы:

Чем может быть интересна эта тема учащимся?

Как я смогу привлечь их внимание к изучению этой темы?

На этом этапе нужно обратить внимание на тот факт, что физика как учебный предмет в сравнении с другими предметами обладает таким существенным потенциальным преимуществом, как возможность привлечения внимания учащихся почти на каждом уроке **демонстрацией нового, неизвестного им природного явления, физического эффекта**. Долго ли может удерживаться внимание учащихся к изучаемой теме на уроке при наблюдении нового явления и обсуждении его? Способности учащихся в возрасте 12—14 лет удерживать произвольное внимание к чему-либо внешнему по отношению к ним самим, вне их собственных интересов, весьма ограничены, а непроизвольное внимание, возбужденное эффективным опытом или рассказом о необыкновенном явлении с использованием плаката или проекции, затухает через 5—10 мин. Как же может успешно продолжаться процесс обучения на уроке? Ключом к решению проблем обучения может послужить осуществление **деятельностного подхода к процессу обучения**.

Познание мира и развитие способностей человека происходят только в процессе его индивидуальной самостоятельной и активной познавательной деятельности. Поэтому все опыты по наблюдению физических явлений, эксперименты по изучению физических свойств тел, проверке гипотез, доступные и безопасные для самостоятельного выполнения школьниками, можно предлагать учащимся выполнять самостоятельно. Успешному изучению физики способствует самостоятельное взаимодействие с предметами окружающего мира, экспериментирование, участие в спорах при обсуждении результатов.

Использование деятельностного подхода к процессу обучения при поверхностном взгляде может показаться простым делом. Вместо долгих объяснений учитель предлагает учащимся самосто-

ятельно прочитать очередной параграф учебника, самостоятельно выполнить описанные в нем опыты, самостоятельно ответить на контрольные вопросы или выполнить задания теста для самопроверки результатов обучения. Формально это деятельностный подход к процессу обучения, так как учащимся предлагаются различные виды самостоятельной деятельности. Но это верно только формально, но не по существу.

Индивидуальная самостоятельная познавательная деятельность учащихся может быть активной и эффективной только при условии достаточно высокого уровня их внутренней мотивации к этой деятельности. Задание учителя — это лишь внешняя, малоэффективная, понуждающая мотивация. Таким образом, мы возвращаемся к проблеме внутренней мотивации обучения, проблеме пробуждения интереса к познавательной деятельности.

Для многих школьников эффективным средством повышения уровня мотивации к познавательной и творческой деятельности может служить использование **метода проблемного обучения**. Этот метод связан с постановкой перед учащимися интеллектуальных проблем, требующих серьезных умственных усилий для своего разрешения, выполнения экспериментальных исследований, обработки и теоретического осмысления полученных результатов.

Когда речь идет о необязательных занятиях с учащимися по их интересам, целесообразность использования метода проблемного обучения не вызывает сомнений. Но возможность систематического использования этого метода на обычных уроках многим представляется весьма сомнительной. Почему те же самые ученики, которые не хотели приложить минимальных усилий для запоминания двух предложений определения физической величины и единицы ее измерения, вдруг захотят выполнить самостоятельное экспериментальное исследование зависимости этой величины от другой величины?

Нужно осознать, что учащиеся не учат и не запоминают что-то из предлагаемого учителем не назло ему, а просто потому, что им это неинтересно. Главная причина скуки и апатии учащихся на уроках — это не лень, а безделье.

Большую часть урока по схеме «опрос — объяснение — закрепление» ум и руки учащихся в бездействии, им нужно лишь «прилично выглядеть» — не разговаривать, не читать постороннюю литературу, не дерзить, не задавать трудных или неудобных вопросов.

Поэтому весь секрет в том, чтобы поставить перед учащимися очередную учебную проблему не в виде привычного задания, а как загадку, детективную историю, которую нужно разгадать. При этом проблема должна открывать возможность каждому учащемуся к **самостоятельной познавательной или поисковой деятельности.**

Но где найти интересные проблемы на каждый урок? Никакие специально придуманные проблемы несравнимы с теми, которые ставила перед человеком Природа, решая которые он стал Человеком. Нет проблем интереснее и важнее проблем познания окружающего мира. Противопоставление задач приобретения знаний и развития способностей учащихся лишено смысла — эти задачи неразделимы.

Успешное обучение. Возможность совмещения на практике одновременно принципов развивающего обучения, деятельностного подхода к организации процесса обучения, проблемного обучения и все это с выполнением условия высокого уровня внутренней мотивации к учению может представляться труднодостижимой задачей. Но перечень необходимых условий обучения и развития учащихся еще не закончен: **обучение обязательно должно быть успешным!**

Требование обязательной успешности обучения всех школьников у многих вызывает сомнения. Возникает естественный вопрос: почему это обучение физике должно быть обязательно успешным для всех учащихся в классе? Ведь это особый учебный предмет, а способности и интересы у школьников разные. Пусть каждый ученик получает оценки в соответствии со своими способностями и усердием в процессе обучения.

Такой подход к оценке результатов обучения многие считают правильным. Он обоснован логически и опирается на нормативные документы. Почему этот подход нужно изменять и будет ли новый подход лучше этого?

Этот подход к оценке учебной деятельности учащихся нужно изменять, потому что он копирует практику работы контролера ОТК на конвейере. Есть утвержденные свыше требования к продукции на выходе с конвейера. Сравним качество продукта с этими требованиями и ставим на продукте штамп: «первый сорт» (5), «второй сорт» (4), «третий сорт» (3), «брак» (2). Учитель чувствует себя при этом занятым ответственным и важным делом — контролем.

В чем заключается порочность такого подхода? Первое и самое важное: **ученик не продукт, на котором нужно ставить знак сорта. Ученик — человек и должен быть целью, а не средством, не продуктом.** Ученик не объект обучения, не материал, из которого школа формирует человека по заданным параметрам, а субъект, равный любому другому человеку.

Если ученик — цель, то школа, учитель, учебные предметы лишь средства, служащие этой цели. Нормальная роль учителя в этой системе — это роль помощника ученика, а не контролера. **Любой учебный предмет должен рассматриваться не как цель, которой должен достигнуть учащийся, а лишь как одно из средств школы для достижения основной цели — максимального развития индивидуальных способностей каждой личности.**

Подход к любому учебному предмету как к средству развития способностей учащегося изменяет в принципе систему отношений между учителем и учащимся в процессе обучения. Учитель средствами своего предмета предоставляет разнообразные возможности для развития личности учащегося и отмечает все его успехи, создавая тем самым стимулы к продолжению обучения. Не успевающих учащихся в нормальном учебном процессе быть не должно. Если учитель учит, то у каждого учащегося обязательно будут какие-то успехи. Задача учителя — заметить эти успехи и заслуженно оценить.

Что может изменить такой подход в процессе обучения? Не принесет ли он больше вреда, чем пользы?

Главное, что может дать этот подход к оценке учебной деятельности учащихся, — это изменение отношения учащихся к процессу обучения. Одним из главных мотивов к продолжению

любой деятельности для человека является успешность этой деятельности. Нет успехов — нет желания к продолжению деятельности. Нет желания — нет и самой деятельности, а есть лишь ее имитация. Поэтому обучение должно быть успешным, победным.

Как можно сделать победным для всех проблемное обучение с постановкой задач, выходящих за достигнутый уровень развития? Для успешного обучения нужно не только ставить перед школьниками трудные проблемы, но и незаметно помогать им самостоятельно найти решение этих проблем. Успех на каждом уроке является стимулом к дальнейшему обучению. Обучение должно быть трудным, но обязательно победным для всех учащихся.

На уроках физики самый эффективный вариант сочетания проблемного метода обучения с деятельностным подходом к обучению — это предложение учащимся самостоятельных экспериментальных заданий.

Принцип обязательной успешности процесса обучения для всех учащихся

может показаться противоречащим вводимой в школе системе образовательных стандартов и Единого государственного экзамена. Но это противоречие лишь кажущееся, формальное.

Во-первых, не нужно забывать, что достижение требований образовательного стандарта относится к моменту окончания средней школы. Если плохими оценками отбить желание учиться уже в основной школе, то рассчитывать на большие успехи к окончанию средней школы мало оснований.

Во-вторых, нужно обратить внимание на тот факт, что достижение требований образовательного стандарта по физике относится не ко всем выпускникам средней школы, а лишь к тем из них, кто выбирает профиль дальнейшего обучения, требующего владения школьным курсом физики. Если учитель физики в основной школе будет руководствоваться принципом победного обучения, то увеличится число его учеников, выбирающих такой профиль дальнейшего обучения.

2. Проблемное обучение

Проблемное обучение. Одним из наиболее эффективных методов развития познавательных и творческих способностей учащихся в процессе обучения физике является метод **проблемного обучения**. В процессе применения этого метода школьники могут научиться видеть, *осознавать проблемы*, возникающие в процессе изучения природных явлений, *выдвигать гипотезы* для объяснения наблюдаемых явлений и закономерностей, *предлагать модели* явлений или процессов, *проверять* пригодность выдвинутых гипотез или предложенных моделей для разрешения обнаруженных проблем. Рассмотрим несколько примеров возможного использования метода проблемного обучения при изучении физики.

Природа силы трения. Изучение явления трения на первый взгляд не должно вызывать у школьников никаких особых затруднений, так как основные закономерности этого явления просты и доступны для самостоятельного обнаружения учащимися. В действительности трудности изучения в этой теме есть, и не только для учащихся.

Прежде всего трудно объяснить учащимся 7 класса природу силы трения, так как они еще не имеют систематических знаний ни о строении вещества, ни об электрических зарядах и силах их взаимодействия. Именно поэтому в учебнике вопрос о природе силы трения, по существу, не рассматривается. Однако учителю нужно быть готовым к вопросам учащихся подобного рода.

На вопрос ученика о том, что же мешает движению одного твердого тела по поверхности другого, можно ответить постановкой **первой проблемы**: «Сначала вы мне ответьте на вопрос, почему вообще оказывается возможным движение одного твердого тела по поверхности другого, а потом я отвечу на вопрос о том, что же мешает этому движению».

Смысл этого вопроса можно пояснить следующим образом. Вот два деревянных бруска. Каждый из них под действием небольшой силы легко движется по поверхности другого. Но один брусок сам состоит из двух брусков, только он еще не распилен. Попробуйте эти два бруска сдвинуть относительно

друг друга. Эта задача оказывается непосильной любому человеку. Что же мешает движению одной половины бруска относительно другой?

Наверное, в каждом классе найдется ученик, который выскажет *гипотезу*: мешают силы взаимного притяжения, действующие между мельчайшими частицами твердого вещества, называемыми атомами и молекулами.

Подтвердив правильность высказанной гипотезы, можно сразу же поставить перед учащимися *вторую проблему*: если между атомами или молекулами твердого тела действуют такие большие силы притяжения, то почему две металлические пластинки, помещенные одна на другую, не соединяются в одну пластину вдвое большей толщины? Почему оказывается возможным движение одной пластинки по поверхности другой под действием очень малой силы? Почему разрезанная пополам металлическая пластина не соединяется снова в одну целую, если приложить одну половинку к другой?

К решению второй проблемы школьников можно подтолкнуть таким вопросом: как будет выглядеть гладкая поверхность металлической пластины, если ее рассмотреть в микроскоп с большим увеличением?

Ученик, имеющий опыт наблюдений с помощью микроскопа, ответит, что при рассматривании в микроскоп с большим увеличением поверхность любого тела оказывается очень неровной, покрытой выступами и впадинами, царапинами, острыми вершинами.

Итак, пластинки соприкасаются между собой не всей поверхностью, а лишь небольшой ее частью. Силы межатомного притяжения действуют только между малой долей атомов на соприкасающихся участках поверхностей и потому очень слабы.

Можно высказать *гипотезу* о том, что более удаленные друг от друга атомы на поверхностях пластинок не действуют друг на друга, потому что силы межатомного притяжения действуют только на очень малых расстояниях.

Теперь возникновение силы трения можно объяснить тем, что для перемещения одного тела по поверхности другого необходимо преодолеть силы межатомного притяжения на участках соприкосновения, которые тотчас начи-

нают действовать на вновь возникших участках соприкосновения.

После объяснения природы силы трения можно поставить перед учениками *третью проблему*: почему сила трения увеличивается с возрастанием силы нормального давления?

Можно ожидать, что кто-то из них выскажет гипотезу о том, что с возрастанием силы нормального давления увеличивается поверхность фактического соприкосновения тел, а это ведет к увеличению числа межатомных связей и возрастанию силы трения.

Теперь можно поставить *четвертую проблему*: как должна влиять обработка трущихся поверхностей на силу трения и как это происходит в действительности?

Согласно данному выше объяснению, с повышением качества обработки поверхности тел сила трения должна возрастать, так как при этом увеличивается поверхность фактического соприкосновения тел. Однако на практике для уменьшения силы трения поверхности тел шлифуют и полируют как можно лучше. Как можно объяснить этот факт?

Можно вполне рассчитывать на самостоятельное решение некоторыми учащимися и этой проблемы, если при решении второй проблемы на доске или на слайде проектора будет выполнен рисунок, который смог бы служить подсказкой для решения четвертой проблемы. На этом рисунке выступы и впадины на соприкасающихся поверхностях должны быть схематически представлены так, чтобы была очевидной неизбежность процессов частичного разрушения трущихся поверхностей тел при относительном перемещении. Следы такого разрушения поверхностного слоя тел при скольжении можно наблюдать в виде черных полос на асфальте, оставленных шинами автомобиля при резком торможении, в виде линий на листе белой бумаги, возникающих при трении грифеля карандаша о поверхность бумаги. Выяснив вторую причину возникновения силы трения, легко объяснить уменьшение коэффициента трения при повышении качества обработки соприкасающихся поверхностей.

Следующая, *пятая проблема* может быть сформулирована так: «О силе трения мы сделали два утверждения,

которые привели к противоположным выводам. Если сила трения мала из-за небольшой поверхности соприкосновения, то при повышении качества обработки соприкасающихся поверхностей она должна возрастать. Если сила трения уменьшается при уменьшении неровностей на соприкасающихся поверхностях, разрушаемых при скольжении, то при повышении качества обработки соприкасающихся поверхностей сила трения должна уменьшаться. Так что же происходит на самом деле?»

Эта проблема из-за ее сложности, скорее всего, должна быть разрешена учителем. Он может обратить внимание учащихся на тот факт, что и при хорошей обработке поверхностей между ними остаются мельчайшие пылинки и молекулы газов воздуха, действующие как тонкий слой смазки. Так что обычно повышение качества обработки соприкасающихся поверхностей ведет к уменьшению коэффициента трения. Однако при достижении определенного уровня гладкости поверхности и ее чистоты картина резко меняется и поверхности прочно соединяются друг с другом. Этот эффект можно наблюдать на примерах слипания полированных предметных стекол для микроскопа, свежеработанных поверхностей свинцовых цилиндров.

Расширение твердых и жидких тел при нагревании. Ознакомление с явлением расширения твердых и жидких тел при нагревании следует начинать с наблюдений этого явления в опытах. Эти опыты целесообразно выполнять не как иллюстрацию к рассказу о явлении, а как решающие эксперименты по проверке собственных гипотез учащихся. В этом случае обеспечен неподдельный интерес и внимание учащихся к опытам.

Но чтобы появились гипотезы учащихся, нужно **поставить проблему, требующую экспериментальной проверки.** В случае использования шара с кольцом проблему можно сформулировать следующим образом: «Посмотрите, у нас есть шар и кольцо, изготовленные из одинакового металла. Шар проходит через кольцо.

А пройдет ли шар через кольцо, если нагреть шар и кольцо?»

А пройдет ли шар через кольцо, если нагреть только шар?»

А пройдет ли шар через кольцо, если нагреть только кольцо?»

Обоснуйте свои утверждения».

Нужно ли предлагать три варианта эксперимента? Нужно хотя бы из-за того, что почти каждый учащийся без ошибки ответит на второй вопрос, а на первый и третий вопросы будут предлагаться разные ответы. Это и сделает проведение эксперимента интересным для учащихся и позволит выяснить, кто же прав. Загадка состоит в том, что произойдет при нагревании кольца: увеличится радиус его отверстия или уменьшится. Одним кажется логичным предположить, что при нагревании кольца отверстие уменьшается, так как кольцо расширяется во все стороны. Другим кажется логичным предположить, что при нагревании кольца отверстие увеличится, а третьи могут предположить, что размеры отверстия не будут изменяться, так как оно не нагревается.

Обсудив все возможные варианты, можно приступить к их экспериментальной проверке и путем опытов установить, какая из гипотез верная. Для успешного проведения опытов необходимо нагревание более чем на 100 °С. Поэтому нужно использовать либо пламя спиртовки, либо сухое горючее (рис. 1).



Рис. 1

Разумеется, все опыты учитель должен предварительно выполнить, чтобы знать, как нужно располагать нагреваемые детали в пламени, сколько времени их нужно нагревать, как перемещать нагретые детали, чтобы не получить ожога. **Учащимся эти эксперименты поручать не следует.**

После завершения эксперимента полезно вернуться к обсуждению результатов и найти теоретический способ доказательства утверждения о том, что отверстие кольца должно расширяться. Это утверждение можно доказать **методом мысленного эксперимента.**

Представим себе, что имеется сплошной металлический лист. В этом листе вырежем круглое отверстие, а затем снова вложим вырезанный металличе-

ский диск в образовавшееся отверстие в листе. Мы имеем снова сплошной металлический лист. Будем нагревать этот лист. Если рассматривать его как лист с отверстием и вложенным в отверстие диском и считать, что нагревание приводит к уменьшению отверстия, то это уменьшение должно привести к сжатию вложенного диска. Диск при нагревании расширяется, и это должно привести к возникновению еще больших противоборствующих сил, в результате чего вложенный диск должен быть смят. В действительности нагревание сплошного листа не приводит ни к каким деформациям, следовательно, предположение об уменьшении размеров отверстия при нагревании тела ошибочно.

3. Демонстрационный эксперимент и опыты учащихся

Общие правила подготовки и выполнения демонстрационных опытов. Познание свойств предметов и физических явлений начинается с формирования в сознании человека **понятий** о самих предметах и явлениях. Для возникновения в сознании человека понятия о любом предмете или явлении человеку необходимо его чувственное восприятие, чувственный опыт. Поэтому процесс формирования научного понятия у учащихся о физическом явлении должен начинаться, если это возможно, с чувственно-конкретного восприятия, с наблюдения явления, с **демонстрации** предметов и явлений, о которых пойдет речь.

При подготовке и выполнении демонстраций полезно помнить о некоторых общих правилах и возможных вариантах проведения демонстрационных экспериментов.

Безусловным правилом является предварительное выполнение до урока любого, даже самого простого опыта. Это предотвратит возможные провалы тех, кто считает возможным без «репетиции» продемонстрировать в классе опыты, знакомые по книгам или виденные в исполнении других учителей. Если опыт один раз получается, а другой раз не получается, то лучше отложить попытку его демонстрации в классе до тех пор, пока не будет полной уверенности в успехе. Неудавшийся опыт не

только ведет к разочарованию учащихся из-за неоправданных ожиданий увидеть что-то интересное, но и подрывает в их глазах авторитет учителя.

При подготовке опыта нужно постоянно помнить, что он будет выполняться для наблюдения учащимися всего класса. Следовательно, демонстрируемое явление должно быть хорошо видимым каждым учащимся. Демонстрируемый эффект должен быть убедительным, не вызывающим сомнений.

При подготовке демонстрации нужно думать не только о том, как результат опыта позволит обосновать или опровергнуть какие-то теоретические утверждения, логические построения. Чтобы демонстрационный эксперимент мог выполнить свою основную учебную функцию, необходимо прежде всего, чтобы опыт увидели все школьники.

Привлечения внимания учащихся к подготовленному эксперименту можно достигнуть парадоксальностью постановки проблемы. Например, перед выполнением опыта с трубкой Ньютона очевидным кажется неправильный ответ на вопрос: что быстрее упадет на дно трубки при ее переворачивании — небольшое птичье перо или кусок свинца?

Перед изучением закона сложения сил можно сначала спросить: сколько будет яблок, если к двум яблокам прибавить еще два? А затем спросить: какая сила

получится при сложении действия двух сил, 2 Н каждая?

Обращая внимание на хорошую видимость демонстрируемого опыта, его эффективность, нельзя забывать о главной цели его выполнения. После завершения эксперимента можно спросить учащихся, понравился ли им этот опыт. Но затем нужно обязательно проверить, что же видели учащиеся.

Выделить самое важное из многих действий учителя с предметами на демонстрационном столе и происходящих при этом эффектов совсем не простая задача. Поэтому учитель перед выполнением демонстрации должен заранее объяснить учащимся, что он собирается делать, куда нужно смотреть и что мы ожидаем увидеть. А по окончании опыта попросить учащихся рассказать, как выполнялся эксперимент, что произошло в результате и какие выводы можно сделать из увиденного.

Если многие учащиеся не увидели самого главного из того, что происходило в эксперименте, или не поняли, как выполнялся опыт, демонстрацию можно повторить еще раз. Если эксперимент несложный и безопасный, его повторное выполнение можно поручить учащимся.

Хотя демонстрационные опыты вызывают интерес у большинства школьников, подготовка опыта во время урока должна быть кратковременной, так как для учащихся это время полной бездеятельности. Если учитель будет 10—15 мин собирать на столе экспериментальную установку, то к моменту выполнения самого опыта интерес к происходящему угаснет, внимание переориентируется, и многие школьники просто не увидят опыта. Поэтому для опытов, требующих значительных затрат времени на сборку установки, соединение приборов, должны быть заранее подготовлены приборы и оборудование на демонстрационном столе.

Виды демонстрационных экспериментов. Общая методическая рекомендация — желательно на каждом уроке физики проводить либо демонстрационный эксперимент, либо самостоятельные опыты учащихся — может показаться далекой от потребностей школьного курса физики и реальных возможностей обычной общеобразовательной школы. Но проанализируем

сначала потребности школьного курса физики.

Образовательный стандарт по физике требует знания около 50 физических понятий, физических величин и законов, умений описывать и объяснять несколько десятков физических явлений, использовать физические приборы и измерительные инструменты для измерения физических величин. Для выполнения этих требований почти на каждом уроке необходимо знакомить учащихся с новыми физическими явлениями, новыми величинами, новыми приборами и измерительными инструментами. Поэтому проблема не в том, что нечего показать на уроке физики или что дать в руки учащимся для самостоятельных опытов. Проблема в отборе из множества возможных опытов наиболее соответствующих целям обучения.

Разделим демонстрационные эксперименты по их назначению.

С демонстрации нужно начинать изучение нового физического явления. Не увидев явления разложения белого света в разноцветный спектр, нельзя иметь адекватного понятия об этом явлении.

При формировании понятия о новом явлении нужно научить отличать его от ранее известных или похожих. Для этого нужны опыты, помогающие выделить существенные отличительные признаки наблюдаемого явления. Так, нужны специальные опыты, позволяющие различать понятия «масса», «сила тяжести» и «вес».

Переход от качественного описания явления к точным количественным характеристикам требует введения новых физических величин и задания способов их измерений. Этот этап также требует выполнения специально поставленных опытов.

Каждый новый физический прибор нужно демонстрировать, объяснять его устройство и принцип действия. Для этих целей выпускаются специальные демонстрационные варианты приборов и измерительных инструментов. Они отличаются большими размерами, указателями и шкалами таких размеров, что показания приборов видны всему классу. Такими приборами являются демонстрационный термометр, динамометр, вольтметр и амперметр.

После формирования понятия о физическом явлении и физических вели-

чинах, характеризующих это явление, ознакомления со способами измерения этих величин можно перейти к установлению количественных зависимостей между физическими величинами, к изучению физических законов.

В тех случаях, когда воспроизведение физического опыта выходит за пределы возможностей физического кабинета, педагогически целесообразны демонстрации модели, кинофильма, диапозитива или плаката, помогающие формированию наглядных представлений о характерных особенностях реального эксперимента и его результатах.

Критерием того, что теория соответствует действительности, является экспериментальная проверка следствий и практические применения новых знаний. И этим этапам познания необходима опора на соответствующий учебный физический эксперимент. Выяснение принципа действия электрогенератора и электромотора для школьного курса физики является не менее важной задачей, чем понимание результата опыта Фарадея по обнаружению явления электромагнитной индукции или опыта с кольцами при изучении правила Ленца.

При всей важности демонстрационного эксперимента в процессе обучения физике в основной школе не следует перегружать урок большим числом демонстраций. В погоне за количеством легко потерять качество, так как человеческие возможности усвоения и запоминания нового весьма ограничены.

На вопрос о месте и времени демонстрационного эксперимента на уроке нельзя дать однозначную рекомендацию. Выбор целесообразного момента выполнения опыта во многом определяется спецификой учебного материала и выбранным методом изучения данной темы. В одних случаях лучше сначала показать опыт, чтобы потом обсуждать наблюдаемое явление, в других случаях лучше перед выполнением опыта обсудить проблему и выяснить, какой опыт нужно выполнить для ее разрешения.

Опыты учащихся. Ознакомление с новым физическим явлением в большинстве случаев целесообразно начинать с демонстрации явления, выполняемой учителем. В процессе такой демонстрации обращается внимание учащихся на существенные признаки явления, усло-

вия для осуществления опыта и необходимые меры безопасности.

Но только наблюдения опытов «со стороны» не способны обеспечить формирование в сознании учащихся адекватных представлений о наблюдаемых явлениях. Успешный процесс усвоения знаний осуществляется в самостоятельной познавательной деятельности личности, не ограниченной только наблюдениями за деятельностью других людей или слушанием их объяснений. Невозможно иметь представление о магнитном взаимодействии тел, не ощутив удивительное притяжение железного шара, удерживаемого одной рукой, к магниту, находящемуся в другой руке, отталкивание одноименных полюсов магнитов.

Демонстрация увеличенного изображения предмета, даваемого линзой на экране, не заменит школьнику впечатления от прямого наблюдения через линзу увеличенного изображения своей руки. Поэтому после демонстрации каждого опыта желательно предоставить учащимся возможность повторить его самостоятельно.

Опыты учащихся на уроке должны удовлетворять нескольким простым требованиям. Они должны быть:

- 1) связаны с основным содержанием занятия;
- 2) интересными для школьников;
- 3) доступными для понимания в постановке проблемы и полученных результатов;
- 4) безопасными для жизни и здоровья детей.

Возрастные особенности учащихся основной школы обеспечивают повышенный интерес большинства из них к любым опытам. Однако не следует упускать из виду, что те же возрастные особенности обуславливают основное внимание учащихся лишь к внешней стороне наблюдаемых явлений, а постановка проблемы, анализ условий проведения опыта и выводы из результатов эксперимента даются им совсем нелегко. Поэтому перед выполнением каждого опыта учителю необходимо убедиться, что все школьники понимают цель опыта, представляют себе возможные варианты его результатов и могут сформулировать выводы, которые можно будет сделать из полученных результатов.

До проведения эксперимента необходимо подвести учащихся к выводу о том,

что существует проблема, которая может быть разрешена только опытным путем. Потом с участием школьников **спланировать и выполнить эксперимент**, результаты которого могут дать решение этой проблемы. После выполнения эксперимента в форме самостоятельного опыта школьников следует провести коллективное обсуждение его результатов и сформулировать **выводы**.

Рассмотрим конкретный пример эксперимента, который могут выполнить школьники на первом уроке, когда происходит ознакомление с понятиями **физическое явление, наблюдение, проблема, гипотеза, опыт**.

Постановка проблемы учителем. Пример постановки проблемы перед школьниками и этапы ее возможного обсуждения представлены на втором развороте первого параграфа учебника при рассмотрении **физического явления** падения тел на Землю.

Для обеспечения возможности самостоятельных опытов по наблюдению одновременного падения двух монет, маленькой и большой, учителю нужно приготовить набор монет на класс. После выполнения самостоятельных опытов учащимися нужно подвести итоги. Вывод может быть примерно таким: заметить разницу во времени падения маленькой и большой монет не удастся. Но нельзя быть уверенным и в том, что монеты падают совершенно одновременно, так как время их падения очень мало. После этого можно рассказать об опыте Галилея, который для увеличения времени падения тел наблюдал падение двух шаров с высокой наклонной «падающей» башни в г. Пизе. Один из шаров был в 200 раз тяжелее другого. Опыт показал, что тяжелый и легкий шары достигают поверхности Земли одновременно. Начиная с этих и других опытов Галилея, основным методом проверки гипотез в физике стал экспериментальный метод.

При желании и наличии времени можно продолжить выполнение экспериментов по изучению явления падения тел на Землю с использованием трубки Ньютона. Показав стеклянную трубку с находящимися в ней кусочком свинца и птичьим пером, задаем вопрос: *Если быстро перевернуть эту трубку, одновременно ли достигнут*

дна трубки кусочек свинца и птичье перо?

Когда будут высказаны гипотезы о результатах опыта, выполняем опыт и предлагаем высказать предположения о причине более долгого падения пера. После высказывания гипотезы о влиянии сопротивления воздуха на движение тел задаем вопрос: *А если бы в трубке не было воздуха, кусочек свинца и птичье перо достигли бы dna трубки одновременно?* Затем откачиваем воздух из трубки и проверяем гипотезу о том, что в пустоте кусочек свинца и перо упадут одновременно.

Приведенные примеры показывают, насколько простыми средствами может быть организована активная познавательная деятельность учащихся, позволяющая им овладеть такими важными общими теоретическими понятиями, как **явление, наблюдение, проблема, гипотеза, опыт или эксперимент**.

Коллективный эксперимент. Учащиеся основной школы начинают изучение физики, не имея опыта постановки цели эксперимента, его планирования и выполнения, записи и обработки результатов измерений, их обсуждения и формулирования выводов. Поэтому наряду с другими формами организации практической познавательной деятельности учащихся может быть использована и форма, которую назовем коллективным экспериментом. Рассмотрим особенности организации коллективного эксперимента на конкретном примере выполнения опыта по изучению закона сложения сил.

Сложение сил. В принципе возможен формальный способ введения закона сложения сил, при котором правило сложения векторов дается как математическая аксиома. Затем сообщается, что сила есть векторная величина, и далее используется правило сложения векторов для нахождения равнодействующей сил. Такой путь изучения был бы оправданным, если бы знание правила сложения векторов сил было целью изучения физики. Но это и многие другие правила и законы большинству выпускников основной школы не понадобятся в практической жизни, а те, которые выберут профессии, связанные с применением знаний по физике, будут изучать эти законы еще раз на более высоком уровне.

Зачем же нужно изучать закон сложения сил в основной школе и как нужно его изучать?

Изучение этого и других законов физики нужно для формирования представлений о том, что такое законы природы и как устанавливаются эти законы. Поэтому изучение закона должно происходить по тому пути, каким произошло его открытие.

Закон сложения векторов сил не выводится теоретически из других законов, его нельзя доказать путем логических рассуждений. В физике факт сложения действия сил по правилу параллелограмма установлен экспериментально и называется **принципом суперпозиции сил**. Этот закон можно применять для сложения действия нескольких сил только после того, как экспериментально установлен факт подчинения действий сил такому закону. Смысл принципа суперпозиции сил заключается в том, что результат действия любой силы на тело не зависит от того, действуют ли одновременно еще какие-либо силы или других сил нет. Таким образом, экспериментальное «открытие» векторного характера сложения действий нескольких сил имеет глубокий физический смысл и потому неравноценно формальному способу введения правила параллелограмма. Разумеется, на первом этапе изучения физики едва ли следует объяснять принцип суперпозиции сил: это целесообразнее сделать при изучении физики в старших классах.

Для того чтобы учащиеся смогли осознать, что на примере закона сложения сил они знакомятся с принципиально новым законом сложения величин, изучение этой темы можно начать с такой **постановки проблемы**: «Скажите, если к двум яблокам прибавить еще два яблока, сколько будет яблок?» Ответ: «Четыре яблока» — очевиден.

«А если на тело действует сила 2 Н и еще одна сила 2 Н, то чему равна суммарная сила их одновременного действия?»

После краткого обсуждения ответов можно выполнить экспериментальную проверку предполагаемых результатов с использованием трех динамометров. Для опытов нужно использовать демонстрационные динамометры, показания которых видны всему классу.

Сначала два динамометра тянут вдоль одной прямой за нить, привязанную к третьему динамометру. Показание каждого из двух динамометров должно быть равно 2 Н. В этом случае показание третьего динамометра, на который действуют одновременно две силы по 2 Н, равно 4 Н. Выполняется обычное правило сложения: $2 + 2 = 4$.

Затем изменяют положения динамометров в пространстве так, чтобы между ними был угол примерно 120° . Показание третьего динамометра теперь становится равным 2 Н. Изменяя угол между направлениями двух векторов сил по 2 Н от 0 до 180° , можно получить значения модуля равнодействующей сил от 4 до 0 Н.

Мы получили, что **закон сложения векторных величин принципиально отличается от закона сложения скалярных величин. Направление результирующего вектора и его модуль зависят от направлений и модулей слагаемых векторов.**

Далее целесообразно дать возможность учащимся установить закон сложения сил в самостоятельном эксперименте. При отсутствии достаточного количества комплектов лабораторного оборудования исследование может быть выполнено в форме коллективного эксперимента.

Для того чтобы в обсуждении задач эксперимента, плана его проведения и в выполнении измерений участвовало возможно большее количество учащихся, проблему нахождения правила сложения векторов сил можно разбить на большое число ступеней с постановкой промежуточных проблем и коллективным обсуждением хода эксперимента. Рассмотрим возможный вариант хода эксперимента.

Постановка проблемы.

На демонстрационном столе вы видите груз, подвешенный на крючках двух динамометров (рис. 2). Груз неподвижен. Какой вывод можно сделать из этого факта о действующих на груз силах?

1-й ученик. Сумма действующих на груз сил равна нулю.

Сколько сил действует на груз и как они направлены? Нарисуйте на доске схему расположения груза,

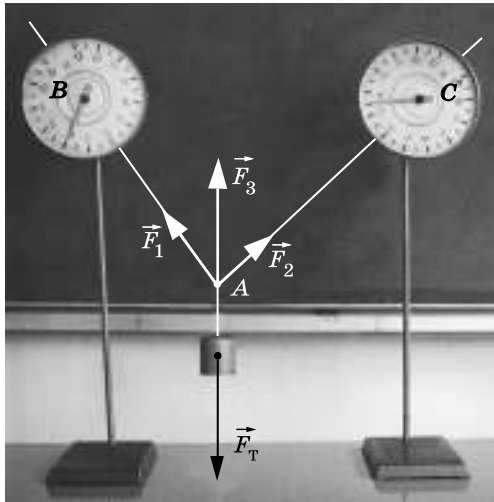


Рис. 2

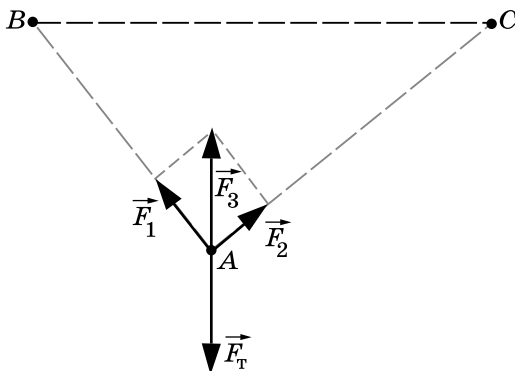


Рис. 3

точки приложения и направления векторов сил.

2-й ученик. Сила тяжести \vec{F}_T направлена вертикально вниз, две силы упругости \vec{F}_1 и \vec{F}_2 приложены к точке A и действуют на груз по направлениям AB и AC. Сумма действующих на груз сил равна нулю (рис. 3).

В тетради изобразите векторы сил, действующих на груз. Что нужно измерить на этой экспериментальной установке для того, чтобы на ваших чертежах были правильно представлены направления и модули этих векторов?

3-й ученик. Нужно измерить расстояния AB, AC и BC, записать показания динамометров и вычислить силу тяжести груза по его известной массе.

Выполните измерения расстояний AB, AC, BC и нарисуйте чертеж на доске в пропорции с полученными результатами.

4-й ученик. Результаты измерений следующие: $AB = 38$ см, $AC = 50$ см и $BC = 63$ см. На доске я провел горизонтальную прямую и отметил на ней точки B и C на расстоянии 63 см. Затем провел дугу окружности радиусом 38 см из точки B и дугу окружности радиусом 50 см из точки C. Точка пересечения этих дуг есть точка A.

А какие размеры удобны для рисунка в тетради?

5-й ученик. Для тетради удобно выбрать размеры всех расстояний, в 5 раз меньших: $AB = 7,6$ см, $AC = 10$ см и $BC = 12,6$ см.

Выполните чертеж треугольника ABC в своих тетрадях.

Теперь снимите показания динамометров и изобразите векторы сил упругости на чертеже.

6-й ученик. Показания левого динамометра 4 Н, показания правого динамометра 3 Н. Обозначим их как \vec{F}_1 и \vec{F}_2 . Для изображения векторов сил на доске я выбираю масштаб $1 \text{ Н} = 5$ см.

Какой масштаб удобен для изображения векторов сил на чертеже в тетради?

7-й ученик. Для тетради можно выбрать масштаб $1 \text{ Н} = 2$ см. Тогда длина вектора \vec{F}_1 на чертеже должна быть равна 8 см, а длина вектора \vec{F}_2 должна быть равна 6 см.

Постройте на чертеже векторы сил упругости в масштабе $1 \text{ Н} = 2$ см. Теперь вычислите значение силы тяжести груза и постройте вектор силы тяжести на чертеже. Масса груза 0,5 кг.

8-й ученик. Силу тяжести найдем по формуле

$$F_T = 9,8m = 9,8 \cdot 0,5 \text{ Н} \approx 5 \text{ Н}.$$

Вектор силы тяжести приложен к точке A и направлен вертикально вниз. Масштаб для изображения вектора силы в тетради нужно выбрать прежний: $1 \text{ Н} = 2$ см. Поэтому длина вектора силы тяжести на чертеже в тетради равна 10 см.

Постройте в тетрадах вектор силы тяжести \vec{F}_T .

Каково направление равнодействующей двух сил упругости и каков ее модуль?

9-й ученик. Так как груз неподвижен, равнодействующая двух сил упругости равна по модулю силе тяжести, действующей на груз, и направлена противоположно этой силе, вертикально вверх. Масштаб для изображения вектора силы прежний: $1 \text{ Н} = 2 \text{ см}$. Поэтому и длина вектора \vec{F}_3 такая же, т. е. 10 см (см. рис. 3).

Постройте на чертеже в тетради вектор \vec{F}_3 равнодействующей сил упругости \vec{F}_1 и \vec{F}_2 . Теперь главный вопрос: мы из опыта нашли направление и модуль вектора равнодействующей \vec{F}_3 двух сил упругости \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , приложенных к одной точке тела. А можно ли найти направление и модуль равнодействующей двух сил, приложенных к одной точке, не выполняя специального опыта?

10-й ученик. Это можно сделать, воспользовавшись правилом параллелограмма. Нужно к концу вектора \vec{F}_1 приставить начало вектора \vec{F}_2 , перенесенного в пространстве параллельно самому себе. Соединив стрелкой начало вектора \vec{F}_1 с концом приставленного к нему вектора \vec{F}_2 , получим вектор \vec{F}_3 равнодействующей сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 .

Постройте на своих чертежах равнодействующую сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 по прави-

лу параллелограмма. Проверьте, совпадает ли этот вектор с найденным из эксперимента вектором равнодействующей \vec{F}_3 .

Какой вывод следует сделать из выполненного эксперимента, если равнодействующая сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , найденная по правилу параллелограмма, совпадает с найденным из эксперимента вектором равнодействующей \vec{F}_3 ?

11-й ученик. Правило параллелограмма для нахождения равнодействующей двух сил, приложенных к одной точке тела, является математической формулировкой экспериментально установленного свойства действия сил на любые тела.

При выполнении экспериментально заданного необходимо неоднократно обращать особое внимание на обязательное условие, при котором выполняется правило сложения векторов сил — приложение сил к одной точке тела. Можно при этом добавить, что результаты одновременного действия на тело нескольких сил, приложенных к разным точкам, мы рассмотрим на следующих уроках.

Методом коллективного выполнения может быть осуществлено экспериментальное исследование зависимости объема газа от давления при постоянной температуре, исследование явлений плавления и кристаллизации.

4. Личностно ориентированное обучение

Личностно ориентированный подход в учебном процессе как средство достижения целей развивающего обучения. Соединение в процессе обучения физике принципа развивающего обучения, деятельностного подхода к организации процесса обучения, проблемного обучения, требований достижения высокого уровня внутренней мотивации к учению и требований обязательной успешности обучения для всех учащихся является весьма сложной задачей для учителя. Но добавление к числу перечисленных еще одного принципа — принципа личностно ориентированного обучения — может сделать

задачи обучения физике несколько легче достижимыми.

Принцип личностно ориентированного обучения заключается в том, что объем содержания обучения по каждому предмету и уровень его сложности в значительной мере должен определять для себя сам учащийся, каждый в соответствии со своими интересами и способностями.

Можно ли принять этот принцип как руководство к действию в период внедрения в практику работы современной школы образовательных стандартов и введения Единого государственного экзамена?

Именно новые образовательные стандарты сделали первый шаг на пути к реализации принципа личностно ориентированного обучения. В текстах программ образовательных стандартов первые курсивом выделен материал, который подлежит изучению, но не включается в требования к уровню подготовки выпускников. Тем самым учителю даются четкие ориентиры по разделению учебного материала на обязательный для усвоения всеми учащимися и материал, предлагаемый для изучения, но не подлежащий обязательному контролю с последующей оценкой.

Каким образом принятие принципа личностно ориентированного обучения в основной школе может способствовать успешной реализации ранее перечисленных принципов и подходов к обучению?

Попытки применения на практике принципов развивающего обучения, деятельностного подхода, проблемного обучения, победного обучения для всех учащихся встречаются с серьезными трудностями. Среди этих трудностей можно назвать значительное несоответствие между объемом обязательного учебного материала и временем, отводимым на его изучение. Традиционная методика по схеме «прослушай — прочитай — воспроизведи» требует для заучивания и воспроизведения, как минимум, в 3—4 раза меньших затрат времени, чем методика изучения того же материала на основе принципа проблемного обучения и деятельностного подхода. Так зачем же нужна такая «затратная» методика?

Если целями обучения выбираются заучивание и воспроизведение каких-либо текстов, то никакие проблемные и деятельностные методы обучения не нужны. Но если целями обучения выбираются развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей школьников, формирование умений самостоятельного приобретения новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами, то выбор должен быть сделан в пользу проблемных методов обучения на основе организации самостоятельной познавательной и творческой деятельности учащихся.

Объем обязательного содержания образования по физике. Принятие прин-

ципа личностно ориентированного обучения в основной школе может способствовать преодолению названных трудностей следующим образом. Если принять позицию о соотношении целей и средств в процессе школьного обучения, согласно которой цель — это ученик, максимальное развитие его индивидуальных способностей, а школа, учебные предметы, учитель — это средства достижения цели, то образовательные стандарты по всем учебным предметам не должны рассматриваться как догма, как перечень терминов, правил, законов и фактов для «выучивания». Образовательные стандарты при таком выборе целей обучения лишь систематизированный свод материалов, предлагаемых учителю и учащимся для достижения основной цели обучения. Этот свод материалов должен быть заново рассмотрен и проанализирован с позиций пригодности его элементов для использования в учебном процессе с применением проблемного метода и деятельностного подхода.

Одним из результатов анализа должно стать существенное сокращение объема учебного материала, не менее чем на 50%, предлагаемого в качестве обязательного для изучения всеми школьниками.

Только при выполнении этого условия может стать в принципе осуществимым переход от вербального метода обучения к проблемному обучению, от ориентации на пассивное восприятие информации учащимися на их самостоятельную активную поисковую деятельность.

Утверждение о необходимости существенного сокращения объема обязательного для изучения учебного материала не содержит предложения пересмотреть Обязательный минимум содержания основных образовательных программ по физике и требования к уровню подготовки выпускников. **Речь идет лишь о сокращении в школьных учебниках объема материала, предлагаемого в качестве обязательного для изучения.** Это может быть достигнуто путем более строгого отбора обязательного материала, выделения самого главного в каждой теме.

Отбор и структурирование содержания образования по физике. Какие принципы могут быть положены в осно-

ву при отборе и структурировании содержания обучения по физике?

Первый обязательный ориентир — это реальные возможности учащихся к усвоению новых понятий в процессе обучения. Психологи утверждают, что ребенок способен в день усвоить не более трех-семи новых понятий. Если учесть, что усвоение новых понятий происходит и при общении в семье, со сверстниками, при просмотре телепередач и работе с компьютером, то следует признать, что на долю школы приходится для усвоения в день не более трех-пяти новых понятий. Поэтому на один урок физики можно реально планировать овладение лишь одним-тремя новыми понятиями.

Второй обязательный ориентир при отборе и структурировании содержания обучения — это образовательный стандарт по физике. Наиболее четко обязательные требования образовательного стандарта к результатам обучения сформулированы в требованиях к уровню подготовки выпускников.

Сокращение примерно в 2 раза объема обязательного материала в учебнике освобождает время для занятий по интересам всем учащимся. Те из них, кому интересна физика, должны иметь в учебнике материалы для углубленного изучения теоретического материала и задания для выполнения самостоятельных экспериментов. В результате общий объем учебного материала по физике, предлагаемого учащимся основной школы, должен не только полностью соответствовать образовательному стандарту, но даже несколько превосходить его обязательные требования.

Формы организации учебного процесса. Неустойчивость произвольного внимания учащихся в возрасте 12—14 лет не позволяет выбрать какую-либо одну форму организации учебного процесса как наиболее эффективную для достижения целей развивающего обучения в качестве ведущей на уроке физики для личностно ориентированного обучения. Скорее, более правильной будет рекомендация двух-трехкратной смены видов деятельности учащихся на каждом уроке для поддержания их интереса к данной теме. Исключением могут быть уроки с выполнением экспериментальных заданий, так как во вре-

мя их проведения учащийся несколько раз меняет вид деятельности. Сначала он читает задание, планирует свои действия, изучает предложенные приборы, инструменты, материалы. Затем выполняет эксперименты и записывает их результаты. Далее может быть построение графика, написание краткого отчета, формулирование вывода.

Для того чтобы деятельностный подход к обучению был не девизом, а реальным средством в учебном процессе, необходимо планировать уроки таким образом, чтобы **на самостоятельную познавательную и поисковую деятельность учащихся — выполнение экспериментальных заданий, опытов, решение задач отводилось более половины учебного времени.**

Возможное распределение учебного времени между различными видами деятельности учителя и учащихся на уроках физики в основной школе может быть примерно следующим:

— рассказ учителя, демонстрационные опыты, постановка теоретических проблем, обсуждение этих проблем (30—35%);

— самостоятельное выполнение учащимися экспериментальных заданий, опытов (35—40%);

— решение задач, контроль знаний и умений учащихся (25—30%).

Личностно ориентированное обучение как одна из форм дифференциации обучения в основной школе. При обсуждении возможности и целесообразности осуществления личностно ориентированного подхода к обучению на обычных уроках возникает вопрос: не лучше ли начинать профильное обучение не с 10 класса, а раньше, с 9 или даже 8 класса? В пользу этого варианта приводятся такие доводы, как необходимость более раннего выявления талантливых детей и предоставления им возможности более быстрого и успешного развития.

Ранняя дифференциация обучения школьников с использованием для разных групп учащихся разных программ и учебников не представляется целесообразной по ряду причин.

Первая из них — невозможность определения способностей учащегося к физике без осуществления процесса обучения физике. Только в процессе изучения физики школьник может понять,

нравится ли она ему, а учитель может попробовать оценить способности учащегося.

Вторая причина — дети не рождаются с заданным от природы набором человеческих способностей. Генетически заданными являются индивидуальные особенности, называемые задатками способностей. Не рождаются дети с выдающимися способностями к математике или физике, к составлению компьютерных программ или игре в шахматы. Достаточно осознать, что до изобретения шахмат и компьютера дети рождались с примерно такими же наборами генов в хромосомах, но никто из них не становился ни «компьютерщиком», ни шахматистом. Они могли бы ими стать, но около них не было людей, которые помогли бы им развить способности в этих областях.

Человек как мыслящее существо не развивается по биологически заданной программе. Он не подсолнух, в котором все «подсолнуховое» развивается по программе, заложенной в семечке. Все человеческое в ребенке создается, возникает в результате взаимодействия с окружающими его людьми. Поэтому задача учителя не сводится к задаче садовода, заключающейся в отборе элитных семян и необходимом уходе. Если сравнивать учителя с садоводом, то нужно признать, что от воздействия этого «садовода» может зависеть не только «урожай», но и вид растений. Из одинаковых «семян» — учеников у талантливого учителя математики ежегодно обнаруживается больше детей, способных к математике, увлеченный своим предметом учитель литературы обнаруживает талантливых поэтов, артистов и будущих писателей. Эти факты показывают, что генетическая заданность человеческих способностей лишь потенциальная и не специфическая. Какие именно специфические способности разовьются у данной личности, определяется воздействиями человеческого окружения, в котором учитель зачастую играет не последнюю роль.

Третья причина заключается в том, что возраст проявления способностей детей зависит от очень многих причин и может варьироваться в широких пределах. Поэтому ранняя дифференциация обучения на основе уже обнаруженных способностей может помешать раскры-

тию других способностей, возможно более важных для этой личности.

Использование личностно ориентированного подхода в обучении является мягкой формой дифференциации, основной формой на личном интересе учащегося, не уменьшающем проявления интереса к другим учебным предметам и внешкольным занятиям. Очень важно, что «вход» в эту форму дифференциации и «выход» из нее открыт на каждом уроке на всем протяжении обучения. Свобода «входа» и «выхода» в любое время является признаком реальной личностной ориентации процесса обучения. Эта особенность привлекательна для многих учащихся, у которых возникает интерес к определенной теме, но они не хотели бы связывать себя обязательством заниматься физикой углубленно, на повышенном уровне.

Учебник фиксированного формата для личностно ориентированного обучения физике. Для реализации принципа личностно ориентированного обучения физике на практике нужен учебник нового типа.

Первое, существенное отличие от традиционных учебников заключается в том, что в нем **четко выделен учебный материал для обязательного изучения всеми школьниками и объем этого материала примерно в 2 раза меньше, чем в традиционных учебниках (35 параграфов вместо 64).**

Вторая особенность учебника связана с новой формой предъявления учебного материала учащимся. **Обязательный материал по каждой теме представлен на одном развороте учебника (на двух страницах).** Все, что должно быть изучено на одном уроке, находится перед глазами учащегося, перед ним ставится **обозримая** проблема, вполне посильное по объему задание. На одном развороте легко найти материал для ответа на контрольные вопросы, формулу для решения задачи.

Но особенно важно, что при разработке **учебника фиксированного формата** автор вынужден встать на место учителя и четко представить себе, что возможно сделать в классе за один урок, какие виды деятельности учащихся целесообразно использовать при изучении этого материала.

Третья особенность учебника в том, что он **ориентирован на организацию**

систематической самостоятельной экспериментальной деятельности учащихся на уроках. По каждой теме предлагаются опыты или экспериментальные задания для самостоятельного выполнения учащимися.

В учебнике предлагаются 24 лабораторные работы, и каждая из них является органичной частью какого-то из уроков, помещена на соответствующем развороте для обязательного изучения.

Четвертая особенность учебника заключается в том, что, **кроме обязательного материала, каждый параграф учебника содержит второй разворот, где на двух страницах дается дополнительный материал, изучаемый уча-**

щимися по желанию. Этот материал может изучаться в классе или дома.

Дополнительные материалы содержат сведения из истории научных открытий, примеры применения изученных физических явлений в технике и в повседневной жизни, некоторые материалы для углубленного изучения данной темы, задачи повышенной трудности, экспериментальные задания. Из 26 экспериментальных заданий, предлагаемых в дополнительных материалах, многие требуют применения простого оборудования и при желании могут быть выполнены учащимися в домашних условиях.

5. Содержание личностно ориентированной деятельности учащихся и методика ее организации

Виды личностно ориентированной деятельности учащихся. Реализация принципа личностно ориентированного обучения на практике в основной школе становится возможной при условии предоставления учащимся возможности выбора разнообразных видов самостоятельной деятельности на уроках физики и во внеурочное время. Рассмотрим особенности наиболее перспективных для этих целей видов деятельности учащихся.

Решение теоретических задач повышенной трудности. Теоретические задачи повышенной трудности можно предлагать всем учащимся после того, как усвоен весь основной материал данной темы. Но спрашивать по дополнительным заданиям повышенной трудности целесообразно только тех учащихся, кто желает рассказать о своих результатах. За выполнение таких заданий оценки могут быть только «4» и «5». Если на выполнение дополнительных заданий со всеми учащимися в классе не остается времени, то их можно предлагать для самостоятельного домашнего выполнения.

Экспериментальные задания повышенной трудности. Экспериментальные задания повышенной трудности, как и теоретические задачи, можно предлагать всем учащимся, но спрашивать отчеты об их выполнении целесообразно только тех учащихся, кто желает рассказать о своих результатах. Эти задания следует предлагать без описания

хода работы, без наводящих подсказок, так как основное их назначение заключается не в выполнении заданной последовательности действий, а в самостоятельном поиске решения поставленной проблемы, в отыскании оригинального метода решения.

Поставив перед учащимися проблему повышенной трудности, не нужно оставлять их без внимания. Даже сравнительно простые экспериментальные задания трудны для большинства школьников, не имеющих никакого опыта работы с измерительными приборами, самостоятельного планирования экспериментальной работы. Тем более сложны для них задания, требующие применения знаний в незнакомой ситуации. Поэтому нужно предоставить учащимся 5—10 мин на самостоятельные попытки решения проблемы, а после этого тому из них, кому не удастся ничего придумать, нужно сделать небольшие подсказки, задать наводящие вопросы в такой форме, чтобы у школьника складывалось впечатление, что он почти все придумал сам.

Для тех учащихся, кому не удастся помочь намеками и наводящими вопросами, нужно заранее подготовить краткие инструкции к выполнению заданий. Однако не следует заранее делить учащихся класса на способных и неспособных. Неспособный сегодня может проявить себя способным завтра или через год. Поэтому на каждом уроке

всем нужно сначала давать задание в одинаковой форме, а затем лишь по мере необходимости оказывать индивидуальную помощь. Рассмотрим пример экспериментального задания повышенной трудности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 17.2. Измерение плотности вещества.

Оборудование: стеклянный стакан с водой, пробирка, измерительная линейка, неизвестное вещество в виде небольших кусочков.

Определите плотность неизвестного вещества в твердом состоянии.

Примечание: Плотность воды равна 1000 кг/м^3 .

Особенность этого задания заключается в том, что в перечень используемого оборудования не включены весы и измерительный цилиндр. Поэтому нельзя его выполнить путем прямых измерений массы и объема некоторого количества неизвестного вещества.

В качестве вещества неизвестной плотности можно использовать, например, металлический алюминий или цинк в гранулах, кусочки мрамора или разбитого камня. Количество вещества должно быть достаточным для заполнения пробирки.

Возможный вариант выполнения экспериментального задания 17.2.

Для определения плотности ρ_x неизвестного вещества нужно знать массу m_x и объем V_x некоторого его количества: $\rho_x = \frac{m_x}{V_x}$.

По условию задачи нет весов для измерений массы тела и измерительного цилиндра, с помощью которого можно было бы измерить объем тела. Следовательно, нужно искать такой метод измерений, в котором не требовалось бы знание абсолютных значений объема и массы тела. Подсказка содержится в примечании, указывающем, что плотность воды следует считать известной. Значит, задача сводится к сравнению плотности неизвестного вещества с плотностью воды. Можно сравнить объемы неизвестного вещества и воды при одинаковых значениях их масс, а одинаковые значения масс исследуемого вещества и воды можно получить экспериментально без помощи весов на основе использования закона Архимеда.

Нальем в стакан столько воды, чтобы уровень ее был примерно на 1 см ниже края. Будем нагружать пробирку неизвестным веществом малыми порциями до тех пор, пока пробирка погрузится в воду и расположится вертикально. Для измерений удобно, если край пробирки будет находиться на уровне верхнего края сосуда. Это положение пробирки можно определить с большой точностью с помощью линейки, помещенной сверху стакана (рис. 4).

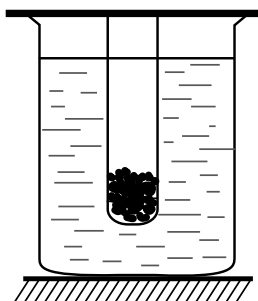


Рис. 4

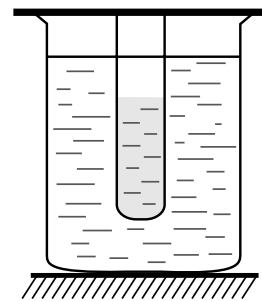


Рис. 5

Затем заменим неизвестное вещество водой и, постепенно доливая воду, добьемся точно такой же глубины погружения пробирки (рис. 5). При выполнении этого условия масса налитой воды равна массе неизвестного вещества.

Измерим высоту h_1 уровня воды в пробирке (рис. 6).

Объем V_v воды в пробирке равен $V_v = Sh_1$, где S — площадь поперечного сечения пробирки.

Опустим использованное ранее неизвестное вещество в пробирку с водой и измерим высоту h_2 уровня воды в ней (рис. 7).

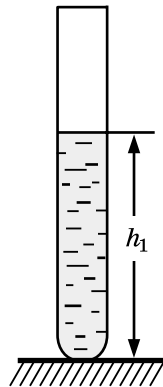


Рис. 6

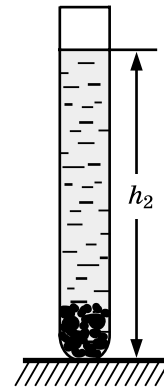


Рис. 7

Объем V_X неизвестного вещества выразим через площадь S внутреннего поперечного сечения пробирки и изменение высоты $h_2 - h_1$ уровня воды в пробирке при опускании вещества в воду:

$$V_X = S (h_2 - h_1).$$

Плотность ρ_X неизвестного вещества равна:

$$\rho_X = \frac{m_X}{V_X} = \frac{m_B}{V_X} = \frac{\rho_B V_B}{V_X} = \rho_B \frac{Sh_1}{S(h_2 - h_1)},$$

$$\rho_X = \rho_B \frac{h_1}{h_2 - h_1}.$$

Таким образом, для нахождения плотности ρ_X неизвестного вещества в условиях эксперимента достаточно измерить лишь высоты h_1 и h_2 уровней воды в пробирке.

Подготовка демонстрационных опытов. Одним из возможных вариантов вовлечения учащихся в активную практическую деятельность, связанную с изучением физики, является их участие в подготовке и выполнении демонстрационных опытов. Этот вид деятельности для одних учащихся привлекателен тем, что они в определенной мере выполняют работу учителя и повышают свой статус относительно своих товарищей. Другим школьникам просто нравится все делать самим, а не смотреть, как кто-то делает что-то интересное.

Участие школьников в подготовке и выполнении демонстрационных опытов во многих случаях полезно и для учителя. Участие школьников в экспериментах изменяет атмосферу урока, раскрепощает учащихся. Их позиция наблюдателей за действиями учителя заменяется в определенной мере на позицию «болельщиков» за свою «команду». Это невольно повышает интерес к происходящему у демонстрационного стола.

Примерами опытов такого типа могут служить многочисленные опыты по обнаружению явления инерции, атмосферного давления. Например, при переворачивании бутылки с водой под действием силы тяжести вода вытекает из бутылки. Опустим горлышко бутылки в сосуд с водой. Почему теперь вода не вытекает из бутылки? Подобные опыты могут с успехом выполнять учащиеся.

Действенным средством для привлечения внимания учащихся является эф-

фектность, яркость эксперимента. Примером эффектного опыта при ознакомлении с явлением инерции, подготовку которого можно поручить группе учащихся, может служить опыт с переламыванием палки, подвешенной на бумажных кольцах. Для опыта нужно подготовить из сухих веток дерева несколько палок диаметром 1—1,5 см и длиной около 1 м и еще одну палку примерно в 2 раза большего диаметра. Из бумажных полос шириной 2—3 см и длиной 10—15 см нужно склеить 4—5 колец. Палки и кольца обязательно нужно испытать в предварительных опытах, а также они должны быть в запасе для повторения опыта другими учащимися.

Опыт нужно проводить в следующем порядке. Показав палку и бумажное кольцо, учитель спрашивает: «Как вы думаете, что прочнее — палка или бумажное кольцо?» После высказывания предположений учащимися нужно взять палку на расстоянии 20—30 см от конца, продеть конец палки в кольцо и, удерживая кольцо на стержне от штатива, разорвать бумажное кольцо нажимом палки. Предположение о том, что палка прочнее бумажного кольца, подтверждено экспериментом.

Теперь можно подвесить эту палку за концы на двух бумажных кольцах, удерживаемых двумя учениками с помощью стержней от штативов, и задать вопрос: «А если резко ударить посередине палки, порвутся бумажные кольца или переломится палка?»

После этого выполняется основной опыт по обнаружению свойства инертности палки. При резком ударе посередине палки бумажные кольца остаются целыми, а палка переламывается.

Домашние экспериментальные задания. В домашних условиях могут быть выполнены экспериментальные задания, например, по наблюдению явления диффузии при растворении кристаллов марганцовки в воде, по выращиванию кристаллов соли. Для учащихся, желающих вырастить самостоятельно кристаллы соли, можно дать краткую инструкцию.

При изучении способов измерения скорости учащимся можно предложить определить скорость автомобиля с помощью цифрового фотоаппарата, который может производить съемку быстро

движущихся тел при обычном солнечном освещении в режиме «непрерывная съемка» и давать серию последовательно выполненных фотографий.

Интервал времени между последовательно выполненными снимками можно определить, отсняв 10—20 кадров циферблата часов с секундной стрелкой. Интервал времени находится делением разности между показаниями часов на первом и последнем кадрах на число интервалов времени. После проверки одинаковости интервалов времени между последовательными кадрами и определения интервала времени между последовательно выполненными снимками можно производить исследования движения различных тел и определять скорости их движения.

Опыты с «картезианским водолазом». При изучении закона Архимеда можно предложить учащимся занимательное домашнее экспериментальное задание по изготовлению игрушки, известной под названием «картезианский водолаз». Для этого понадобятся пипетка для отмеривания жидкости по каплям и пластиковая бутылка. В пипетку нужно набрать столько воды, чтобы она при опускании в воду плавала в вертикальном положении, но над водой оставалась лишь очень малая часть ее резинового колпачка, не более 2—3 мм. Затем пипетку перенести в пластиковую бутылку, наполненную почти доверху водой, и завинтить бутылку крышкой. При сжатии бутылки с боков пипетка опускается вниз до дна. С прекращением сжатия «картезианский водолаз» всплывает.

Такую игрушку учащиеся могут продемонстрировать в классе и объяснить наблюдаемые явления.

Подготовка рефератов о практическом применении знаний по физике в повседневной жизни. Примерами рефератов могут быть сообщения об особенностях кровеносной системы человека и способах измерения кровяного давления. Подготовка рефератов можно поручить 5—6 учащимся по их желанию. Темы сообщений могут быть примерно такими:

1. Система кровообращения человека.
2. Кровяное давление.
3. Когда и зачем нужно измерять артериальное давление?

4. Сфигмоманометр — прибор для измерения артериального давления крови.

5. Измерение артериального кровяного давления.

Самой интересной и полезной для учащихся будет практическая часть занятия, во время которой они поочередно выполняют измерения кровяного давления друг у друга. Чтобы эта часть занятия прошла успешно, нужно объяснить принцип действия фонендоскопа и тонометра, продемонстрировать способ их применения, дать возможность учащимся самостоятельно выполнить измерения артериального давления.

Подготовка рефератов об истории научных открытий и технических изобретений, о достижениях техники. Возможных тем для подготовки таких рефератов очень много. Процесс компьютеризации школ и подключения их к глобальным информационным сетям существенно расширяет возможности учащихся при выполнении подобных работ. Учащимся, которые не имеют опыта работы в Сети, учитель должен показать путь входа в Интернет, рекомендовать поисковые системы (<http://www.aport.ru/>, <http://www.google.ru/>, <http://www.yahoo.ru/>), объяснить, как делается запрос на поиск нужной информации в Сети, как эта информация сохраняется и как ее можно подготовить для представления с помощью компьютера.

При выборе тем рефератов нет нужды ограничиваться только обсуждением проблем науки физики и ее технических применений. Детям интересно узнать что-то новое, например, об автомобилях. Поэтому их может заинтересовать реферат на тему «Рекорды скорости». Задача учителя состоит в том, чтобы перед учащимися поставить один-два вопроса, связанные с физикой. Например, при подготовке реферата на тему «Рекорды скорости» может быть поставлен вопрос о том, почему при достижении скорости около 600 км/ч изобретателям и конструкторам гоночных автомобилей долгие годы не удавалось улучшить достигнутые результаты, а затем вдруг рекордные значения скорости значительно увеличились.

При обсуждении вопросов научно-технического прогресса имеет смысл иногда обсуждать и вопросы, выходящие за рамки учебного предмета. На-

пример, возможной темой реферата может быть «Как добиться успеха в жизни?». Героем такого реферата может быть, например, Эдисон.

Выполнение индивидуальных заданий с применением компьютера. Для учащихся, проявляющих повышенный интерес к работе с компьютером, могут оказаться привлекательными такие индивидуальные задания, как, например, построение графиков. Учащийся, выбравший эту тему, после ее завершения может продемонстрировать остальным учащимся, как по табличным данным несут экспериментальные точки на координатную плоскость и строят по ним график.

Диспуты. Участие в диспутах является одной из форм активной самостоятельной познавательной деятельности, развивающей общие способности логического мышления, умения кратко, логично, доступно и убедительно излагать свои мысли и доводы, выслушивать собеседника и понимать его точку зрения. Большинство учащихся не могут без специальной предварительной подготовки с пользой для себя и своих товарищей принимать участие в диспуте по одной из изученных тем курса физики.

Например, для проведения диспута на тему «Существует ли пустота? Существует ли атмосферное давление?» учащихся, желающих принять участие в диспуте, можно разбить на две группы. Одна группа будет выполнять роль сторонников учения Аристотеля, другая будет экспериментами и логическими доводами пытаться опровергнуть учение Аристотеля. Это будут сторонники Торричелли.

Возможный набор демонстрируемых опытов и их объяснений по Аристотелю (А) и по Торричелли (Т) представлен ниже.

Опыты по обнаружению атмосферного давления

Опыт 1. Нальем в стакан воду до краев. Накроем его сверху листом бумаги, прижмем сверху ладонью и перевернем вверх дном. Теперь удалим ладонь. Вода не выливается из стакана.

Объяснение А. Вода не может вылиться, так как в стакане образовалась бы пустота, а природа не терпит пустоты.

Объяснение Т. Воздух давит на лист бумаги снизу вверх силой, превышающей вес воды.

Опыт 2. Опустим конец стеклянной трубки пипетки в воду, сожмем резиновый колпачок, затем отпустим его. Вода поднимается вверх по стеклянной трубке.

Объяснение А. После отпускания резинового колпачка его объем увеличивается. Так как природа не терпит пустоты, в трубку входит столько воды, на сколько увеличился объем колпачка.

Объяснение Т. При отпуске сжатого резинового колпачка объем находящегося в нем воздуха увеличивается, давление уменьшается. Так как давление воздуха над водой в трубке становится меньше атмосферного давления, вода под действием атмосферного давления поднимается вверх.

Опыт 3. Возьмем пакет с соком, аккуратно проколем пластмассовой трубкой (соломинкой) отверстие в металлической крышке и начнем всасывать сок через трубку. При этом пакет сжимается с боков.

Объяснение А. При всасывании сока объем оставшейся жидкости уменьшается. Так как природа не терпит пустоты, стенки коробки втягиваются внутрь, занимая освободившееся место.

Объяснение Т. При всасывании сока давление внутри пакета понижается и становится меньше атмосферного, под действием атмосферного давления снаружи пакет сжимается.

Опыт 4. Нальем в пластмассовую бутылку с плотно завинчивающейся пробкой объемом 1,5—2,5 л горячую воду, затем выльем ее и сразу закроем плотно пробкой. По мере остывания бутылка сжимается, коробится.

Объяснение А. При охлаждении объем воздуха в бутылке уменьшается, стенки бутылки втягиваются внутрь, занимая освободившееся пространство, так как природа не терпит пустоты.

Объяснение Т. Газы всегда занимают весь предоставленный им объем и не сжимаются при охлаждении. При охлаждении бутылки давление воздуха в ней уменьшается. Кроме того, происходит конденсация водяного пара, и из-за этого давление еще более уменьшается. Внешнее атмосферное давление сжимает бутылку до такого объема, при котором давление воздуха внутри бутылки становится равным атмосферному давлению.

Опыт 5. В пластмассовую бутылку вставим резиновую пробку со стеклянной трубкой. Соединим трубку резиновым шлангом с воздушным насосом. При откачивании воздуха бутылка смянется.

Объяснение А. Стенки бутылки втягиваются внутрь на место откачанного воздуха, так как природа не терпит пустоты.

Объяснение Т. При откачивании воздуха в бутылке не образуется пустота, так как оставшийся воздух заполняет весь объем. Давление воздуха в бутылке уменьшается ниже атмосферного, избыточное атмосферное давление снаружи сминает бутылку.

Опыт 6. В стеклянную бутылку вставим резиновую пробку со стеклянной трубкой, конец стеклянной трубки, помещенный внутрь бутылки, должен быть суженным. Соединим трубку резиновым шлангом с воздушным насосом и откачаем воздух. Перекроем резиновую трубку зажимом, отсоединим от насоса и опустим конец трубки в стакан с водой. Бутылку поставим вертикально и отпустим зажим. Внутри бутылки возникает водяной фонтан.

Объяснение А. Вода втягивается внутрь бутылки на место откачанного воздуха, так как природа не терпит пустоты.

Объяснение Т. При откачивании части воздуха в бутылке не образуется пустота, так как оставшийся воздух заполняет весь объем. В бутылке давление воздуха уменьшается ниже атмосферного, избыточное атмосферное давление снаружи вдавливает воду внутрь бутылки.

Опыт 7. Возьмем две воздушные тарелки (уменьшенный вариант магдебургских полушарий), сложим их вместе и соединим кран на одной из тарелок резиновым шлангом с насосом. Откачаем воздух из тарелок и закроем кран. Теперь тарелки не удастся разъединить до тех пор, пока открыванием крана внутрь не будет впущен атмосферный воздух.

Объяснение А. Так как из пространства между тарелками удален почти весь воздух, при разъединении тарелок могла бы образоваться пустота.

Но природа не терпит пустоты, поэтому раздвинуть тарелки не удастся.

Объяснение Т. После откачивания воздуха из пространства между тарелками давление изнутри приближается к нулю. Сил человека оказывается недостаточно для преодоления сил атмосферного давления, сжимающего тарелки.

Примеры объяснений опытов показывают, что убедить сторонников Аристотеля в том, что существует атмосферное давление, не так просто. Гипотеза Торричелли о существовании атмосферного давления не только дает качественное объяснение наблюдаемых явлений, но и позволяет правильно рассчитать максимальную высоту подъема столба любой жидкости в трубке, из которой выкачивается воздух, рассчитать силу, необходимую для разрыва магдебургских полушарий. В физике гипотезе, способной предсказать новые экспериментально подтверждаемые факты, отдается безусловное предпочтение.

КОНСТРУКТОРСКИЕ ЗАДАНИЯ. Измерение атмосферного давления. Задача по изготовлению водяного барометра можно выполнить, если здание школы имеет более трех этажей и водяной барометр можно установить на лестничной клетке.

Для изготовления водяного барометра потребуются пластмассовая трубка длиной 10,5—11 м, пластмассовая бутылка и стеклянная трубка длиной 0,5 м с одним запаянным концом.

Сначала нужно заполнить пластмассовую и стеклянную трубки водой и соединить их, надев конец пластмассовой трубки на открытый конец стеклянной трубки. Все воздушные пузырьки из воды необходимо постепенно выпустить из трубки, после этого долить воду в трубку, чтобы в ней не было воздуха. Затем нужно налить воду в пластмассовую бутылку до самого верха и ввести в нее открытый конец трубки с водой. Опустив конец трубки до дна бутылки, нужно соединить трубку с бутылкой скотчем так, чтобы воздух свободно мог входить в бутылку. Теперь из бутылки осторожно нужно вылить примерно $1/3$ воды так, чтобы при этом воздух не пошел в трубку.

Чтобы из трубки, заполненной водой, получился водяной барометр, нужно закрепить бутылку на полу на лестничной клетке, а трубку с водой, постепенно

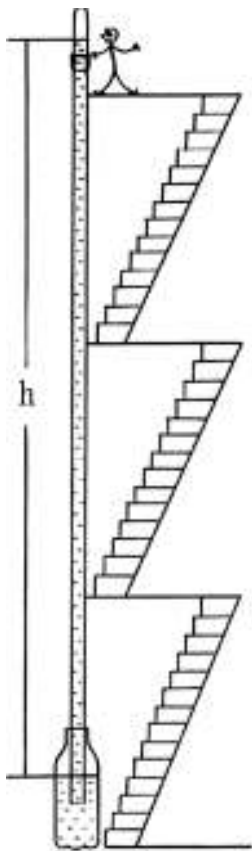


Рис. 8

разматывая, поднять на четвертый этаж (рис. 8).

Когда запаянный конец стеклянной трубки удалится от уровня воды в бутылке более чем на 10,3 м, в стеклянной трубке над водой образуется «торричеллиева пустота». Измерив высоту h водяного столба в барометре, можно вычислить атмосферное давление: $p = \rho gh$.

Стеклянная трубка на конце пластмассовой трубки нужна потому, что при образовании торричеллиевой пустоты пластмассовая трубка сжимается атмосферным давлением и трудно заметить, где находится уровень воды.

Самостоятельные исследовательские проекты школьников. Разговор о самостоятельных исследованиях школьников по физике обычно вызывает у многих учителей недоумение или удивление. О каких научных исследованиях по физике может идти речь в условиях обычной школы? И что могут «открыть» в физике дети, не освоившие школьный курс физики?

Действительно, в физике нет возможности приступить к самостоятельному творчеству после кратковременной интенсивной подготовки в виде прочтения нескольких умных книжек. Не нужно и поддерживать попытки некоторых учащихся, направленные на теоретическое опровержение существующих физических теорий или на разработку собственных физических теорий, объясняющих все на свете. С развитием Интернета резко выросла опасность вовлечения учащихся в пустые словесные упражнения, близкие по своему характеру и научной ценности к средневековым «ученым диспутам», так как школьники не могут отличить изложенные в Сети действительные новости науки от совершенно пустых словесных упражнений.

Какие же темы исследовательских проектов по физике могут быть предложены учащимся для самостоятельного выполнения и какая от них может быть польза?

Главное назначение исследовательских проектов по физике для учащихся — **овладение методами научного исследования физических явлений**. Для достижения этой цели не требуется обязательное использование совершенных современных измерительных приборов. Нужно понять, что Галилей, Ньютон, Гальвани, Вольты, Фарадей, Ампер и многие другие ученые свои замечательные открытия сделали с использованием примитивных приборов. Поэтому учащиеся имеют реальные возможности самостоятельно пройти путь экспериментального открытия замечательных физических явлений.

Первым этапом подготовки к предложению исследовательского проекта по физике для учителя является выбор такой проблемы, которая требует для своего решения проведения экспериментального исследования. Обязательным условием является предварительное проведение предполагаемого исследования учителем. Только после получения вполне убедительных воспроизводимых результатов он может предлагать проблему учащимся.

С учащимися, проявившими интерес к поставленной проблеме, можно обсудить возможные способы проведения экспериментального исследования, затем выбрать место проведения экспери-

ментов, определить состав участников исследования, подобрать необходимые приборы и материалы. Нужно внимательно приглядеться к потенциальным участникам исследовательского проекта с целью выяснения оптимального варианта распределения выполняемых элементов проекта.

Одни учащиеся склонны к полной самостоятельности и имеют возможности для проведения исследований в домашних условиях. Им достаточно предложить проблему и затем регулярно интересоваться полученными результатами. Другие не склонны к индивидуальной работе. Им интересно непрерывно общаться между собой в небольшой группе, спорить, пробовать разные варианты.

При организации работы в группе важна не только психологическая совместимость участников, но и подбор такой команды, в которой были бы экспериментаторы, способные работать руками, и теоретики, способные к выдвижению гипотез, формулировке полученных результатов. Важно и наличие явного лидера в группе, без которого трудно организовать совместную работу нескольких учащихся.

Предлагаемая проблема должна казаться учащимся довольно простой, имеющей почти очевидное решение. И лишь в ходе проведения экспериментов выясняется высокая сложность исследуемой проблемы. Рассмотрим в качестве примера одно простое экспериментальное задание.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 29.3. Исследование зависимости показаний термометра от внешних условий.

Какая температура воздуха в комнате и на улице, интересует людей каждый день. Термометр для измерения температуры воздуха есть практически в каждом доме, но далеко не всякий человек умеет правильно им пользоваться. Многие не понимают самой задачи измерения температуры воздуха. Это непонимание особенно обнаруживается в жаркие летние дни. Когда метеорологи сообщают, что температура воздуха в тени достигала $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, то многие люди уточняют примерно так: «А на солнце столбик термометра уходил за отметку $50\text{ }^{\circ}\text{C}$!» Имеют ли смысл такие уточнения? Для ответа на этот вопрос выпол-

ните следующее экспериментальное исследование и сделайте свои выводы.

Оборудование: настольная лампа, термометр, листы белой и черной бумаги.

Исследуйте зависимость показаний термометра от внешних условий.

1) Освещен термометр или он находится в тени? 2) На какой подложке лежит термометр? 3) Какого цвета экран закрывает термометр от солнечных лучей?

Это задание учащиеся могут выполнить по своему плану без каких-либо указаний и инструкций со стороны учителя. Тем учащимся, которые хотят выполнить это исследование, но не могут самостоятельно спланировать его, можно предложить следующий план действий:

Опыт 1. Измерьте температуру воздуха «на солнце» и «в тени». В качестве «солнца» используйте настольную лампу. Первый раз расположите термометр на расстоянии $15\text{--}20\text{ см}$ от лампы на столе (рис. 9), второй раз, не изменяя положения лампы относительно термометра, создайте «тень» листом бумаги, поместив его вблизи лампы (рис. 10). Запишите показания термометра.

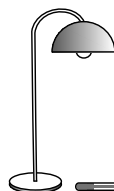


Рис. 9

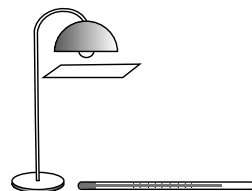


Рис. 10

Опыт 2. Выполните измерения температуры «на солнце» с использованием сначала темной, затем светлой подложки под термометром. Для этого первый раз положите термометр на лист белой бумаги (рис. 11), второй раз — на лист черной бумаги (рис. 12). Запишите показания термометра.

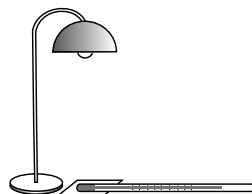


Рис. 11

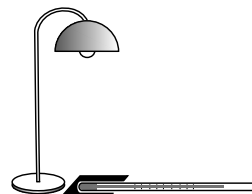


Рис. 12

Опыт 3. Выполните измерения «в тени», закройте свет от лампы листом белой бумаги, положив его прямо на термометр (рис. 13). Запишите показания термометра. Повторите опыт, заменив белую бумагу черной (рис. 14).

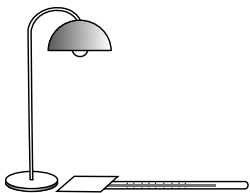


Рис. 13

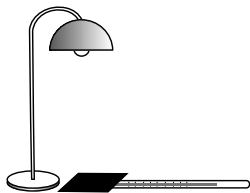


Рис. 14

Обдумайте результаты выполненных опытов и сделайте выводы, где и как за окном нужно укрепить термометр для измерения температуры воздуха на улице.

Серия опытов при правильном выполнении дает следующие результаты.

Из опыта 1 следует, что показания термометра «на солнце» заметно выше его показаний «в тени». Этот факт должен получить следующее объяснение. При отсутствии солнечного освещения температуры воздуха и стола одинаковы. В результате теплообмена со столом и воздухом термометр приходит в тепловое равновесие с ними и показывает температуру воздуха.

Когда «солнце» не закрыто листом бумаги, то под действием поглощаемого излучения температура стола повышается, а прозрачный воздух этим излучением почти не нагревается. Термометр, с одной стороны, осуществляет теплообмен с поверхностью стола, а с другой стороны — с воздухом. В результате температура оказывается выше температуры воздуха, но ниже температуры поверхности стола. Каков же тогда смысл показаний термометра «на солнце»?

Упорный любитель измерений температуры воздуха «на солнце» может на это возразить, что его не интересует температура воздуха «в тени», когда сам он находится «на солнце». Пусть это будет не температура воздуха, просто показания термометра «на солнце», но именно они его и интересуют. В этом случае ему пригодятся результаты опыта 2.

Из опыта 2 следует, что на белой бумаге, хорошо отражающей свет, показания термометра значительно меньше,

чем на черной, хорошо поглощающей световое излучение и сильнее нагревающейся. Следовательно, на вопрос о показаниях термометра «на солнце» нет однозначного ответа. Результат будет сильно зависеть от цвета подложки под термометром, цвета и структуры поверхности баллона термометра, наличия или отсутствия ветра.

Температура воздуха на улице при измерениях вдали от нагретых солнечным излучением предметов и при исключении прямого воздействия излучения на термометр одинакова «на солнце» и «в тени», это просто температура воздуха. Но измерять ее следует действительно только «в тени».

Но создание «тени» для термометра в солнечный день тоже непростая задача. В этом убеждают результаты опыта 3. Они показывают, что при близком расположении экрана от термометра нагревание экрана солнечным излучением будет приводить к существенным ошибкам при измерении температуры воздуха в солнечный день. Повышение температуры будет особенно большим при темной окраске экрана, так как такой экран поглощает почти всю энергию падающего на него солнечного излучения. При белой окраске экрана повышение температуры значительно меньше, так как такой экран отражает почти всю энергию падающего на него солнечного излучения.

После выполнения такого экспериментального исследования нужно обсудить важный вопрос: как же нужно измерять температуру воздуха на улице? Ответ на этот вопрос может быть примерно таким. Если в квартире есть окно, выходящее на север, то именно за этим окном и нужно укрепить уличный термометр. Если же такого окна в квартире нет, термометр должен быть укреплен возможно дальше от нагреваемых солнцем стен, напротив слабонагреваемых оконных стекол. Баллон термометра должен быть защищен от нагревания солнечным излучением. Результаты опыта 3 показывают, что при попытке защиты термометра от солнечного излучения экран сам нагревается и нагревает термометр. Так как белый экран нагревается меньше, защитный экран должен быть светлым, располагать его следует достаточно далеко от термометра.

Аналогичное задание можно дать для выяснения зависимости показаний комнатного термометра от места его расположения. Результатом выполнения домашнего задания должно быть установление того факта, что показания комнатного термометра зависят от места его расположения в комнате. Если нас интересует температура воздуха в комнате, то нужно исключить влияние на него нагретых тел и солнеч-

ного излучения. На термометр не должен падать прямой солнечный свет, нельзя располагать термометр вблизи нагревательных и осветительных приборов.

Не следует вешать термометр на внешнюю стену комнаты, которая летом имеет повышенную, а зимой — пониженную температуру относительно температуры воздуха в комнате.

6. Содержание обучения физике в 7 классе

Содержание обучения физике в 7 классе соответствует федеральному компоненту Государственного стандарта основного общего образования по физике. Для изучения выбраны следующие разделы программы: «Физика и физические методы изучения природы», «Механические явления» и «Тепловые явления». При этом имеется в виду, что изучение этих разделов не завершится в 7 классе, а будет продолжено на новом уровне в 9 классе. В 7—8 классах планируется изучение всех тем на уровне ознакомления с физическими явлениями, формирования основных физических понятий, определения физических величин, приобретения умений измерять физические величины, применения полученных знаний на практике.

Изучение основных физических законов, способов их установления и экспериментальной проверки, определение границ применимости физических законов входит в курс физики 9 класса.

Ниже представлена программа по физике для 7 класса, в соответствии с которой написан учебник.

ПРОГРАММА ПО ФИЗИКЕ

Основное содержание

7 класс (70 ч)

Физика и физические методы изучения природы (3 ч)

Физика — наука о природе. Наблюдение физических явлений. Физические опыты. Физические приборы. Физические величины и их измерение. Физика и техника.

Демонстрации

Примеры механических, тепловых, электрических, магнитных и световых явлений.

Физические приборы.

Лабораторные работы и опыты

1. Измерение длины.
2. Измерение времени.
3. Определение цены деления шкалы измерительного прибора.

Механические явления (42 ч)

Механическое движение. *Относительность движения. Система отсчета.* Траектория. Путь. Прямолинейное равномерное движение. Скорость равномерного прямолинейного движения. Методы измерения расстояния, времени и скорости. Путь и время — скалярные физические величины. Скорость — векторная величина. Модуль векторной величины. Графики зависимости пути и модуля скорости от времени при равномерном движении.

Явление инерции. Масса — мера инертности и мера тяжести тела. Методы измерения массы тел. Единица массы — килограмм. Плотность вещества. Методы измерения массы и плотности.

Взаимодействие тел. Результат взаимодействия — изменение скорости тела или деформация тела. Сила. Единица силы — ньютон. Измерение силы по деформации пружины. Сила упругости. Сила тяжести. Сила трения. Правило сложения сил.

Давление. Атмосферное давление. Методы измерения давления. Закон Паскаля. *Гидравлические машины.* Закон Архимеда. *Условие плавания тел.*

Момент силы. Условия равновесия рычага. *Центр тяжести тела. Условия равновесия тел.*

Энергия. Работа как мера изменения энергии. Мощность. Простые механизмы. Коэффициент полезного действия. Методы измерения работы и мощности. Механические колебания. Механические волны. *Длина волны*. Звук.

Демонстрации

Равномерное прямолинейное движение.

Относительность движения.

Явление инерции.

Взаимодействие тел.

Изменение скорости тел при взаимодействии.

Деформация тел при взаимодействии.

Измерение силы по деформации пружины.

Свойства силы трения.

Сложение сил, направленных вдоль одной прямой.

Сложение сил, направленных под различными углами.

Обнаружение атмосферного давления.

Измерение атмосферного давления барометром.

Опыт с шаром Паскаля.

Гидравлический пресс.

Опыт с ведром Архимеда.

Простые механизмы.

Наблюдение колебаний шара, подвешенного на нити.

Наблюдение колебаний груза, подвешенного на пружине.

Наблюдение волн на поверхности воды.

Наблюдение колебаний струны или ножек камертона и возникновения звуковых колебаний.

Опыт с электрическим звонком под колоколом вакуумного насоса.

Лабораторные работы и опыты

4. Измерение скорости равномерно движения.

5. Измерение массы.

6. Измерение плотности твердого тела.

7. Измерение плотности жидкости.

8. Измерение силы динамометром.

9. Сложение сил, направленных вдоль одной прямой.

10. Сложение сил, направленных под углом.

11. Исследование зависимости силы трения скольжения от площади соприкосновения тел и силы нормального давления.

12. Измерение атмосферного давления.

13. Исследование условий равновесия рычага.

14. Нахождение центра тяжести плоского тела.

15. Измерение КПД наклонной плоскости.

16. Измерение мощности.

17. Измерение архимедовой силы.

18. Изучение условий плавания тел.

Тепловые явления (25 ч)

Строение вещества. Тепловое движение атомов и молекул. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие частиц вещества. Строение газов, жидкостей и твердых тел.

Температура и ее измерение. Связь температуры со скоростью теплового движения частиц. Тепловое равновесие.

Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии тела.

Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Количество теплоты. Удельная теплоемкость.

Плавление и кристаллизация. *Удельная теплота плавления и парообразования*. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение. *Зависимость температуры кипения от давления*. *Удельная теплота сгорания*. Расчет количества теплоты при теплообмене.

Демонстрации

Диффузия в газах и жидкостях.

Модель хаотического движения молекул.

Модель броуновского движения.

Сцепление свинцовых цилиндров.

Принцип действия термометра.

Теплопроводность различных материалов.

Конвекция в жидкостях и газах.

Теплопередача путем излучения.

Сравнение удельных теплоемкостей различных веществ.

Явления плавления и кристаллизации.

Явление испарения.

Кипение воды.

Постоянство температуры кипения жидкости.

Определение абсолютной влажности воздуха по точке росы.

Лабораторные работы и опыты

19. Исследование зависимости объема газа от давления при постоянной температуре.

20. Изучение явления теплообмена.
21. Измерение удельной теплоемкости вещества.
22. Измерение удельной теплоты плавления льда.
23. Измерение абсолютной влажности воздуха по точке росы.
-

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОУРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Физика и физические методы изучения природы

- Урок 1. § 1. Физические явления.
Уроки 2—3. § 2. Физические величины. Измерение длины. Экспериментальные задания 2.1, 2.2.
Урок 4. § 3. Измерение времени. Экспериментальное задание 3.1.

Механические явления

- Урок 5. § 4. Механическое движение. Экспериментальные задания 4.1, 4.2.
Уроки 6—7. § 5. Скорость. Экспериментальное задание 5.1.
Урок 8. § 6. Методы исследования механического движения.
Уроки 9—10. § 7. Таблицы и графики.
Урок 11. Тестовый контроль знаний и умений. Тест 1.
Уроки 12—13. § 8. Явление инерции. Масса. Экспериментальное задание 8.1.
Уроки 14—15. § 9. Плотность вещества. Экспериментальные задания 9.1, 9.2, 9.3.
Урок 16. § 10. Сила.
Урок 17. § 11. Сила тяжести. Вес.
Уроки 18—19. § 12. Сила упругости. Экспериментальное задание 12.1.
Уроки 20—21. § 13. Сложение сил. Экспериментальное задание 13.1.
Урок 22. Тестовый контроль знаний и умений. Тест 2.
Уроки 23—24. § 14. Равновесие тел. Экспериментальное задание 14.1.
Уроки 25—26. § 15. Центр тяжести тела. Экспериментальное задание 15.1.
Урок 27. § 16. Давление.
Уроки 28—29. § 17. Закон Архимеда. Экспериментальное задание 17.1.

- Урок 30. § 18. Атмосферное давление. Экспериментальное задание 18.1.
Уроки 31—32. § 19. Сила трения. Экспериментальное задание 19.1.
Урок 33. § 20. Энергия.
Уроки 34—35. § 21. Работа. Мощность. Экспериментальные задания 21.1, 21.2.
Уроки 36—38. § 22. Простые механизмы. Экспериментальное задание 22.1.
Уроки 39—40. § 23. Механические колебания. Экспериментальное задание 23.1.
Уроки 41—42. § 24. Механические волны. Экспериментальное задание 24.1.
Урок 43. Тестовый контроль знаний и умений. Тест 3.

Строение вещества

- Урок 44. § 25. Атомное строение вещества. Экспериментальное задание 25.1.
Уроки 45—46. § 26. Взаимодействие частиц вещества. Экспериментальное задание 26.1.
Уроки 47—48. § 27. Свойства газов. Экспериментальное задание 27.1.
Уроки 49—50. § 28. Свойства твердых тел и жидкостей. Экспериментальное задание 28.1.

Тепловые явления

- Урок 51. § 29. Температура. Экспериментальное задание 29.1.
Уроки 52—53. § 30. Внутренняя энергия. Экспериментальное задание 30.1.
Уроки 54—56. § 31. Количество теплоты. Удельная теплоемкость. Экспериментальные задания 31.1, 31.2.
Урок 57. § 32. Теплопроводность, конвекция, теплопередача излучением. Экспериментальное задание 32.2.
Уроки 58—60. § 33. Плавление и кристаллизация. Экспериментальные задания 33.1, 33.2.
Уроки 61—62. § 34. Испарение и конденсация. Экспериментальное задание 34.1.
Урок 63. Тестовый контроль знаний и умений. Тест 4.
Уроки 64—65. § 35. Теплота сгорания.
Урок 66. Тестовый контроль знаний и умений. Итоговый тест.
Уроки 67—70. Резерв времени.

Глава 2

Механические явления

§ 1. Физические явления

Первый урок физики требует особенно тщательного планирования и подготовки. На нем должны быть представлены разнообразные, наиболее привлекательные элементы будущих уроков физики. Первый из этих элементов — демонстрационный эксперимент. Если на первом уроке физики учитель будет проводить опыты, учащиеся будут ждать следующих уроков в надежде увидеть новые опыты. На первом уроке можно показывать любые яркие, эффектные опыты, так как все это будет ознакомление с тем, чем занимается наука физика. Но едва ли следует показывать их слишком много. С одной стороны, опыты без объяснений становятся похожими на фокусы; с другой стороны, будет снят эффект новизны в восприятии этих опытов на последующих уроках.

Возможными демонстрациями на первом уроке являются опыты с магнитами, эффектные опыты с искрами, получаемыми с помощью электрофорной машины, ознакомление с различными физическими приборами.

Второй обязательный элемент этого урока — самостоятельные опыты учащихся. Наблюдение опытов вызывает интерес учащихся, и при этом у них возникает желание самим провести такой опыт или изменить его условия и посмотреть, что получится.

Невозможно иметь представление о магнитном взаимодействии тел, не ощутив удивительное притяжение железного шара, удерживаемого левой рукой, к магниту, находящемуся в правой руке, или отталкивание одноименных полюсов магнитов.

Демонстрация увеличенного изображения предмета, даваемого линзой на экране, не заменит школьнику впечатления от прямого наблюдения через линзу увеличенного изображения своей

руки. Поэтому после демонстрации каждого опыта желательно предоставить учащимся возможность повторить его самостоятельно. Для их собственных опытов в зависимости от числа имеющихся магнитов и линз приборы выдаются на каждый стол или на группу учащихся. Перед раздачей приборов формулируются задачи опытов, после завершения опытов обсуждаются их результаты. Например, для опытов с магнитом можно поставить такие задачи: с какими предметами взаимодействует магнит? Зависит ли взаимодействие от расстояния? Способен ли магнит действовать сквозь бумагу, дерево, руку?

Для опытов с линзами: зависят ли размеры изображения от расстояния до предмета?

Большое внимание демонстрациям и собственным опытам учащихся при обсуждении методики проведения первого урока уделяется потому, что *главной задачей учителя на первом уроке физики является завоевание внимания учащихся, пробуждение их интереса к новому учебному предмету*. Без ярких демонстрационных опытов и вовлечения с первого урока в активную самостоятельную познавательную и поисковую деятельность эту задачу решить не удастся.

Третий важный элемент первого урока, как и всех последующих, — вовлечение учащихся в процесс решения загадок природы, которым занимались ученые на протяжении тысячелетий и продолжают заниматься в настоящее время. Задачей учителя является подведение учащихся к пониманию факта существования еще одной загадки природы, которую нужно разгадать, что **существует проблема**, которая может быть разрешена только опытным путем. Потом с участием школьников **спланиро-**

вать и выполнить эксперимент, результаты которого могут разрешить эту проблему. После выполнения эксперимента в форме демонстрационного опыта или самостоятельного опыта учащихся следует провести коллективное обсуждение его результатов и сформулировать **выводы**.

§ 2. Физические величины. Измерение длины

Изучение данной темы связано с объективной трудностью: почти все, о чем будет идти речь на уроке, учащиеся уже слышали не раз. Знают они, что такое метр, сантиметр и километр. Поэтому рассказ учителя о методах измерения длины и единицах длины, систематизирующий знания школьников, должен быть очень кратким. Основное внимание следует обратить на проблему выбора природной основы единицы длины, дающей возможность создания воспроизводимого эталона длины. Большую часть урока можно выделить на организацию самостоятельной деятельности учащихся с приборами для измерения длины. При выполнении экспериментального задания 2.1 учащиеся приобретают умения выполнять измерения длины измерительной лентой и линейкой, записывать результаты измерений в таблицы.

Экспериментальное задание 2.2 по определению цены деления шкалы измерительного прибора имеет важное значение, так как принцип определения цены деления шкалы одинаков для любых приборов и инструментов. Следует обратить внимание учащихся на тот факт, что умение определять цену деления шкалы измерительного прибора нужно не только при выполнении ла-

Приведенные примеры показывают, насколько простыми средствами может быть организована активная познавательная деятельность учащихся, позволяющая овладеть такими понятиями, как **явление, наблюдение, проблема, гипотеза, опыт или эксперимент**.

бораторных работ по физике, но и в повседневной практической жизни. Например, при считывании показаний таких бытовых приборов, как весы, сосуд для измерения объема жидкостей, барометр, термометр, автомобильный манометр, спидометр.

Учащимся, быстро справившимся с простыми заданиями 2.1 и 2.2, можно предложить более сложное задание 2.3.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 2.3. Измерение толщины листа бумаги и толщины нити.

Используя линейку и карандаш, определите толщину листа учебника и толщину нити.

Подсказка. Для определения толщины a одного листа бумаги можно измерить толщину 100 листов (не страниц!) в книге и разделить полученный результат на 100. Для определения толщины нити можно намотать плотно друг к другу 30—40 витков нити на карандаш, измерить длину намотки и разделить полученный результат на число витков.

Можно познакомить учащихся с точными измерительными приборами — штангенциркулем и микрометром, продемонстрировав их учащимся и пояснив принцип действия.

§ 3. Измерение времени

Изучение данной темы связано с той же трудностью, о которой говорилось при обсуждении предыдущей темы. Учащиеся знают, что такое сутки, час, минута и секунда. Поэтому основное внимание может быть обращено на трудности выбора природной основы для единицы времени, связанные с неравномерностью вращения Земли.

Часть урока отводится выполнению очень простого экспериментального задания 3.1. Выбор задачи измерения интервала времени между двумя ударами пульса неслучаен.

Во-первых, это задание направлено на приобретение умения, необходимого каждому человеку в повседневной практической жизни.

Во-вторых, оно интересно каждому, независимо от того, нравится ли ему физика, так как здесь исследуется важнейший процесс жизнедеятельности человеческого организма вообще и лично его организма в частности.

В-третьих, для выполнения эксперимента всеми учащимися класса каждому нужен лишь один измерительный прибор — часы, которые имеются сегодня у большинства школьников.

В-четвертых, в процессе выполнения этого простого экспериментально-го задания есть возможность познакомиться учащимся со способом уменьшения влияния случайных погрешностей при измерении физических величин путем нахождения среднего арифметического значения нескольких повторных измерений.

Задание 3.1 можно предложить учащимся выполнить по самостоятельно разработанному плану. Те, кому задание покажется трудным, могут использо-

вать возможный порядок выполнения измерений, данный в учебнике.

Второй разворот содержит материал, который можно изучить в классе с предварительной подготовкой к уроку нескольких учащихся. Желаящим нужно сообщить темы, помочь подготовить демонстрации. Примерные темы кратких сообщений: солнечные часы, песочные часы, водяные часы, маятниковые часы, астрономические способы измерения времени, атомный эталон времени. Для демонстраций необходимо помочь учащимся изготовить модели солнечных и водяных часов, «разыскать на чердаках» маятниковые часы, продемонстрировать в открытом виде работу механизма часов с балансиrom.

Дополнительная литература

Время, его измерение и хранение // Энциклопедия для детей. Астрономия. — М. : Аванта+, 2001. — Т. 8. — С. 296—315.

§ 4. Механическое движение

В теме «Механическое движение» вводятся такие новые для учащихся понятия, как траектория движения и путь, определяется понятие скалярной величины и формируется представление об относительности физических величин. Понятия о траектории движения и пройденном пути учащимся кажутся давно известными, самоочевидными и простыми. Поэтому формирование представлений об относительности этих физических величин встречается с вполне объяснимыми психологическими и логическими трудностями.

Как траектория движения самолета может быть относительной, если и с земли, и из движущегося автомобиля, и из иллюминатора другого самолета можно увидеть одинаковый след от самолета на фоне голубого неба?

Для ответа на этот вопрос нужно обратить внимание учащихся на то, что при наблюдении из иллюминатора самолета мы действительно видим позади него белый облачный след, но он является траекторией движения самолета только относительно атмосферного воздуха и любых других тел, неподвижных относительно воздуха.

Для пассажиров самолет является неподвижным. Траекторией движения каждой точки самолета является точка. Неподвижным видит этот самолет и пилот другого самолета, летящего в том же направлении с такой же скоростью.

Опыт с получением двух различных траекторий одного движения в разных системах отсчета — прямой линии и синусоиды — можно выполнить в виде демонстрации, используя килограммовую гирю или пластиковую бутылку с водой в качестве маятника. К маятнику резиновыми кольцами крепится кисть. Маятник нужно подвесить на двух нитях для предотвращения возможности его вращения. Высота подвеса должна быть более 1 м, для того чтобы конец кисти при небольшой амплитуде колебаний двигался почти по горизонтальной прямой и мог нарисовать на листе бумаги траекторию своего движения.

Для выполнения опыта помещаем на столе маятником лист белой бумаги. Кисть устанавливаем так, чтобы в нижней точке траектории своего движения она сминалась на 3—4 мм. Смазываем кисть водой и набираем на нее акварельную краску. Отклоняем маят-

ник на 5—10 см от положения равновесия и отпускаем. Кисть за два-три колебания рисует почти совпадающие отрезки прямой.

Останавливаем колебания маятника и набираем новую порцию краски на кисть. Отклоняем маятник, отпускаем его и одновременно начинаем равномерно перемещать лист бумаги в направлении, перпендикулярном плоскости качаний маятника. Кисть за два-три колебания рисует на бумаге кривую, называемую синусоидой. Мы получили, что одно и то же движение конца кисти для наблюдателей на неподвижном листе бумаги и на движущемся листе бумаги происходит по разным траекториям.

После постановки опыта выполняются экспериментальные задания 4.1 и 4.2. Эти задания могут служить примерами заданий на формирование новых понятий. Первое из них направлено на формирование понятий «траектория» и «путь», выяснение сходства и различия между ними. Вместо мысленной операции распрямления траектории для измерения ее длины учащимся предлагается практическая деятельность с нитью как материальной моделью траектории. Задание 4.2 по вычерчиванию траекторий движения одного тела с точки зрения разных наблюдателей должно помочь усвоению идеи относительности траектории движения и пройденного пути.

Задание 4.1. Для измерения пути жука можно расположить нить вдоль всей траектории его движения. Затем растянуть нить, приложить ее к линейке и измерить длину.

Задание 4.2. Перед выполнением задания ставится вопрос: какой может быть траектория движения точки на вращающемся колесе велосипеда, кроме окружности?

В результате обсуждения выясняется, что траектория движения точки A на колесе велосипеда во время его движения по прямой горизонтальной дороге по наблюдению жука, сидящего на оси колеса, представляет собой окружность. Для муравья, сидящего в точке B на колесе, точка A неподвижна. Поэтому траектория ее движения — точка.

По наблюдению человека, стоящего на земле, траектория движения точки A

на колесе велосипеда во время его движения по прямой имеет вид штриховой линии OM на рисунке 15. Такая кривая называется циклоидой.

Эту кривую можно нарисовать приблизительно, представив движение точки A относительно земли. Крайние точки на поверхности земли находятся на расстоянии длины окружности колеса, средняя точка — на высоте диаметра колеса.

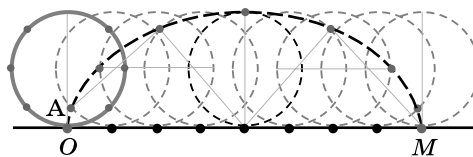


Рис. 15

Циклоиду можно построить, вырезав из плотной бумаги круг и разделив окружность точками по краю круга на 8 равных частей. Одну из этих точек обозначим буквой A . Проведя на листе бумаги прямую, отметим на ней точку O . Изготовленный круг будет служить моделью велосипедного колеса, а прямая линия на листе бумаги — моделью дороги. Измерим диаметр колеса, вычислим длину окружности и отложим на прямой отрезок OM , равный длине окружности. Разделим этот отрезок на 8 равных частей и отметим точками каждую $1/8$ часть отрезка OM . Положим круг на лист бумаги так, чтобы наше колесо могло катиться по дороге, а точка A вначале совпадала с точкой O . Прокатим колесо по дороге так, чтобы оно прошло путь, равный $1/8$ длины окружности. Отметим новое положение точки A относительно наблюдателя на земле. Продолжим такие действия до совершения колесом полного оборота и соединим точки на листе плавной кривой. Эта кривая и будет траекторией движения точки A на колесе велосипеда для неподвижного наблюдателя на земле (см. рис. 15).

Такое построение могут выполнить учащиеся по желанию как домашнее задание с последующей демонстрацией в классе.

§ 5. Скорость

Начиная изучение физики в основной школе, учащиеся не имеют опыта постановки цели эксперимента, его планирования и выполнения. У них нет навыков записи и обработки результатов измерений, их обсуждения и формулирования выводов. Поэтому наряду с другими формами организации практической познавательной деятельности учащихся может быть использована и форма выполнения экспериментального задания «Измерение скорости модели автомобиля», которую назовем коллективным экспериментом.

Для изготовления модели автомобиля можно использовать, например, один из вариантов конструктора Lego с применением электродвигателя и электрической батареи. Выбор на этом варианте можно остановить по той причине, что в этом конструкторе модели с электродвигателями движутся довольно медленно, что облегчает учащимся выполнение измерения времени.

Начинаем с постановки проблемы перед всеми учащимися класса: *У нас есть автомобиль, нужно измерить скорость его движения. Как это можно сделать? Какие приборы необходимы для выполнения измерения?*

После обсуждения предлагаемых вариантов делаем вывод: для измерения скорости v автомобиля нужно измерить время t его движения и пройденный за это время путь s . Измерительными приборами могут служить секундомер или часы с отсчетом секунд и измерительная лента. Все учащиеся записывают в тетрадях название эксперимента и перечень оборудования.

Затем обсуждается возможный план проведения опыта. Например, вместо однократного выполнения измерения расстояния и времени движения автомобиля, как это описано в учебнике, можно разработать план коллективного эксперимента с выполнением повторных измерений и нахождением средних арифметических значений.

Порядок проведения опыта

1. Установим на демонстрационном столе два штатива на небольших расстояниях от краев стола. Измерим расстояние s между штативами с помощью измерительной ленты. Измерение повторим 3 раза и найдем среднее арифме-

тическое значение. Запишем результаты измерений и вычислений в таблицу.

Номер опыта	Путь s , м	Время t , с	Скорость v , м/с	Скорость v , км/ч
1				
2				
3				
Среднее арифметическое значение				

2. Подготовим секундомер к выполнению измерения времени. Поставим модель автомобиля у края стола так, чтобы траектория его прямолинейного движения проходила вблизи двух штативов на столе.

3. Включим электродвигатель модели. В момент прохождения автомобиля мимо одного штатива запустим секундомер, а в момент прохождения мимо другого штатива остановим его. Запишем результаты измерений времени движения автомобиля от одного штатива до другого тремя наблюдателями и найдем среднее арифметическое значение. Запишем результаты измерений и вычислений в таблицу.

4. Используя найденные средние арифметические значения пути и времени, вычислим скорость v автомобиля в метрах в секунду: $\text{скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}}$,

$v = \frac{s}{t}$. Запишем результат вычисления в таблицу.

5. Переведем полученное значение скорости автомобиля в метрах в секунду в километры в час. Полученный результат запишем в таблицу.

Таблицу в своих тетрадях готовят все учащиеся и вносят в нее результаты трех измерений пути на демонстрационном столе. Среднее арифметическое значение пути вычисляет самостоятельно каждый учащийся.

Можно продолжить коллективную работу и для решения задач в классе.

Задачу 5.1 можно решить всем вместе, подробно записать все этапы перевода единиц измерения скорости. Задачи 5.2, 5.3 и 5.4 можно распределить между тремя группами учащихся. Каждая группа решает задачу, а представитель группы записывает решение на доске. Учителю отводится роль эксперта для подведения итогов.

Задача 5.1. Решение. По условию задачи скорость спортсмена равна 10 м/с. За время 1 ч = 3600 с он пробежит путь, равный

$$s = vt, s = 10 \text{ м/с} \cdot 3600 \text{ с} = 36\,000 \text{ м.}$$

Выразим это число в километрах:
 $s = \frac{36\,000}{1000} \text{ км} = 36 \text{ км.}$

Спортсмен пробегает путь 36 км за время 1 ч.

Скорость спортсмена равна:

$$v = \frac{s}{t}, v = \frac{36 \text{ км}}{1 \text{ ч}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Задача 5.2. Решение. По условию задачи скорость автомобиля равна 72 км/ч. Это значит, что он преодолевает путь 72 км за время, равное 1 ч.

Выразим путь автомобиля в метрах:
 $72 \text{ км} = 72 \cdot 1000 \text{ м} = 72\,000 \text{ м.}$

Выразим время движения автомобиля в секундах: $t = 1 \text{ ч} = 1 \cdot 3600 \text{ с} = 3600 \text{ с.}$

Скорость автомобиля равна:

$$v = \frac{s}{t}, v = \frac{72\,000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 5.3. Решение. Скорость автомобиля A относительно автомобиля B равна сумме скоростей автомобилей A и B относительно земли, т. е. 150 км/ч.

Задача 5.4. Решение. Скорость автомобиля A относительно автомобиля B равна сумме скоростей автомобилей A и B относительно земли, т. е. 90 км/ч.

Задача 5.5. Решение. Разумеется, Зенон знал о способности Ахиллеса догнать и перегнать черепаху. Своими рассуждениями он старался показать, что существовавшие представления о движении тела как последовательном ряде перемещений из одного положения в пространстве в другое положение приводят к абсурдным результатам.

Почему же противникам Зенона на протяжении многих столетий не удавалось доказать ошибочность его рассуждений? Противникам Зенона не доставало знания понятия скорости движения

тела. Когда древние греки говорили, что этот бегун самый быстрый, то имели в виду, что он пробегает заданное расстояние за самое короткое время или за одно и то же время он пробегает более длинное расстояние, чем другие бегуны. Таким образом, они судили о скорости движения тел либо по затраченному времени, либо по пройденному расстоянию.

Для тех, кто владеет понятием скорости, эта задача не должна представлять особой трудности. За одинаковое время t к тому моменту, как Ахиллес догонит черепаху, он пробежит расстояние s_A на 99 м больше расстояния s_q , пройденного черепахой. Поэтому можно записать равенство: $s_A = s_q + 99$.

Выразим пути s_A и s_q через скорости Ахиллеса и черепахи: $v_A t = v_q t + 99$.

Выразим скорости Ахиллеса и черепахи в метрах в секунду и найдем время t :

$$\begin{aligned} 10 \text{ м/с} \cdot t \text{ с} &= 0,1 \text{ м/с} \cdot t \text{ с} + 99 \text{ м,} \\ 9,9 \text{ м/с} \cdot t \text{ с} &= 99 \text{ м, } t = 10 \text{ с.} \end{aligned}$$

Ахиллес догонит черепаху через 10 с.

Задача 5.6. Решение. Автомобили A и B удаляются от одного перекрестка по взаимно перпендикулярным дорогам. Скорость автомобиля A относительно земли 80 км/ч, скорость автомобиля B относительно земли 60 км/ч.

Относительно автомобиля B автомобиль A вместе с землей движется со скоростью $-\vec{v}_B$ и со скоростью \vec{v}_A относительно земли. Найдем сумму этих двух векторов \vec{v}_{AB} по правилу сложения векторов. Для этого построим вектор скорости \vec{v}_A автомобиля A относительно земли в масштабе $k = \frac{v}{l} = \frac{20 \text{ км/ч}}{1 \text{ см}}$.

При таком масштабе длине вектора $l = 1 \text{ см}$ соответствует скорость 20 км/ч:

$$v = kl = \frac{20 \text{ км/ч}}{1 \text{ см}} 1 \text{ см} = 20 \text{ км/ч.}$$

Потом в таком же масштабе построим вектор $-\vec{v}_B$ с началом в той же точке O , в которой находится начало вектора \vec{v}_A . Затем через конец вектора $-\vec{v}_B$ проведем прямую, параллельную вектору \vec{v}_A , а через конец вектора \vec{v}_A — прямую, параллельную вектору $-\vec{v}_B$. Точка C пересечения этих прямых опре-

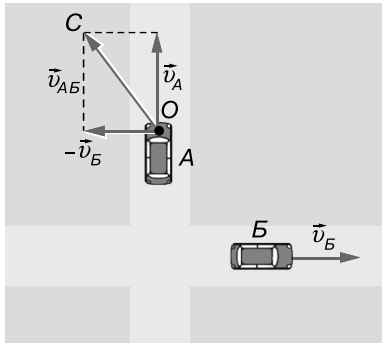


Рис. 16

деляет положение конца вектора \vec{v}_{AB} движения автомобиля A относительно автомобиля B . Соединив точки O и C отрезком, получим вектор скорости \vec{v}_{AB} движения автомобиля A относительно автомобиля B (рис. 16). Измерив длину l вектора \vec{v}_{AB} на схеме, вычислим модуль скорости v_{AB} движения автомобиля A относительно автомобиля B : $v_{AB} = kl$.

При измерении длины вектора \vec{v}_{AB} получено значение $l = 5$ см, скорость v_{AB} равна 100 км/ч.

Далее предлагаются дополнительные задачи с решениями, которые могут быть использованы как индивидуальные задания для отдельных учащихся, для самостоятельных и контрольных работ.

Дополнительные задачи

Задача 5.7. Самолет совершает посадку на палубу авианосца при сильном ветре. В каком направлении для облегчения условий посадки должен двигаться авианосец относительно воды? Самолет при посадке движется по палубе авианосца от кормы к носу корабля.

Ниже приведены возможные ответы. Выберите из них правильный ответ.

Авианосцу следует:

1) быть неподвижным относительно воды, ориентированным по ветру;

- 2) быть неподвижным относительно воды, ориентированным против ветра;
- 3) двигаться в направлении ветра;
- 4) двигаться против направления ветра;
- 5) двигаться перпендикулярно направлению ветра.

Решение. Для облегчения условий посадки самолета на палубу авианосца следует двигаться против направления ветра. Самолет при заходе на посадку не может снизить скорость относительно воздуха меньше некоторого значения v_{\min} , необходимого для его удержания в воздухе. Но при посадке на палубу авианосца он должен иметь как можно малую скорость относительно палубы для сокращения длины тормозного пути. Если авианосец неподвижен относительно воды, то при движении самолета против направления ветра его скорость v_1 относительно палубы авианосца меньше его скорости v_{\min} относительно воздуха на значение скорости v_B ветра относительно авианосца: $v_1 = v_{\min} - v_B$.

При движении авианосца против направления ветра со скоростью v_a относительно воды, т. е. по направлению движения самолета, скорость «уходящей из-под самолета» палубы авианосца вычитается из скорости самолета. Скорость v_2 самолета относительно палубы становится равной $v_2 = v_1 - v_a = v_{\min} - v_B - v_a$.

Следовательно, при одинаковой скорости самолета v_{\min} относительно воздуха достигается меньшая скорость v_2 самолета относительно палубы. Поэтому посадка более безопасна.

Задача 5.8. Самолет взлетает с палубы авианосца при сильном ветре. В каком направлении для облегчения условий взлета должен двигаться авианосец относительно воды? Самолет при взлете движется по палубе авианосца от кормы к носу корабля.

§ 6. Методы исследования механического движения

Метод записи на бумажной ленте. В условиях школьного кабинета физики для исследования движения тел часто применяется простой прибор, называемый отметчиком времени. Он состоит из электромагнита и стальной пластины,

которая притягивается к сердечнику электромагнита при пропускании тока через его обмотку. На конце пластины имеется выступ, который делает отметку на полоске бумаги в виде точки, если в момент притяжения пластины бумага

находится между сердечником и пластиной. Для изучения движения тела к нему прикрепляется конец узкой бумажной ленты, протягиваемой через зазор отметчика времени.

С началом движения тела запускается отметчик времени, который совершает 50 ударов за 1 с и делает отметки на ленте через каждые 0,02 с. Если на ленте, которую тянет за собой движущееся тело, расстояния между любыми соседними отметками одинаковы, то тело движется равномерно. Измерив расстояние между двумя точками на ленте и разделив его на время между ударами отметчика, можно вычислить скорость движения тела.

Измерение скорости с использованием электронного секундомера. Точное измерение скорости движения тел можно выполнять с использованием комплекта «Лаборатория L-микро» по механике.

В этом комплекте для проведения опытов используются направляющая плоскость, каретка, датчики с герконами, электронный секундомер, пластиковый коврик.

Скорость движения каретки можно определить, измерив пройденный путь и время движения из состояния покоя.

Для точного измерения времени движения используется электронный секундомер с магнитными датчиками. Запуск и остановка электронного секундомера может осуществляться либо нажатием кнопки «пуск-стоп», либо с помощью магнитоуправляемых контактов — герконов — в выносных датчиках. Геркон (герметический контакт) состоит из двух близко расположенных упругих ферромагнитных контактов, которые при внесении в магнитное поле или при приближении магнита намагничиваются и притягиваются друг к другу. В результате замыкается участок электрической цепи, соединенный с выводами геркона.

Схема электронного секундомера устроена так, что при одном замыкании электрических контактов на его входе происходит запуск секундомера, при следующем замыкании секундомер останавливается.

На краю каретки вмонтирован сильный постоянный магнит. При расположении двух датчиков с герконами вблизи траектории движения каретки элек-

тронный секундомер автоматически запускается в момент прохождения каретки с магнитом около первого геркона и автоматически останавливается в момент прохождения каретки около второго геркона. Таким образом, точно измеряется время движения каретки от первого датчика до второго. Разделив расстояние между датчиками на измеренное время движения каретки от первого датчика до второго, можно найти скорость движения каретки.

Используя этот комплект, можно измерить скорость каретки, которую она приобретает при скольжении по наклонной плоскости. Каретка движется по наклонной плоскости с переменной скоростью, а мы ввели только понятие скорости равномерного движения. Поэтому при проведении опытов по измерению скорости каретки нужно специально разъяснить, что же мы измеряем.

Разъяснение может быть следующим. Мы определили, что называется скоростью равномерного движения. Но в природе и в повседневной практике обычно тела движутся с изменяющейся скоростью. Как же можно характеризовать такие движения?

Ответ на этот вопрос вполне могут дать ученики: «Можно измерить путь Δs , пройденный телом за очень короткий интервал времени Δt , и считать, что в течение этого времени скорость v тела была постоянной. Эта скорость равна:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Теперь можно сформулировать задачу: нужно измерить скорость каретки у конца наклонной плоскости.

Порядок выполнения работы

1. Установим направляющую плоскость под углом около 45° . Датчики с помощью магнитных держателей прикрепим к направляющей плоскости у нижнего края на расстоянии 5 см один от другого.

2. Нажатием на кнопку «сброс» установим нуль на шкале электронного секундомера. Проверим работоспособность секундомера поочередным поднесением магнита в середине внешней боковой стороны каретки сначала к первому датчику, затем к второму. Секундомер должен начать измерение времени при поднесении магнита к первому датчику и завершить измерение при

поднесении магнита ко второму датчику. Цифры на шкале до точки показывают целые секунды, цифры после точки — десятые и сотые доли секунды.

3. Измерим расстояние Δs между датчиками. Отпустим каретку от верхнего края наклонной плоскости и измерим время Δt ее движения от первого датчика до второго. Повторим измерение 5 раз и найдем среднее арифметическое значение времени движения.

4. Вычислим скорость движения каретки.

Таким же способом можно измерить скорость движения каретки около середины наклонной плоскости.

Задача 6.1. Решение. Движение автомобиля, изображенного на рисунке 6.2 учебника, было неравномерным, так как за одинаковые интервалы времени он проезжал разные расстояния. Автомобиль тормозил, его скорость уменьшалась.

Чтобы определить скорость $v_{\text{нач}}$ автомобиля в начале пути, измерим миллиметровой линейкой на рисунке 6.2 расстояние, пройденное им за первый интервал времени $t = 0,8$ с. Оно равно 32 мм. По рисунку находим, что отрезок AB , которому на земле соответствует расстояние 20 м, равен 93 мм. Значит, 1 мм на рисунке соответствует расстоянию на земле, равному $20/93$ м.

Выразим путь $s_{\text{нач}}$ автомобиля в метрах: $s_{\text{нач}} = 32 \cdot \frac{20}{93}$ м.

Найдем скорость $v_{\text{нач}}$ автомобиля в начале пути:

$$v_{\text{нач}} = \frac{s_{\text{нач}}}{t},$$

$$v_{\text{нач}} = \frac{32 \cdot \frac{20}{93} \text{ м}}{0,8 \text{ с}} \approx 8,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 31 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Для того чтобы найти скорость автомобиля в конце пути, измерим на рисунке 6.2 учебника расстояние, пройденное им за последний интервал времени $t = 0,8$ с. Оно равно 24 мм.

Выразим путь $s_{\text{кон}}$ автомобиля в метрах и вычислим скорость:

$$v_{\text{кон}} = \frac{s_{\text{кон}}}{t},$$

$$v_{\text{кон}} = \frac{24 \cdot \frac{20}{93} \text{ м}}{0,8 \text{ с}} \approx 6,45 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 23 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Задача 6.2. Решение. Для того чтобы найти среднюю скорость $v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$ неравномерно движущегося автомобиля по фотографии на рисунке 6.2 учебника, определим весь пройденный автомобилем путь s и время t движения за пять открываний объектива.

Решив задачу 6.1, мы нашли, что 1 мм на рисунке 6.2 соответствует расстоянию на земле, равному $20/93$ м. Расстояние между первым и последним изображениями автомобиля на фотографии равно 147 мм. Выразим весь путь s автомобиля в метрах: $s = 147 \cdot \frac{20}{93}$ м.

Время движения автомобиля равно $t = 5 \cdot 0,8 \text{ с} = 4 \text{ с}$.

Найдем среднюю скорость автомобиля:

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t},$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{147 \cdot \frac{20}{93} \text{ м}}{4 \text{ с}} \approx 7,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 28,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Сравнив этот результат с начальной и конечной скоростями в задаче 6.1, получим

$$v_{\text{кон}} < v_{\text{ср}} < v_{\text{нач}}.$$

§ 7. Таблицы и графики

Задача 7.1. В 0 ч 00 мин началась посадка на поезд. В 0 ч 30 мин поезд отправился от станции, и 1 ч 00 мин поезд двигался равномерно со скоростью 60 км/ч. Затем он сделал остановку на 15 мин, а после остановки двигался равномерно со скоростью 120 км/ч в течение 1 ч 15 мин. Постройте график зависимости пути от времени в интервале от 0 ч 00 мин до 3 ч 00 мин.

Решение. Для построения графика сначала по условию задачи составим таблицу значений времени движения автомобиля и соответствующих им значений пути. Время будем отсчитывать в часах от момента 0 ч 00 мин, путь — в километрах. Переведем значения времени в часы. Выберем в соответствии с условием задачи ряд значений времени 0; 0,5; 1,5; 1,75; 3,0 ч и вычислим

значение пройденного пути для каждого из них. От момента времени 0 мин до момента времени 0,5 ч автомобиль был неподвижным, пройденный путь был равен $s_0 = 0$.

В момент времени 0,5 ч автомобиль начал движение и двигался в течение времени $\Delta t_1 = 1$ ч с постоянной скоростью $v_1 = 60$ км/ч. Пройденный за это время путь Δs_1 равен:

$$\Delta s_1 = v_1 \Delta t_1 = 60 \text{ км/ч} \cdot 1 \text{ ч} = 60 \text{ км}.$$

Общий пройденный путь s_1 в момент времени $t_1 = 1$ ч равен:

$$s_1 = s_0 + \Delta s_1 = 0 + 60 \text{ км} = 60 \text{ км}.$$

В интервале времени Δt_2 от $t_1 = 1,5$ ч до $t_2 = 1,75$ ч автомобиль был неподвижным и пройденный им путь не изменялся: $\Delta s_2 = 0$, $s_2 = s_1 + \Delta s_2 = 60 \text{ км} + 0 = 60 \text{ км}$.

В интервале времени Δt_3 от момента времени $t_2 = 1,75$ ч до момента времени $t_3 = 3$ ч автомобиль двигался с постоянной скоростью $v_2 = 120$ км/ч. Пройденный им за это время путь Δs_3 равен:

$$\Delta s_3 = v_3 \Delta t_3 = 120 \text{ км/ч} \cdot 1,25 \text{ ч} = 150 \text{ км}.$$

Общий пройденный путь s_3 в момент времени $t_3 = 3$ ч равен:

$$s_3 = s_2 + \Delta s_3 = 60 \text{ км} + 150 \text{ км} = 210 \text{ км}.$$

Запишем полученные результаты в таблицу.

Время t , ч	0	0,5	1,5	1,75	3,0
Путь s , км	0	0	60	60	210

По данным таблицы построим график зависимости пройденного поездом пути s от времени t . Для этого нанесем точку 0 и от точки 0 проведем координатные оси. На вертикальной оси будем откладывать путь s в километрах.

Так как максимальное значение пройденного пути равно 210 км, можно отметить на вертикальной оси 21 штрих на равных расстояниях. Расстояние между соседними штрихами соответствует 10 км.

По горизонтальной оси будем откладывать время в часах. Для этого нанесем на равных расстояниях 12 штрихов. Расстояние между соседними штрихами соответствует 0,25 ч.

По данным таблицы нанесем на график точки (рис. 17). Первая точка опре-

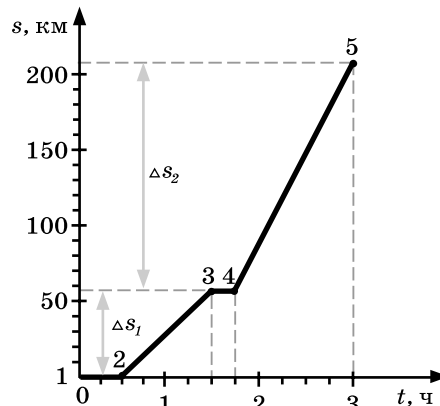


Рис. 17

деляет значение пройденного пути в момент времени $t = 0$. Пройденный путь в этот момент времени равен 0. На графике эта точка совпадает с началом координат. Обозначим ее на графике цифрой 1.

Вторая точка определяет значение пройденного пути в момент времени $t = 0,5$ ч. Так как поезд не двигался, путь равен 0. Вторая точка находится на горизонтальной оси у штриха 0,5 ч. Она обозначена на графике цифрой 2.

Третья точка определяет значение пройденного пути в момент времени $t = 1,5$ ч. В этот момент времени пройденный путь равен 60 км, поэтому третья точка находится на пересечении вертикальной линии, проходящей через штрих 1,5 ч на горизонтальной оси, и горизонтальной линии, проходящей через точку 60 км на вертикальной оси. Аналогично найдем положения точек 4 и 5. Соединив отрезками соседние точки, окончательно построим график.

Обоснуем правомерность проведения отрезков между соседними точками. В интервале времени от 0 до 0,5 ч поезд был неподвижным. Путь в любой момент этого интервала времени не изменялся и оставался равным нулю. Каждая точка горизонтального отрезка 1—2 отражает характер движения — стояние поезда в этом интервале времени. В интервале времени от 0,5 до 1,5 ч скорость поезда была постоянной, поезд двигался равномерно. Графиком зависимости пути от времени равномерного движения со скоростью, отличной от нуля, является наклонная прямая. Соединив отрезком две найденные точки

2 и 3, определим участок графика зависимости пути от времени в интервале времени от 0,5 до 1,5 ч. Так же строим остальные участки графика. Обратим внимание на то, что угол наклона отрезков 2—3 и 4—5, являющихся графиками зависимости пути от времени при равномерном движении, увеличивается с возрастанием скорости равномерного движения.

Задача 7.2. Решение. Поскольку зависимость пути от времени представлена в учебнике на рисунке 7.8 в виде трех отрезков, то можно сделать вывод, что на графике изображены три равномерных движения.

В интервале времени 0—0,5 ч путь не изменялся со временем, следовательно, автомобиль был неподвижным: $v_{0-0,5} = 0$.

В интервале времени 1—1,5 ч за время $t = 0,5$ ч был пройден путь 50 км. Скорость автомобиля в этом интервале была равна $v_{1-1,5} = \frac{50}{0,5}$ км/ч = 100 км/ч.

В интервале времени 3—4 ч за 1 ч был пройден путь 25 км. Скорость автомобиля в этом интервале была равна $v_{3-4} = \frac{25}{1}$ км/ч = 25 км/ч.

Дополнительная задача

Задача 7.3. На рисунке 18 представлен график зависимости пути s , пройденного телом, от времени t . Какой путь был пройден телом от десятой до двадцатой секунды от момента начала движения?

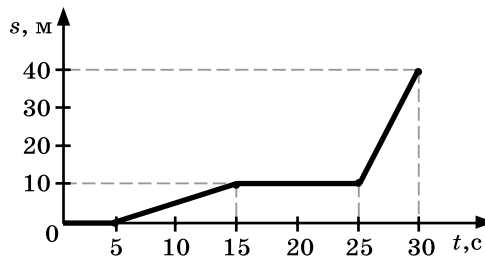


Рис. 18

Решение. Найдем путь, пройденный телом от 10 до 15 с:

$$s = (s_{15} - s_{10}) = 10 \text{ м} - 5 \text{ м} = 5 \text{ м}.$$

По графику видно, что в интервале от 15 до 25 с тело не двигалось и пройденный путь был равен нулю. Весь путь, пройденный телом от десятой до двадцатой секунды, равен 5 м.

§ 8. Явление инерции. Масса

Явление инерции. Для описанного в учебнике опыта с гирей на нити используется специальная гири массой 1 или 2 кг с крючками на верхней и нижней ее частях. Для проведения опыта нужно подобрать такую нить, прочность которой достаточна для удержания подвешенной гири, но при попытке поднять гирию за нить вверх легким рывком нить должна обрываться. Для предотвращения удара гири по руке экспериментатора при обрыве верхней нити гири привязывается к стержню штатива прочным шнуром, который на 2—3 см длиннее верхней нити. Назначение шнура заранее должно быть разъяснено учащимся, чтобы они могли понять результаты опытов.

Если в кабинете физики нет гири с крючками на верхней и нижней ее частях, то можно использовать набор грузов, прикрепив к основе груза снизу проволочную петлю. Такая петля необ-

ходима для того, чтобы нижняя нить прикреплялась к гире точно на отвесной прямой, проходящей через центр масс гири. Это позволит выполнить рывок так, что гири останется неподвижной. При проведении опытов с гирей на нити желательно вовлечь учащихся в обсуждение предполагаемых результатов опытов и дать им возможность самим объяснить результаты и первого, и второго опыта. После выяснения смысла явления инерции полезно предложить учащимся привести примеры из повседневной жизни, в которых обнаруживается это явление.

При желании можно выполнить еще несколько эффектных опытов, демонстрирующих явление инерции, например опыт с выдергиванием листа бумаги из-под стакана с водой на краю стола.

Этот опыт можно провести следующим образом. На демонстрационном столе сначала поставить стакан с водой

на полосу бумаги и показать, что при медленном движении полосы бумаги стакан вместе с ней движется по столу. После этого стакан ставят на бумажную полосу у самого края стола и предлагается попробовать выдернуть полосу бумаги, не коснувшись стакана и не разбив его. Самым надежным является следующий способ. Нужно взять в правую руку деревянную линейку длиной 30—40 см, левой рукой плотно зажать свободный край бумажной полосы и резко ударить ребром линейки посередине бумажной полосы.

После выполнения опыта можно обсудить возможные объяснения результата опыта.

При быстром выдергивании полосы бумаги она точно так же действует на стакан, как и при медленном ее движении. Но за короткое время стакан из-за явления инерции не может приобрести заметную скорость и почти не сдвигается с места.

Для учащихся, желающих разобраться в этом опыте подробнее, необходимо более полно описать его. Пусть при медленном движении полосы бумаги стакан движется вместе с полосой и за секунду разгоняется до скорости 1 см/с. При резком ударе линейкой по полосе бумага выдергивается из-под стакана менее чем за $1/10$ долю секунды. За такое время стакан может при таком же действии на него полосы бумаги разогнаться лишь до скорости в 10 раз меньшей, т. е. до скорости $1/10$ см/с. При такой скорости за $1/10$ с он пройдет путь лишь $1/100$ см. Такое смещение стакана очень трудно заметить.

Требует объяснения важная деталь. Если при быстром выдергивании полосы бумаги стакан приобрел хотя бы в 10 раз меньшую скорость, чем при медленном перемещении полосы, то вследствие явления инерции он должен продолжать движение в том же направлении и с некоторым опозданием все же упасть со стола. Почему же это не произошло? Движению по инерции препятствует трение о поверхность стола. При очень малой начальной скорости стакана его тормозной путь до остановки очень мал.

Инертность. Опыты с шарами для введения понятия инертности тела можно выполнить с двумя пластмассо-

выми шарами и одним стальным шаром. Однако при явном использовании шаров Б и В из различных материалов на вопрос о причине различия результатов опытов вполне естественно можно получить ответ, что причина в различии материалов. Таким образом, обсуждение уйдет в сторону от желаемого направления, и вернуть его в нужное русло будет не так легко. Избежать этого можно небольшой хитростью, обернув все три шара тонкой алюминиевой фольгой, чтобы внешне все шары были одинаковыми. Тогда опыт с весами для шаров Б и В объяснит, в чем различие их инертных свойств, и не надо будет обсуждать ошибочные гипотезы.

Примером эффектного опыта, требующего применения нестандартного оборудования, может служить опыт с переламыванием палки, подвешенной на бумажных кольцах.

Полезно при изучении этой темы решить, например, такие дополнительные задачи.

Задача 8.1. При попытке автомобиля быстро затормозить перед перекрестком автомобиль некоторое время продолжает движение с остановившимися колесами, оставляя след стертой резины на асфальте. Какой из приведенных вариантов ответа на вопрос о причине продолжения движения автомобиля при выключении двигателя и включения тормоза является правильным?

- 1) Действие скорости.
- 2) Действие воздуха.
- 3) Явление инерции.
- 4) Действие силы тяжести.

Решение. При попытке автомобиля быстро затормозить перед перекрестком автомобиль некоторое время продолжает движение из-за того, что он обладает инертностью, т. е. обладает свойством сохранять состояние движения. Автомобиль не может мгновенно перейти из состояния движения в состояние покоя, поэтому он движется некоторое время по инерции.

Задача 8.2. На столе на лист бумаги поставлен стакан. Если медленно тянуть лист бумаги, то стакан движется вместе с ним по столу. Если же резко дернуть лист бумаги, то лист выдергивается из-под стакана, и он остается неподвижным на столе. Какое объяснение этого явления из приведенных считается правильным?

1) При быстром движении бумага действует на стакан с меньшей силой.

2) В этом опыте обнаруживается свойство инерции стакана.

3) Такой результат опыта невозможен, при более быстром движении бумаги стакан будет двигаться быстрее.

4) При быстром движении стакан встречается с большим сопротивлением воздуха, и этот встречный ветер останавливает стакан.

Решение. При резком рывке листа бумаги воздействие на стакан очень кратковременно. Из-за свойства инертности стакан остается на месте. Если вы захотите проверить этот ответ в эксперименте, используйте тяжелый стакан, а лист выдергивайте горизонтально и резко.

Задача 8.3. Имеются три тела А, Б и В. Тела А и Б имеют одинаковый объем, но тело А сильнее притягивается к Земле, чем тело Б. Тела Б и В одинаково

наково притягиваются к Земле, но объем тела В больше объема тела Б. Какое из этих трех тел инертнее двух других? Выберите правильный ответ.

1) Инертнее двух других тело А.

2) Инертнее двух других тело Б.

3) Инертнее двух других тело В.

4) Тела А, Б и В одинаково инертны.

5) Инертность тел не зависит ни от объема тела, ни от его способности к притяжению к Земле. Поэтому по условию задачи нельзя определить, какое из тел инертнее.

Решение. Свойство инертности тела и свойство притяжения к Земле взаимосвязаны. Более инертное тело сильнее притягивается к Земле, оно тяжелее. Выделим из условия задачи данные о том, как три тела притягиваются к Земле: тело А сильнее притягивается, чем тело Б; тело Б и тело В притягиваются одинаково. Поэтому тело А инертнее тел Б и В.

§ 9. Плотность вещества

Понятие плотности вещества кажется простым и формальным. Это впечатление зачастую приводит к принципиальным ошибкам. Если учитель при объяснении этого понятия говорит: «Плотность — это масса одного кубического метра вещества», то он допускает грубую ошибку. Физическая величина плотность определяется отношением массы тела к его объему и имеет отличную от массы размерность. Масса единицы объема вещества не равна его плотности, как скорость не равна пути, пройденному за единицу времени.

Для формирования понятия о плотности вещества как особом физическом свойстве вещества нужно четко отделить его от понятия «масса». Кроме описанных демонстраций двух тел равного объема разной массы и двух тел равной массы разного объема, полезно продемонстрировать набор тел равной массы из различных веществ.

После формального определения понятия «плотность вещества» можно поставить перед учащимися проблему: чем различаются вещества различной плотности? Для ответа на этот вопрос необходимо выйти за рамки механики и высказать гипотезы о существовании ато-

мов вещества, о различии масс атомов разных веществ и о возможности различных способов расположения атомов в пространстве. Все это является опережающим ознакомлением с идеей атомного строения вещества. Лучшим вариантом было бы получение этих гипотез от учащихся хотя бы в простом виде.

Для завершения формирования понятия о плотности вещества в учебнике предлагаются простые задачи для самостоятельного решения и простое экспериментальное задание по определению плотности твердого вещества. Их назначение заключается в выработке устойчивых навыков выполнения измерения масс и объемов тел, вычисления плотности вещества, умения переводить значения физических величин из одних единиц в другие.

Интересным может быть опыт по измерению плотности воздуха при атмосферном давлении. Для этого опыта необходимы стеклянный шар и насос, работающий на разрежение. В опыте сначала взвешивается шар с находящимся в нем воздухом (с резиновой трубкой и зажимом). Затем из шара выкачивается воздух и резиновая трубка перекрывается. Взвешивается шар

без воздуха с резиновой трубкой и зажимом, вычисляется разность двух результатов измерений. Эта разность равна массе выкачанного воздуха. Разделив массу воздуха на объем шара, определим плотность воздуха при атмосферном давлении.

При проведении этого опыта нужно обязательно соблюдать правила безопасности: **стеклянный шар при выполнении опыта должен обязательно находиться в матерчатом мешочке!** Это предотвратит возможность поражения учащихся осколками стекла в случае разрушения шара.

Так как объем шара около 1 дм^3 , масса воздуха в нем около 1 г . Поэтому для получения хорошего результата эксперимента необходимо использовать весы, способные обнаруживать различие в массе в десятки миллиграммов.

Задача 9.1. Решение. Объем тела человека можно вычислить, если известны масса тела и его плотность. Если масса человека равна 50 кг , то его объем равен $V = \frac{m}{\rho}$, $V = \frac{50 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,05 \text{ м}^3 = 50 \text{ дм}^3$.

Задача 9.2. Решение. Плотность водорода в шаре равна:

$$\rho_{\text{водорода}} = \frac{m}{V} = \frac{45 \text{ кг}}{500 \text{ м}^3} = 0,09 \text{ кг/м}^3,$$

$$\frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{водорода}}} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3}{0,09 \text{ кг/м}^3} \approx 11 \text{ 111}.$$

Дополнительные задачи

Задача 9.3. Кусок льда растаял. Объем получившейся воды оказался меньше объема растаявшего льда. Как изменилась плотность воды при превращении из твердого в жидкое состояние? Выберите правильный ответ.

1) Плотность воды увеличилась.
2) Плотность воды уменьшилась.
3) Плотность воды не изменилась.

Решение. Масса воды при переходе из твердого состояния (лед) в жидкое состояние не изменилась. Так как объем воды при таянии льда уменьшился, ее плотность увеличилась.

Задача 9.4. Вычислите массу воздуха в спортивном зале размером $25 \times 20 \times 6 \text{ м}$. Плотность воздуха $1,3 \text{ кг/м}^3$.

Решение. Массу можно вычислить по формуле

$$m = \rho V, \\ m = 1,3 \text{ кг/м}^3 \cdot 3000 \text{ м}^3 = 3900 \text{ кг}.$$

Вы ожидали получить такой результат?

Задача 9.5. Какого объема шар заполнит газообразный водород массой 45 кг , если плотность водорода в шаре равна $0,09 \text{ кг/м}^3$?

Решение. Вычислим объем газа водорода в шаре:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{45 \text{ кг}}{0,09 \text{ кг/м}^3} = 500 \text{ м}^3.$$

Задача 9.6. Зависит ли плотность вещества от вида атомов вещества и от их взаимного расположения? Выберите правильный ответ.

- 1) Зависит только от вида атомов вещества.
- 2) Зависит только от взаимного расположения атомов вещества.
- 3) Зависит от вида атомов вещества и от их взаимного расположения.
- 4) Не зависит ни от вида атомов вещества, ни от их взаимного расположения.

§ 10. Сила

В этой теме учащиеся знакомятся с понятиями «взаимодействие» и «сила» без формального введения понятия «ускорение», которое требует прежде введения понятия «мгновенная скорость». Эти понятия могут быть строго определены только на основе представлений о пределе отношения бесконечно малых величин, т. е. о существовании производной от функции. Все эти математические операции слишком трудны для учащихся 7 класса, поэтому формальное введение понятия «ускорение» на первом этапе изучения физики преждевременно. Но на уровне первоначальных сведений о механических явлениях необходимо введение понятий силы и массы. В повседневной практике каждому человеку нужно уметь различать понятия массы и силы, знать

математические операции слишком трудны для учащихся 7 класса, поэтому формальное введение понятия «ускорение» на первом этапе изучения физики преждевременно. Но на уровне первоначальных сведений о механических явлениях необходимо введение понятий силы и массы. В повседневной практике каждому человеку нужно уметь различать понятия массы и силы, знать

единицы и способы измерения этих величин.

Выбранный вариант введения понятия «сила» по смыслу за исключением операции предельного перехода полностью совпадает со строгим научным определением силы как физической величины, равной произведению массы тела на ускорение его движения. Но в нем не употребляется термин «ускорение», и поэтому нет четкого ответа на вопрос о направлении вектора силы. Способ определения направления вектора силы можно найти для частного случая действия силы на ранее неподвижное тело. В этом случае направление вектора скорости совпадает с направлением вектора ускорения и поэтому направление вектора силы совпадает с направлением вектора скорости.

Если тело под действием силы начинает движение из состояния покоя, направления векторов силы и скорости совпадают.

Задачу определения направления вектора силы, вызывающей изменение скорости тела, движущегося с некоторой скоростью \vec{v} , можно свести к задаче о движении первоначально неподвижного тела путем изменения выбора тела отсчета. Например, наблюдатель на берегу моря видит, что первоначально неподвижный относительно корабля небольшой предмет (например, мяч) падает с мачты движущегося корабля по параболической траектории, вектор скорости мяча непрерывно изменяется по модулю и по направлению (рис. 19).

Дать ответ о направлении вектора силы, вызывающей изменение скорости, непросто.

Для ответа на вопрос о направлении вектора силы выберем в качестве тела отсчета корабль, движущийся с постоянной скоростью. Для наблюдателя на корабле мяч перед началом падения был неподвижным и затем падал по вертикали вниз с возрастающей скоростью. Ответ на вопрос о направлении вектора силы очевиден: на мяч со стороны Земли действует сила, направленная вертикально вниз (рис. 20).

Точно такая же сила действует на мяч и в любой другой системе отсчета, движущейся равномерно и прямолинейно относительно системы отсчета, связанной с кораблем (рис. 21).

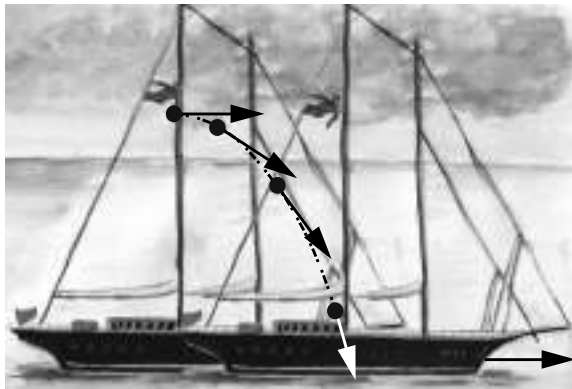


Рис. 19



Рис. 20

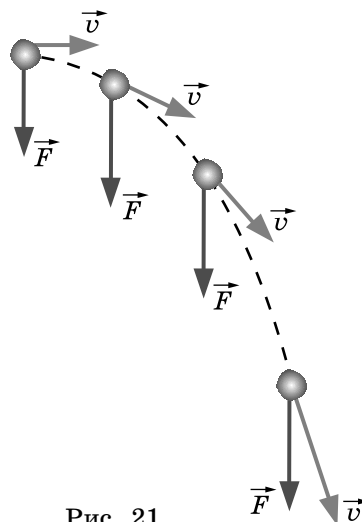


Рис. 21

Таким образом, для определения направления силы, вызывающей изменение скорости тела, нужно выбрать систему отсчета, в которой это тело до начала действия силы было неподвижным. Направление движения тела под действием силы в такой системе отсчета указывает направление действия силы.

Как дополнительный пример можно рассмотреть задачу о равномерном движении по окружности тела, подвешенного на нити.

Для нахождения ответа на вопрос о телах, которые вызывают изменение направления скорости движения шара, подвешенного на нити и вращающегося по окружности в горизонтальной плоскости, можно задать учащимся наводящие вопросы. Первый вопрос: что будет с неподвижным шаром на нити, если перерезать нить? Ответ: он упадет вертикально вниз под действием притяжения Земли. Итак, одно тело, действующее на шар, известно. Второй вопрос: что же мешает шару упасть на Землю? Ответ: противоположно направленная сила действия нити. Третий вопрос: а как действуют на шар Земля и нить во время его движения по окружности?

Трудность нахождения правильного ответа на этот вопрос связана лишь с проблемой определения направления силы, действующей на вращающийся шар со стороны нити. Найти ответ на этот вопрос можно на основании простого дополнительного опыта. Мы знаем, что направление вектора силы совпадает с направлением движения первоначально неподвижного тела под действи-

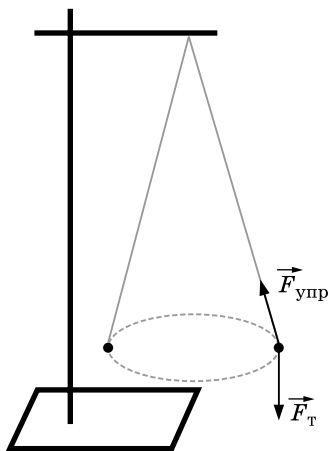


Рис. 22

ем этой силы. Положим шар на стол и попробуем сдвинуть этот шар влево или вправо от прямой, совпадающей с горизонтально натянутой нитью. Опыт показывает, что нитью можно вызвать изменение скорости шара только вдоль натянутой нити. Следовательно, со стороны нити на вращающийся шар действует сила, направленная вдоль нити (рис. 22).

Совместное действие этих двух сил и вызывает изменение направления вектора скорости. Способ нахождения результата действия нескольких сил будет рассмотрен на следующих уроках.

Задача 10.1. Решение. По условию задачи движение камня происходило под действием постоянной силы из состояния покоя, поэтому для нахождения массы камня можно воспользоваться формулой

$$F = m \frac{v}{t}, m = \frac{Ft}{v} = \frac{30 \cdot 0,5}{15} \text{ кг} = 1 \text{ кг}.$$

Задача 10.2. Решение. Так как движение камня под действием постоянной силы F началось из состояния покоя, то для нахождения скорости камня можно воспользоваться формулой

$$F = m \frac{v}{t}, v = \frac{Ft}{m} = \frac{40 \cdot 0,5}{2} \text{ м/с} = 10 \text{ м/с}.$$

Задача 10.3. Решение. Ракета начинает движение под действием постоянной силы F из состояния покоя. Изменение скорости от 0 до v равно по модулю v , изменение скорости в единицу времени равно v/t .

Связь непрерывно действующей силы с изменением скорости в единицу времени и массой тела известна:

$$F = m \frac{v}{t}.$$

Отсюда найдем время t :

$$t = \frac{mv}{F} = \frac{10 \cdot 20}{500} \text{ с} = 0,4 \text{ с}.$$

Задача 10.4. Решение. Движение автомобиля под действием постоянной силы торможения F заканчивается состоянием покоя. Изменение скорости от v до 0 равно по модулю v , изменение скорости в единицу времени равно v/t .

Связь непрерывно действующей силы с изменением скорости в единицу времени и массой тела известна:

$$F = m \frac{v}{t}.$$

Отсюда найдем время торможения t :

$$t = \frac{mv}{F} = \frac{2000 \cdot 20}{8000} \text{ с} = 5 \text{ с.}$$

Задача 10.5. Решение. Так как движение человека под действием постоянной силы F началось из состояния покоя, то для нахождения его скорости можно воспользоваться формулой

$$F = m \frac{v}{t}, \quad v = \frac{Ft}{m} = \frac{700 \cdot 0,5}{70} \text{ м/с} = 5 \text{ м/с.}$$

Дополнительные задачи

Задача 10.6. Модель самолета массой 2 кг начала прямолинейное движение из состояния покоя и через 5 с под действием постоянной силы разогналась до скорости 30 м/с. Вычислите силу, вызвавшую такое изменение скорости модели самолета.

Решение. Движение модели самолета под действием постоянной силы F началось из состояния покоя, поэтому для нахождения силы, вызвавшей изменение скорости автомобиля, можно воспользоваться формулой

$$F = m \frac{v}{t},$$

где v — скорость модели самолета через время t после начала действия силы. Вычислим силу:

$$F = 2 \cdot \frac{30}{5} \text{ Н} = 12 \text{ Н.}$$

Задача 10.7. При выстреле из автомата Калашникова на пулю массой 8 г действует сила, равная примерно 5600 Н. Время движения пули в стволе

равно примерно 0,001 с. С какой скоростью вылетает пуля из ствола автомата?

Решение. До выстрела пуля была неподвижна, т. е. начальная скорость равна нулю. Во время выстрела на пулю в течение 0,001 с действовали пороховые газы. Для нахождения скорости, которую приобрела пуля через 0,001 с после начала движения, можно использовать формулу

$$F = m \frac{v}{t}.$$

Отсюда найдем скорость v :

$$v = \frac{Ft}{m}.$$

Вычислим скорость:

$$v = \frac{5600 \cdot 0,001}{0,008} \text{ м/с} = 700 \text{ м/с.}$$

Задача 10.8. С какой скоростью будет двигаться свободно падающее тело через 3 с после начала свободного падения?

Решение. Экспериментально установлено, что при свободном падении на Землю на уровне моря скорость любого тела за 1 с изменяется на 9,8 м/с (при отсутствии сопротивления воздуха). Через 1 с после начала падения скорость тела будет равна 9,8 м/с, через 2 с скорость тела увеличится еще на 9,8 м/с и станет равной

$$9,8 \text{ м/с} + 9,8 \text{ м/с} = 19,6 \text{ м/с,}$$

через 3 с после начала свободного падения скорость тела будет равна:

$$19,6 \text{ м/с} + 9,8 \text{ м/с} = 29,4 \text{ м/с.}$$

§ 11. Сила тяжести. Вес

Совпадают ли понятия «вес тела» и «сила тяжести»? В учебнике подробно рассмотрено различие физических величин «масса», «вес» и «сила тяжести». Учителю следует обратить внимание на тот факт, что трудности с различением понятий «масса» и «вес» существуют только на бытовом уровне. Иначе обстоит дело с понятиями «сила тяжести» и «вес» (или «сила веса»). Здесь учитель может встретить возражения учащихся (или их родителей) против определения понятия «вес», приведенного в учебнике. И эти возражения могут быть подкреплены ссылками на другие книги. Например, в «Физическом энцикло-

педическом словаре», выпущенном издательством «Советская энциклопедия» в 1984 г. под редакцией академика А. М. Прохорова, понятие «вес» определяется так: **«Вес — численная величина силы тяжести, действующей на тело, находящееся вблизи земной поверхности»**. Согласно такому определению вес отождествляется с понятием модуля вектора силы тяжести и становится избыточным, ненужным понятием.

В «Политехническом словаре», выпущенном тем же издательством «Советская энциклопедия» в 1976 г. под редакцией академика И. И. Артоболов-

ского, понятие «вес» определяется так: *«Вес тела — сила, с которой тело действует вследствие тяготения к Земле на опору (или подвес), удерживающую его от свободного падения»*. Это определение совпадает по смыслу с приведенным в учебнике.

Эти два определения совершенно различны. В первом речь идет о модуле силы, действующей на тело, а во втором — о векторе силы, действующей на опору; в первом — о величине, не зависящей от движения тела и опоры, а во втором — о силе, зависящей от движения тела и опоры.

Почему же в двух авторитетных изданиях принципиально различные величины названы одним и тем же словом? Никакой научной проблемы за этим расхождением нет. Есть лишь отсутствие согласования между учеными-физиками и учеными-техниками по вопросу о том, что следует называть словом «вес». Физики стремятся убрать из научного употребления все понятия, не являющиеся необходимыми для описания и объяснения физических явлений. К таким понятиям относятся «подъемная сила», «выталкивающая сила», «сила инерции», «центробежная сила», «сила веса» и многие другие. Употребление перечисленных терминов в быту и технике вполне оправдано, так как упрощает описание явлений и облегчает их понимание. Но с точки зрения физики никаких особых «подъемных», «выталкивающих», «центробежных» сил, сил «инерции» и «веса» в природе не существует. Все описываемые с помощью таких терминов явления вызываются действием лишь электромагнитных и гравитационных сил. Еще два типа сил, известные в физике, — слабые и сильные взаимодействия — в повседневных явлениях себя не обнаруживают.

Именно нежеланием вводить в физику избыточное понятие объясняется попытка отождествления понятий веса и силы тяжести. Однако эта попытка не может завершиться успехом, так как в физике не нужно двумя разными словами называть одно и то же, а в технике и быту понятие веса тела вполне установившееся и не будет изменено по указаниям физиков, тем более в настоящее время, когда каждый знает о существовании состояния *невесомости*, о явлении *перегрузки* при ускоренном

движении в различных транспортных средствах.

Факт признания физикой в настоящее время возможности употребления термина «вес тела» в смысле, принятом в технике, демонстрируется «Физической энциклопедией», выпущенной издательством «Советская энциклопедия» в 1988 г. под редакцией академика А. М. Прохорова. Понятие «вес» в этом издании определяется так: *«Вес — сила, с которой любое тело, находящееся в поле сил тяжести (как правило, создаваемое каким-либо небесным телом, например Землей, Солнцем и т. д.), действует на опору или подвес, препятствующие свободному падению тела»*. Это определение совпадает по смыслу с приведенным в учебнике.

Если изучение основного содержания темы прошло успешно и остается свободное время, можно подробнее обсудить с учащимися проблему соотношения понятий «масса тела», «вес тела» и «сила тяжести». Начать можно с простого опыта с использованием напольных весов.

Первый вопрос учащимся: что измеряют с помощью таких весов?

Шкала весов проградуирована в килограммах, поэтому большинство или даже все ученики ответят, что с помощью таких весов измеряют массу тела. Измерим массу учащегося и зададим следующий вопрос: зависит ли масса человека от того, стоит он на прямых ногах или на согнутых? Очевидно, что масса не зависит от движений частей тела человека.

Теперь посмотрим на показания весов, когда стоящий на весах ученик резко согнет ноги в коленях, и когда он резко разогнет ноги в коленях.

Теперь два вопроса: почему в первом опыте показания весов на короткое время уменьшились, а во втором увеличились?

Объяснение учащиеся смогут дать, скорее всего, только с помощью наводящих вопросов учителя. Нужно знать или догадываться, как устроены напольные весы. В них имеются стальные пружины, растягивающиеся при наступании человека на площадку весов. При растяжении пружин передаточный механизм вызывает вращение шкалы, угол поворота пропорционален силе,

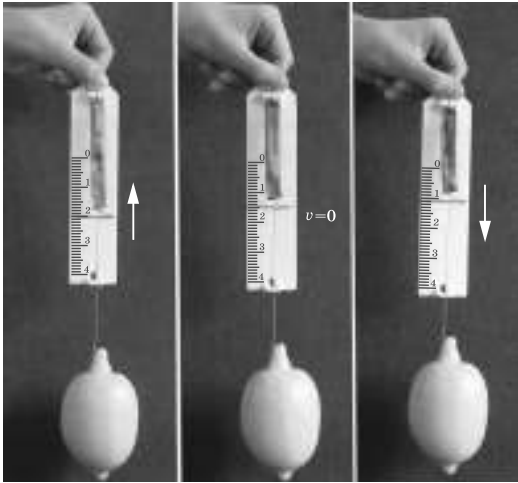


Рис. 23

действующей на площадку, т. е. весу. Следовательно, этот прибор является динамометром, измеряющим вес тела.

При неподвижности тела и весовая сила веса прямо пропорциональна массе, поэтому на весах можно измерять массу тела. Быстрое сгибание колен человека на весах приводит к уменьшению его веса, как в лифте, начинающем движение вниз, а распрямление колен приводит к увеличению его веса, как в лифте, начинающем движение вверх.

Еще нагляднее опыт с динамометром, моделирующий изменение веса тела в лифте. Сначала удерживаем динамометр с подвешенным грузом в руке неподвижно и замечаем его показания. Затем наблюдаем увеличение веса груза при резком подъеме динамометра и уменьшение веса при резком опускании динамометра (рис. 23).

Если в классе есть любители фотографии, можно предложить индивидуальное задание — фотографирование явления невесомости в опыте с падающим динамометром с подвешенным грузом.

Творческое конструкторское задание. Учащимся, проявляющим повышенный интерес к физике и технике, можно предложить творческое конструкторское задание: придумать прибор, обнаруживающий явление невесомости, изготовить его и продемонстрировать в классе.

Возможный вариант решения задачи. Внутри пластмассового разъемного шара или коробки крепится гальванический элемент. Выводы гальванического элемента соединяются с пластинами

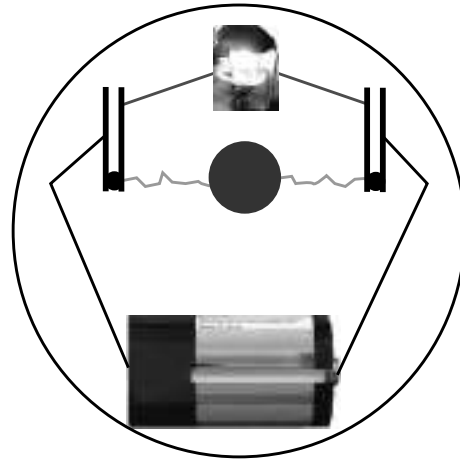


Рис. 24

двух пар замкнутых контактов от реле. Другие пластины контактов соединены с контактами электрической лампы. Когда контакты замкнуты, лампа светится.

Далее к контактным пластинам на нитях прикрепляется груз такой массы, чтобы под действием его веса возникали силы упругости со стороны нитей, достаточные для размыкания контактов. С подвешенным грузом контакты разомкнуты, лампа не светится.

При подбрасывании шара в нем наступает состояние невесомости, груз не натягивает нити, контакты замыкаются (рис. 24). Пока шар в свободном падении, лампа светится.

Задача 11.1. Решение. Сила притяжения груза к Земле F_T равна произведению массы m тела на коэффициент 9,8:

$$F_T = 9,8m.$$

Отсюда масса груза равна:

$$m = \frac{F_T}{9,8} = \frac{1,96}{9,8} \text{ кг} = 0,2 \text{ кг}.$$

Задача 11.2. Решение. На Земле на уровне моря сила тяжести F_T равна произведению массы m тела на коэффициент 9,8: $F_T = 9,8m$.

Вычислим силу тяжести, действующую на тело массой 50 кг:

$$F_T = 9,8 \cdot 50 \text{ Н} = 490 \text{ Н}.$$

Задача 11.3. Решение. На Земле на уровне моря сила тяжести F_T равна произведению массы m тела на коэффициент 9,8: $F_T = 9,8m$.

Отсюда масса тела равна:

$$m = \frac{F_T}{9,8} = \frac{49}{9,8} \text{ кг} = 5 \text{ кг}.$$

Задача 11.4. Решение. Так как арбуз лежит неподвижно на столе, его вес P по модулю равен силе тяжести F_T :

$$P = F_T, P = 9,8 \cdot 10 \text{ Н} = 98 \text{ Н}.$$

Сила веса P приложена к столу.

Задача 11.5. Решение. Так как ведро стоит неподвижно на земле, его вес P по модулю равен силе тяжести F_T :

$$P = F_T, P = 9,8 \cdot 6 \text{ Н} = 58,8 \text{ Н}.$$

Сила веса P приложена к земле.

Задача 11.6. Решение. Если воздушный шар находится вблизи уровня моря, сила тяжести F_T равна произведению массы m тела на коэффициент 9,8:

$$F_T = 9,8m.$$

Вычислим силу тяжести, действующую на шар массой 500 кг:

$$F_T = 9,8 \cdot 500 \text{ Н} = 4900 \text{ Н}.$$

Задача 11.7. Решение.

$$F_T = 9,8m = 9,8 \cdot 100 \text{ Н} = 980 \text{ Н}.$$

Дополнительные задачи

Задача 11.8. На большой высоте над землей парашютист прыгает из непо-

движного воздушного шара вниз на землю. Если бы сопротивления воздуха не было совсем, то какой стала бы скорость падения парашютиста через 10 с после прыжка?

Решение. Парашютист падает вниз под действием постоянной силы тяжести F_T . Связь действующей силы, изменения скорости в единицу времени и массы перемещаемого тела известна:

$$F = m \frac{v}{t}.$$

Отсюда найдем скорость движения v :

$$v = \frac{Ft}{m}.$$

Сила тяжести F_T равна $F_T = gm$, поэтому скорость равна:

$$v = \frac{mgt}{m} = gt, v = 9,8 \cdot 10 \text{ м/с} = 98 \text{ м/с},$$

$$v = 98 \cdot 3,6 \text{ км/ч} = 352,8 \text{ км/ч}.$$

Задача 11.9. На шар, заполненный гелием и удерживаемый от подъема вверх нитью, действует сила тяжести 1 Н. Чему равен вес шара и к какому телу приложена сила веса?

Решение. Вес неподвижного шара равен по модулю действующей на шар силе тяжести. Вес равен 1 Н. Сила веса приложена к опоре. Опорой для шара является воздух, поэтому сила веса приложена к воздуху.

§ 12. Сила упругости

Экспериментальное исследование силы упругости. Для формирования у учащихся представлений о силе как векторной физической величине на первом этапе изучения физики недостаточно абстрактного словесного определения понятия силы. Нужны наглядные демонстрации действий сил, понятные способы измерения сил. Наглядные представления о силе как векторной физической величине формируются при ознакомлении с силой упругости и с приборами для измерения сил, использование которых основано на свойствах силы упругости.

Эти пояснения даны для того, чтобы учитель понимал, что главная цель изучения силы упругости на этом этапе изучения физики заключается не в изучении природы силы упругости (уча-

щиеся еще незнакомы с взаимодействиями электрических зарядов, не знают устройства атомов), а в ознакомлении с практическими способами измерения сил. Поэтому и предлагается простое экспериментальное задание «Исследование зависимости удлинения стальной пружины от приложенной силы».

Если в комплекте оборудования физического кабинета нет комплекта пружин на весь класс, то можно выполнить такой эксперимент коллективно, используя только одну пружину. Способ коллективного выполнения экспериментального исследования описан в § 5. Если нет такой пружины, можно использовать для эксперимента пружину динамометра.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сила, Н	Длина l , мм	Удлинение Δl , мм
0	45	0
1	57	12
2	70	25
3	82	37
4	94	49
5	107	62

По результатам измерений строят график зависимости удлинения пружины от приложенной силы (рис. 25). Из графика видно, что все экспериментальные точки лежат на одной прямой, следовательно, удлинение пружины прямо пропорционально приложенной силе.

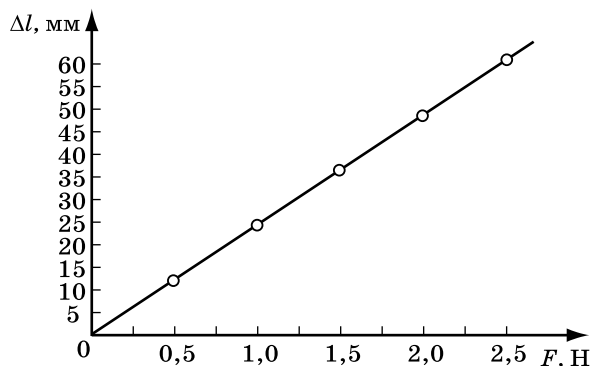


Рис. 25

Кроме эксперимента с растяжением пружины с помощью подвешиваемых грузов, полезно дать возможность учащимся прямого мышечного ощущения силы в 1 Н, действующей на ладонь со стороны груза массой 100 г.

Особого обсуждения заслуживает экспериментальное задание 12.2 «Исследование зависимости удлинения резины от приложенной силы». Пример результата выполнения такого эксперимента представлен в таблице 2.

По этим результатам построен график зависимости удлинения резины от

Таблица 2

Сила, Н	Серия 1		Серия 2	
	Длина l , мм	Удлинение Δl , мм	Длина l , мм	Удлинение Δl , мм
0	122	0	130	8
0,5	144	22	163	41
1,0	184	62	210	88
1,5	236	112	260	138
2,0	290	168	306	184
2,5	340	218	340	218

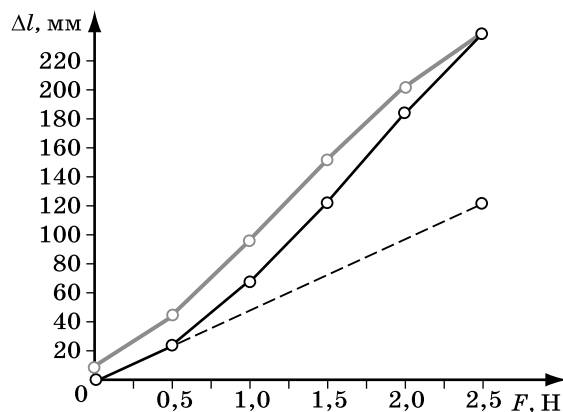


Рис. 26

приложенной силы (рис. 26). На этом графике черной ломаной линией представлены результаты измерений удлинения резины при ступенчатом увеличении приложенной силы (серия 1), а серой — результаты измерений при ступенчатом уменьшении приложенной силы (серия 2).

Учащемуся, впервые приступившему к экспериментальным исследованиям, может показаться, что различие между графиком для стальной пружины (см. рис. 25) и черной линией для резины (см. рис. 26) может быть оценено как не очень существенное. Поэтому нужно научить учащихся читать графики, видеть смысл полученных результатов с одного взгляда на график. Что же можно прочесть на этих графиках?

Первый важный результат — отсутствие прямой пропорциональной зависимости между приложенной силой и удлинением резины. Это наглядно можно продемонстрировать, продолжив отрезок прямой, соединяющий первую и вторую точки графика. В случае прямой пропорциональной зависимости на этой штриховой жирной линии (см. рис. 26) должны лежать все остальные экспериментально полученные точки. Однако это не так. Последняя точка экспериментально полученного графика лежит в 2 раза выше, чем она лежала бы при прямой пропорциональности удлинения приложенной силы в соответствии с первым этапом растяжения. Значит, график не следует истолковывать как график почти прямой пропорциональной зависимости удлинения от силы.

Второй важный результат — при уменьшении силы растяжения наблюдается не только отсутствие прямой пропорциональной зависимости удлинения от силы (штриховая светлая линия), но и несовпадение результатов измерений при увеличении и уменьшении силы растяжения. Это значит, что динамометр с резиновой полосой или резиновым шнуром давал бы различные показания при действии одинаковой силы в зависимости от того, была резина растянута (и на сколько) или не была растянута. Поэтому подобные устройства не следует использовать как измерительные приборы.

На этом этапе можно задать учащимся вопрос: почему стальная пружина может использоваться в приборах для измерения сил?

§ 13. Сложение сил

Возрастными особенностями учащихся 7 класса для формирования представлений о свойствах векторных величин наиболее соответствует метод экспериментального «открытия» законов сложения сил. Возможные варианты изучения темы «Сложение сил» на основе самостоятельных экспериментов учащихся с использованием проблемного метода обучения рассмотрены в главе 1, п. 2 «Проблемное обучение».

Задача 13.1. Решение. Через конец вектора \vec{F}_1 проведем прямую, параллельную вектору \vec{F}_2 . Затем на этой прямой от конца вектора \vec{F}_1 отложим отрезок, равный по длине вектору \vec{F}_2 . Соединив начало вектора \vec{F}_1 с концом

построенного отрезка, получим вектор равнодействующей \vec{F}_3 (рис. 27). Для нахождения модуля вектора равнодействующей измерим длину a вектора \vec{F}_1 , затем измерим длину b вектора равнодействующей \vec{F}_3 . По известному значению модуля вектора \vec{F}_1 , равному 5 Н, и измеренным длинам векторов \vec{F}_1 и \vec{F}_3 вычислим модуль вектора равнодействующей: $F_3 = \frac{b}{a} \cdot 5 \text{ Н}$.

Задача 13.2. Решение. Для нахождения модулей векторов сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 проведем через конец вектора равнодействующей \vec{F}_3 прямые, параллельные прямым, на которых лежат векторы \vec{F}_1

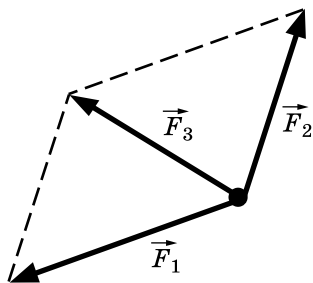


Рис. 27

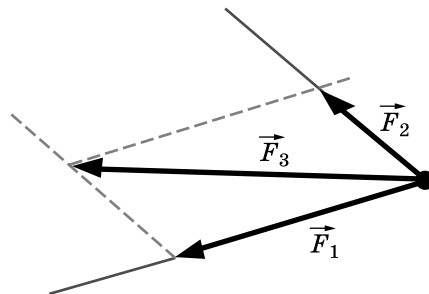


Рис. 28

и \vec{F}_2 . Точки пересечения этих прямых отметят положения концов векторов \vec{F}_1 и \vec{F}_2 (рис. 28). Модули этих векторов определяются так же, как при решении задачи 13.1.

Задача 13.3. Решение. Так как равнодействующая \vec{F}_3 находится приставлением начала вектора \vec{F}_2 к концу вектора \vec{F}_1 , то вектор \vec{F}_2 можно получить, соединив конец вектора \vec{F}_1 с концом вектора равнодействующей \vec{F}_3 (рис. 29).

Модуль вектора силы \vec{F}_2 определяется так же, как при решении задачи 13.1.

Необходимо уточнить, что когда говорят о приложении действия нескольких сил к одной точке тела, то не имеют в виду буквальное действие сил на одну точку. Опыт показывает, что изменение точки приложения силы вдоль прямой, на которой лежит вектор силы, не изменяет результата действия силы на тело. Поэтому более точным условием применимости правила сложения векторов сил является пересечение пря-

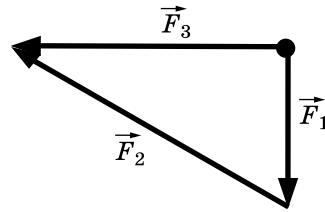


Рис. 29

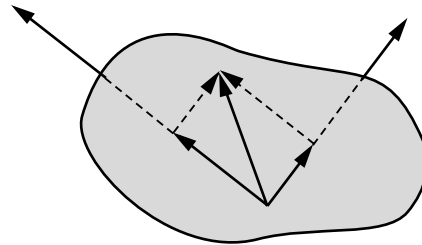


Рис. 30

мым, на которых лежат векторы сил. В точку пересечения следует переносить векторы сил для нахождения равнодействующей, к этой точке приложена равнодействующая (рис. 30).

§ 14. Равновесие тел

Задача 14.1. Решение. По рисунку 14.4 учебника условие равновесия рычага можно записать в виде равенства

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

Отсюда следует, что вес груза F_1 равен:

$$F_1 = \frac{F_2 l_2}{l_1}.$$

Подставляя значения $F_2 = 1,75$ Н показаний динамометра и значения расстояний $l_1 = 20$ см и $l_2 = 12$ см, находим вес груза:

$$F_1 = \frac{1,75 \cdot 12}{20} \text{ Н} \approx 1,05 \text{ Н}.$$

Задача 14.2. Решение. По рисунку 14.3 учебника условие равновесия рычага можно записать в виде равенства

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

Отсюда следует, что если груз весом 5 Н подвешен на расстоянии 12 см от оси вращения рычага, то для равновесия рычага груз весом 10 Н нужно подвесить на расстоянии

$$l_2 = \frac{F_2 l_1}{F_1} = \frac{5 \cdot 12}{10} \text{ см} = 6 \text{ см}.$$

Задача 14.3. Решение. По рисунку 14.9 учебника условие равновесия рычага можно записать в виде равенства

$$F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3.$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} l_3 &= \frac{F_1 l_1 + F_2 l_2}{F_3} = \\ &= \frac{50\,000 \cdot 15 + 30\,000 \cdot 5}{100\,000} \text{ м} = 9 \text{ м}. \end{aligned}$$

§ 15. Центр тяжести тела

Равнодействующая параллельных сил. Основной задачей этой темы является формирование понятия о равнодействующей параллельных сил тяжести и введение понятия о точке приложения этой равнодействующей — **центре тяжести тела**. При этом необходимо обратить внимание учащихся на тот факт, что центр тяжести тела может находиться в точке, не совпадающей ни с одной из точек тела. Самый простой пример — центр тяжести обруча.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 15.1. Это задание на нахождение центра тяжести тела описано в учебнике подробно и не требует дополнительных пояснений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 15.2. Для определения массы линейки можно воспользоваться условием равновесия тела, имеющего ось вращения. Учащимся, которые затрудняются самостоятельно спланировать и выполнить эксперимент, можно предложить следующую инструкцию.

Порядок выполнения задания

1. Положите линейку на карандаш и, перемещая ее по карандашу, найдите положение равновесия (рис. 31). Отметьте, против какого деления шкалы линейки находится линия ее соприкосновения с карандашом в положении равновесия. На этой линии находится центр тяжести линейки.

2. Положите на один край линейки гири. Перемещая линейку относительно карандаша, найдите новое положение равновесия. Заметьте деление шкалы линейки, через которое проходит новая линия равновесия (рис. 32).

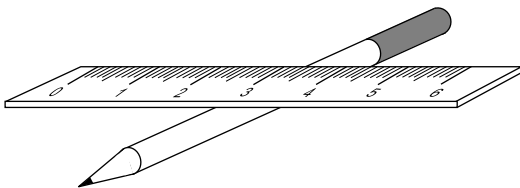


Рис. 31

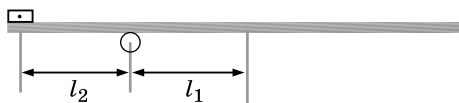


Рис. 32

3. Отсчитайте по шкале линейки расстояние l_1 от новой линии равновесия до центра тяжести линейки и расстояние l_2 от этой линии до центра тяжести гири. По условию равновесия рычага $Mgl_1 = mgl_2$, где M — масса линейки; m — масса гири. Отсюда масса линейки равна $M = \frac{ml_2}{l_1}$.

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

m , г	l_1 , см	l_2 , см	M , г

Задачи 15.1 и 15.2 на первый взгляд довольно просты. Но это только на первый взгляд. Проанализируем возможные ответы учащихся.

На задачу 15.1, скорее всего, сразу будет предложен ответ примерно в такой форме: она внизу тяжелая.

Это в определенной мере правильный ответ, но неполный. Поэтому его легко опровергнуть примером тяжелого диска, насаженного на вертикальную ось.

Все как будто бы так же, как у неваляшки, но ось диска не удастся поставить вертикально, диск валится набок. Здесь особо «мудрый» ученик может загадать учителю загадку, приведя диск во вращение, но к этому ходу можно отнести спокойно, сказав: «Подождем немного и увидим, что будет дальше». После остановки вращения диск валится.

Почему же валится диск, низко укрепленный на вертикальной оси, а неваляшка возвращается в вертикальное положение? При самом небольшом отклонении оси диска от вертикального положения действие силы тяжести и силы упругости приводит к увеличению этого отклонения, равновесие диска на вертикальной оси неустойчивое. При наклоне неваляшки точка приложения силы упругости смещается так, что совместное действие сил тяжести и упругости возвращает ее в вертикальное положение (рис. 33).

При достаточно низком положении центра тяжести неваляшка может возвращаться в вертикальное положение и из положения лежа (рис. 34).



Рис. 33

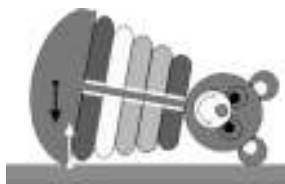


Рис. 34

Разгадка устойчивости орла на кончике клюва в том, что его центр тяжести за счет низко расположенных утяжеленных концов крыльев находится на вертикальной прямой, проходящей через кончик клюва, несколько ниже клюва. Поэтому сила тяжести и сила

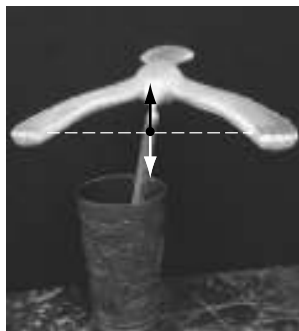


Рис. 35



Рис. 36

упругости, действующие на кончик клюва (рис. 35), при небольших отклонениях возвращают орла в исходное положение.

Решение задачи 15.3 поясняется рисунком 36.

§ 16. Давление

Закон Паскаля. При изучении этой темы наиболее важным является ознакомление со свойством жидкостей и газов передавать оказываемое на них давление по всем направлениям одинаково. Это явление совсем неочевидное и большинству учащихся неизвестное. Поэтому начинать его изучение целесообразно с демонстрационного эксперимента. В учебнике описаны демонстрационные опыты с использованием самодельного датчика давления, изготовляемого из стеклянной воронки и резиновой пленки. Если в кабинете физики имеется датчик давления заводского изготовления, демонстрации можно выполнить в следующем порядке.

Прежде всего нужно объяснить устройство датчика давления и его принцип действия. Датчик представляет собой небольшой цилиндр из тонкой и гибкой пластмассы с гофрированными боковыми стенками. Одно основание цилиндра приклеено к прочной пластмассовой пластине. На этой пластине имеется штуцер с отверстием, на который надевается пластмассовая трубка. Другой конец трубки соединяется со стеклянной трубкой водяного манометра.

Воздух в цилиндре датчика давления, пластмассовой трубке и в одном колене манометра изолирован от воздуха атмосферы, поэтому при изменении

объема цилиндра датчика изменяется давление воздуха не только в цилиндре, но и в колене водяного манометра.

До измерения давления внутри жидкости нужно продемонстрировать важную особенность датчика давления: объем цилиндра датчика изменится только под действием силы со стороны основания гофрированного цилиндра. Для демонстрации этой особенности датчика нужно соединить его трубкой с водяным манометром и показать, что при попытке сжатия цилиндра с боков объем цилиндра не изменяется, не изменяется и давление. Датчик не чувствует давление на боковые стенки. Точно так же он не чувствует давление, оказываемое на твердую пластину основания цилиндра. При легком нажатии на мягкое основание датчика гофрированный цилиндр сжимается, давление воздуха в нем увеличивается. Уровень воды в одном колене манометра понижается, в другом повышается (см. рис. 16.4 учебника).

После выяснения принципа действия датчика давления можно приступить к выполнению основных опытов. Повернем датчик чувствительным основанием вверх и обратим внимание учащихся на тот факт, что до погружения датчика вода в правом и левом коленах манометра находится на одинаковых уровнях. Следовательно, давление воздуха внутри

датчика равно атмосферному давлению. При постепенном погружении датчика в воду уровень воды в левом колене манометра понижается, а в правом повышается. Опыт показывает, что вода оказывает давление сверху вниз на находящиеся в ней тела. Это давление возрастает с увеличением глубины погружения.

Результаты первого опыта вполне ожидаемые или даже почти очевидные. Теперь можно поставить первую проблему: а давит ли вода на боковые поверхности погруженных в нее тел? После высказывания гипотез выполняется опыт с датчиком при вертикальном расположении плоскости чувствительного основания датчика давления. Опыт показывает, что на одинаковой глубине вода оказывает на вертикально расположенную поверхность такое же давление, какое на горизонтальную поверхность сверху вниз.

Вторая проблема: а давит ли вода на горизонтальную поверхность погруженных в нее тел снизу вверх? После высказывания гипотез выполняется опыт с датчиком при горизонтальном расположении вниз плоскости чувствительного основания датчика давления. Опыт показывает, что на одинаковой глубине вода оказывает на горизонтально расположенную поверхность такое же давление снизу вверх, какое и на горизонтальную поверхность сверху вниз. Таким образом, экспериментальное обоснование для формулировки закона Паскаля подготовлено.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 16.1. Для более точной оценки давления, создаваемого иглой при прокалывании листа бумаги, можно подготовить с помощью компьютера и принтера полоски бумаги с тонкими линиями на расстоянии 0,2 мм одна от другой.

Диаметр отверстия определяется при наблюдении с помощью лупы. В одном из опытов было получено отверстие диаметром 0,2 мм под действием веса гири массой 50 г. Вес гири примерно равен:

$$F = mg \approx 0,05 \cdot 9,8 \text{ Н} \approx 0,5 \text{ Н}.$$

При оценке давления примем площадь острия иглы примерно равной $S = 0,04 \text{ мм}^2 = 0,00000004 \text{ м}^2$. Давление оказывается примерно равным

$$p = \frac{F}{S} = \frac{0,5 \text{ Н}}{0,00000004 \text{ м}^2} = 12\,500\,000 \text{ Па} \approx 125 \text{ атм}.$$

Задача 16.1. Решение. Давление, оказываемое человеком на снег без лыж, равно:

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{800 \text{ Н}}{0,08 \text{ м}^2} = 10\,000 \text{ Па}.$$

Давление, оказываемое человеком на снег на лыжах, равно:

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{800 \text{ Н}}{0,5 \text{ м}^2} = 1600 \text{ Па}.$$

Задача 16.2. Решение. Давление хоботка комара на кожу человека равно отношению силы давления к площади кончика хоботка. При массе комара 5 мг его вес примерно равен 0,00005 Н, а при пятикратном превышении веса сила давления примерно равна 0,00025 Н. При диаметре 0,01 мм площадь конца хоботка примем примерно равной 0,0001 мм², или 0,000000001 м². Отсюда находим давление:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{0,00025 \text{ Н}}{0,000000001 \text{ м}^2} = 2\,500\,000 \text{ Па} = 25 \text{ атм}.$$

Задача 16.3. Решение. Если мысленно удалить столб жидкости, налитой

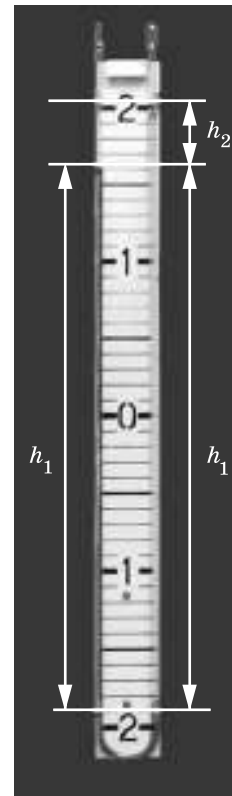


Рис. 37

поверх воды в правом сосуде, и воду из левого сосуда, находящегося выше уровня воды в правом сосуде, то оставшаяся часть воды в сосудах будет находиться в состоянии равновесия. Неподвижность этой воды свидетельствует о том, что давления, создаваемые столбами жидкости на воду слева и справа, одинаковы (рис. 37):

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g (h_1 + h_2), \quad \rho_2 = \frac{\rho_1 h_1}{h_1 + h_2},$$

$$\rho_2 = \frac{1000 \cdot 0,34}{0,38} \text{ кг/м}^3 \approx 895 \text{ кг/м}^3.$$

Дополнительная задача

Задача 16.4. В сообщающихся сосудах находятся вода и неизвестная жидкость. В одном сосуде находится только вода, а в другом — вода и поверх нее неизвестная жидкость. Разность уровней жидкостей в сосудах $h_2 = 10$ см, разность уровней воды в сосудах $h_1 = 40$ см (рис. 38). Определите плотность неизвестной жидкости. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

Решение. Если мысленно удалить столб налитой поверх воды жидкости в правом сосуде и воду из левого сосуда, находящегося выше уровня воды в правом сосуде, то оставшаяся часть воды

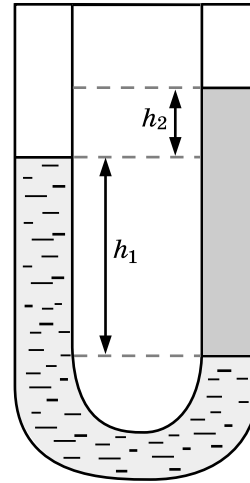


Рис. 38

в сосудах будет находиться в состоянии равновесия. Неподвижность этой воды свидетельствует о том, что давления, создаваемые столбами жидкости на воду слева и справа, одинаковы:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g (h_1 + h_2), \quad \rho_2 = \frac{\rho_1 h_1}{h_1 + h_2},$$

$$\rho_2 = \frac{1000 \cdot 0,4}{0,5} \text{ кг/м}^3 = 800 \text{ кг/м}^3.$$

§ 17. Закон Архимеда

Этапы открытия. После ознакомления с легендой открытия закона можно провести коллективное обсуждение вопроса о том, что же открыл Архимед и как он это сделал. Разумеется, факт вытеснения воды погружающимся телом и ощущение потери веса при погружении в воду были известны и до Архимеда. Но как эти явления можно учитывать для решения поставленной задачи, первым догадался Архимед. Важно обратить внимание учащихся на основные этапы процесса открытия.

Первый шаг — *наблюдение явлений* вытеснения воды погружающимся телом и «потери в весе» при погружении тела в воду.

Второй шаг — *догадка, гипотеза* о том, что может следовать из наблюдаемых явлений. Можно предположить, что ход рассуждений Архимеда был примерно таким. Выделим мысленно внутри жидкости небольшую часть, например в форме шара (рис. 39, а). Почему эта часть жидкости не опускается

вниз под действием силы тяжести? Наверное, дело вот в чем. Когда мы ныряем в воду, то чувствуем ее давление со всех сторон. Чем глубже мы опускаемся под воду, тем больше давление. Следовательно, внутри воды одни ее части давят на другие, соседние. Силы давления жидкости на шар снизу больше сил дав-

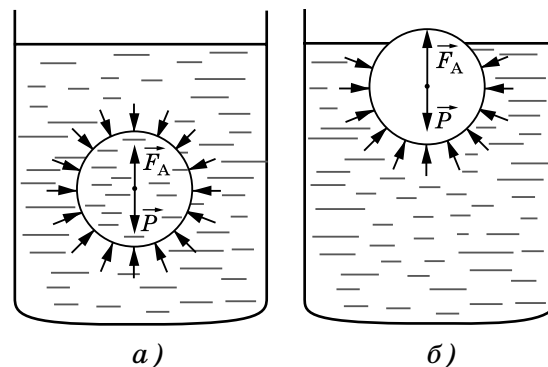


Рис. 39

ления сверху. Если мысленно выделенный водяной шар не опускается вниз, то это значит, что сумма всех сил давления жидкости на него направлена вверх и в точности равна по модулю весу этого шара.

А что произойдет с твердым шаром такого же радиуса из другого вещества, если его поместить внутри жидкости вместо жидкого шара? И в этом случае *выталкивающая сила равна весу вытесненной жидкости*. Шар, вес которого равен весу вытесненной жидкости, не тонет и не всплывает. Шар, вес которого больше веса вытесненной жидкости, тонет. Шар, вес которого меньше веса вытесненной жидкости, поднимается вверх. Движение вверх прекращается тогда, когда ниже уровня жидкости остается такая часть шара, что выталкивающая сила становится равной по модулю весу тела (рис. 39, б). *Вес жидкости, вытесненной плавающим телом, равен весу тела.*

Третий шаг — *экспериментальная проверка гипотезы*. Опыт с плавающим телом можно выполнить, измерив его вес с помощью весов и объем вытесненной жидкости с помощью измерительного цилиндра. По измеренному объему и известным значениям плотности воды и ускорения свободного падения вычисляется вес вытесненной жидкости. Заключительным этапом опыта является установление равенства веса плавающего тела весу вытесненной воды.

Четвертый шаг — *подтвержденная опытом гипотеза становится экспериментально установленным научным фактом*. Такой факт может быть сформулирован как *закон природы* или *закон физики*: *на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости*.

Эксперименты с ведром Архимеда. Опыты с ведром Архимеда можно выполнить в виде экспериментальной задачи. Для постановки проблемы сначала показываем имеющееся оборудование — сплошной цилиндр и цилиндрический сосуд, ведро (рис. 40). Обращаем внимание учащихся на тот факт, что цилиндр входит в ведро и полностью его заполняет (рис. 41). Объем цилиндра равен объему ведерка.

Имеется спиральная пружина, на которую можно повесить ведро и



Рис. 40



Рис. 41

цилиндр. Около пружины нет шкалы с указанием значений действующих сил упругости, но имеется указатель, которым можно отметить действующее значение силы. Еще имеются два стеклянных сосуда с водой.

Теперь формулируем экспериментальную задачу: придумайте такие эксперименты с использованием данного оборудования, которые наглядно подтвердят закон Архимеда.

В результате обсуждения различных вариантов могут быть предложены и проведены такие опыты.

1) Пустое ведро и цилиндр подвешиваются на пружине. Указателем отмечается растяжение пружины под действием на ведро и цилиндр силы тяжести (рис. 42).



Рис. 42

Рис. 43

2) Цилиндр погружается полностью в воду. Растяжение пружины уменьшается, так как, кроме силы тяжести, действующей на ведро и цилиндр, направленной вниз, на цилиндр со стороны воды действует сила Архимеда, направленная вверх (рис. 43).

3) Наливаем понемногу воду в ведро. Сила тяжести постепенно увеличивается — пружина растягивается (рис. 44).

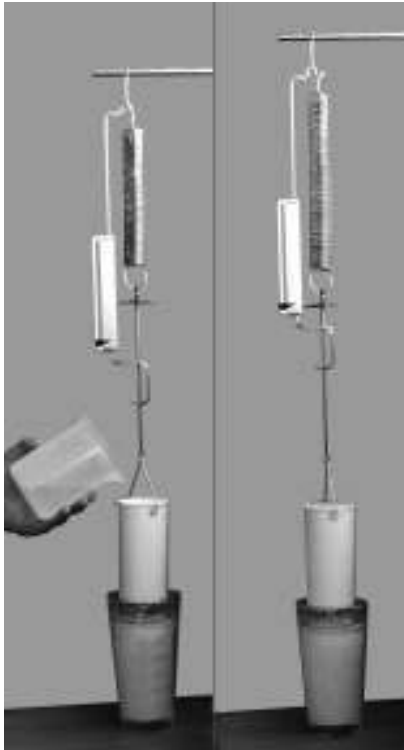


Рис. 44 Рис. 45

4) Когда ведро наполняется до краев, пружина оказывается растянутой ровно на столько, на сколько она была растянута без воды в ведре и без погружения цилиндра в воду (рис. 45). Это значит, что сила веса воды в ведре равна по модулю силе Архимеда, действующей со стороны воды на цилиндр.

Так как объем цилиндра равен объему ведерка, можно сделать вывод, что на погруженный в воду цилиндр действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости.

Возможный вариант выполнения экспериментального задания 17.1. Для вычисления архимедовой силы F_A , действующей на тело, тонущее в воде,

нужно измерить объем V тела и умножить его на плотность воды:

$$F_A = \rho V.$$

Архимедову силу F_A , действующую на тело, тонущее в воде, можно найти экспериментально, измерив с помощью динамометра вес P тела в воздухе и силу P_1 , удерживающую тело в равновесии при погружении его в воду:

$$P = F_A + P_1, \quad F_A = P - P_1.$$

Результаты расчета и измерений можно сравнить.

Учащимся, проявляющим интерес к самостоятельному выполнению экспериментов, можно предложить экспериментальное задание 17.2 олимпиадного уровня. Особенность этого задания по определению плотности вещества заключается в том, что в перечень используемого оборудования не включены весы и измерительный цилиндр. Поэтому нельзя выполнить задание путем прямых измерений массы и объема некоторого количества неизвестного вещества.

В качестве вещества неизвестной плотности можно использовать, например, металлический алюминий или цинк в гранулах, кусочки мрамора или разбитого камня. Количество вещества должно быть достаточным для заполнения пробирки. Возможный вариант выполнения экспериментального задания 17.2 описан на с. 20. Варианты выполнения домашнего экспериментального задания по изготовлению «картезианского водолаза» описаны на с. 22.

Задача 17.1. Решение. В первом и во втором случаях сила Архимеда равна силе тяжести, действующей на пробирку. При неизменности силы тяжести одинаковыми будут значения силы Архимеда: $\rho_1 V_1 g = \rho_2 V_2 g$.

Получаем выражение для вычисления плотности ρ_2 неизвестной жидкости:

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{V_1}{V_2} = \rho_1 \frac{l_1}{l_2},$$

где ρ_1 и ρ_2 — плотности воды и неизвестной жидкости; V_1 и V_2 — объемы погруженной в жидкость части пробирки; l_1 и l_2 — длины погруженной в жидкость части пробирки. Подставляя числовые значения, находим искомую плотность: $\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$.

Задача 17.2. Решение. Равновесие весов означает, что вес деревянного бруска равен весу гири. Вес тела в воздухе равен разности силы тяжести и силы Архимеда:

$$m_6 g - V_6 \rho_B g = m_r g - V_r \rho_B g,$$

$$m_6 - \frac{m_6}{\rho_6} \rho_B = m_r - \frac{m_r}{\rho_r} \rho_B,$$

$$m_6 \left(\frac{\rho_6 - \rho_B}{\rho_6} \right) = m_r \left(\frac{\rho_r - \rho_B}{\rho_r} \right),$$

$$m_6 = m_r \frac{\rho_6}{\rho_r} \cdot \frac{\rho_r - \rho_B}{\rho_6 - \rho_B},$$

$$m_6 = 1 \frac{880}{7900} \cdot \frac{7900 - 1,2}{880 - 1,2} \approx 1,0012 \text{ кг.}$$

Задача 17.3. Решение. Обозначим массу венца через m , массу серебра в нем через x , тогда масса золота в венце равна $m - x$. Учитывая, что объем V_B венца равен сумме объемов содержащихся в нем серебра и золота, получаем уравнение

$$V_A = \frac{x}{\rho_c} + \frac{m - x}{\rho_3},$$

где ρ_c — плотность серебра; ρ_3 — плотность золота. Отсюда масса x серебра

$$x = \frac{V_A - \frac{m}{\rho_c}}{\frac{1}{\rho_c} - \frac{1}{\rho_3}}.$$

Так как масса золотого слитка равна массе m венца, то объем V_3 золотого слитка равен $V_3 = \frac{m}{\rho_3}$. Отсюда следует

$$x = \frac{V_B - V_3}{\frac{1}{\rho_c} - \frac{1}{\rho_3}}. \quad (1)$$

Плотности ρ_c серебра и ρ_3 золота можно выразить через массу m и объемы слитков V_c серебра и V_3 золота:

$$\rho_c = \frac{m}{V_c}, \quad (2)$$

$$\rho_3 = \frac{m}{V_3}. \quad (3)$$

Из формул (1) — (3) следует

$$x = \frac{m(V_B - V_3)}{V_c - V_3}. \quad (4)$$

Подстановкой найденных в опытах числовых значений величин m , V_B , V_c и V_3 находим значение x массы серебра в венце:

$$x = \frac{2000 \text{ г} (240 \text{ см}^3 - 207 \text{ см}^3)}{381 \text{ см}^3 - 207 \text{ см}^3} \approx 379 \text{ г.}$$

Ювелир украл 379 г золота, заменив его серебром.

Задача 17.4. Решение. При максимальной нагрузке воздушного шара сила Архимеда F_A равна по модулю сумме веса P_1 оболочки шара с корзинной, веса P_2 водорода в шаре и веса P_3 полезного груза:

$$F_A = P_1 + P_2 + P_3.$$

Сила Архимеда равна весу вытесненного воздуха:

$$F_A = m_{вз} g = \rho_{вз} V g.$$

Вес водорода в шаре равен:

$$P_2 = m_{вд} g = \rho_{вд} V g.$$

Используя данные из условия задачи, находим максимальную массу m_3 полезного груза:

$$P_3 = F_A - P_1 - P_2,$$

$$m_3 g = \rho_{вз} V g - 200 g - \rho_{вд} V g,$$

$$m_3 = \rho_{вз} V - 200 - \rho_{вд} V =$$

$$= 1,2 \cdot 300 \text{ кг} - 200 \text{ кг} - 0,09 \cdot 300 \text{ кг} \approx$$

$$\approx 133 \text{ кг.}$$

Задача 17.5. Решение. Измерения на фотографии показывают, что цилиндр из льда высотой 26 мм плавает при погружении в воду на глубину 23 мм. По закону Архимеда вес вытесненной льдом воды равен весу льда:

$$m_B g = m_L g, \quad \rho_B V_B = \rho_L V_L, \quad \rho_B S h_B = \rho_L S h_L.$$

Отсюда плотность льда равна:

$$\rho_L = \frac{\rho_B h_B}{h_L} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 23 \text{ мм}}{26 \text{ мм}} \approx$$

$$\approx 885 \text{ кг/м}^3.$$

Дополнительные задачи

Задача 17.6. На человека, плавающего на поверхности воды, действует сила Архимеда 800 Н. На сколько увеличится эта сила после того, как человек дополнительно вдохнет 1 дм³ воздуха?

Решение. Сила Архимеда, действующая на плавающего человека, равна силе тяжести, действующей на него. После вдоха масса человека увеличилась на массу 1 дм³ воздуха, равную $m_1 = \rho_1 \Delta V_1 = 1,2 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 0,0012 \text{ кг}$. Сила Архимеда, действующая на плавающего человека, после вдоха увеличится на $\Delta F = m_1 g = 0,0012 \cdot 9,8 \text{ Н} \approx 0,012 \text{ Н}$.

Но если человек ныряет, то действующая на него сила Архимеда в результате вдоха увеличится на $\Delta F = \rho_2 \Delta V_1 g = 1000 \cdot 0,001 \cdot 9,8 \text{ Н} = 9,8 \text{ Н}$, где ρ_2 — плотность воды.

Задача 17.7. В измерительном цилиндре уровень воды находился на делении 100 см³. До какого деления повысится уровень воды в цилиндре при опускании в воду 20 г льда? Как изменится уровень воды в цилиндре после таяния льда? Плотность воды 1000 кг/м³, плотность льда 900 кг/м³.

Решение. Если лед плавает в воде, то он вытеснил такое количество воды, что ее вес равен весу льда, а масса вытесненной воды равна массе льда, т. е. 20 г. Объем вытесненной воды массой 20 г равен 20 см³, поэтому уровень воды в цилиндре повысится до деления 120 см³. После таяния льда уровень воды в цилиндре не изменится.

Если бы лед был полностью погружен в воду, то после таяния льда уровень воды в цилиндре немного понизился бы, так как объем, занимаемый 20 г льда, больше, чем объем, занимаемый 20 г воды, которая образуется в результате таяния льда. Но плотность льда меньше плотности воды, и поэтому лед плавает на поверхности, небольшая часть его возвышается над поверхностью воды. Пример такого плавания льда в природе — айсберги. Обсуждая эту проблему, обязательно задаешь вопрос: какая часть объема айсберга находится над поверхностью воды?

Возьмем равные массы льда и воды:

$$m_{\text{л}} = m_{\text{в}}, \quad \rho_{\text{л}} V_{\text{л}} = \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}.$$

Найдем объем воды:

$$V_{\text{в}} = \rho_{\text{л}} / \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{л}}, \\ V_{\text{в}} = 900/1000 \cdot V_{\text{л}} = 0,9 \cdot V_{\text{л}}. \quad (1)$$

Если выпилить кусок льда точно по размеру какой-то коробки, поместить его внутри, отметить уровень его верхней поверхности, то после таяния льда согласно выражению (1) уровень понизится на 0,1 часть первоначальной высоты.

Задача 17.8. На равноплечих весах произведено взвешивание алмазов. Алмазы были уравновешены железной гирей массой 20 г. Чему равна масса алмазов, если взвешивание произведено в воздухе? Плотность воздуха 1,2 кг/м³, плотность алмаза 3545 кг/м³, плотность железа 7974 кг/м³.

Решение. Весы находятся в равновесии при условии равенства сил давления на чаши весов со стороны алмазов и гири. Сила давления тела на опору в воздухе равна разности силы тяжести и силы Архимеда:

$$m_{\text{а}} g - V_{\text{а}} \rho_{\text{в}} g = m_{\text{г}} g - V_{\text{г}} \rho_{\text{в}} g.$$

Отсюда получаем:

$$m_{\text{а}} = m_{\text{г}} \frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{а}} - \rho_{\text{в}}}.$$

Подставляя числовые значения, находим массу алмазов:

$$m_{\text{а}} = 20 \text{ г} \cdot \frac{3545}{7974} \cdot \frac{7974 - 1,2}{3545 - 1,2} \approx 20,0038 \text{ г}.$$

При такой небольшой разнице между массой гири и массой, полученной с учетом действия силы Архимеда на тела в воздухе, при взвешивании в воздухе яблок и помидоров можно не учитывать силу Архимеда. Но, например, при взвешивании алмазов следует учитывать силу Архимеда.

Задача 17.9. Масса воздушного шара 300 кг. Какая масса гелия требуется для заполнения шара для того, чтобы шар мог поднять полезный груз массой 150 кг? Каким будет объем шара? Плотность воздуха 1,2 кг/м³, плотность гелия 0,178 кг/м³.

Решение. Для подъема шара сила Архимеда должна быть больше силы тяжести, действующей на шар с грузом. Обозначим через m массу гелия, через M массу оболочки шара и корзины с грузом. Запишем условие равенства силы Архимеда силе тяжести шара с грузом: $V \rho_{\text{в}} g = (M + m) g$, $\frac{m}{\rho_{\text{г}}} \rho_{\text{в}} = M + m$, где V — объем гелия; $\rho_{\text{г}}$ — плотность гелия; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха.

Из уравнения следует $m = M \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}}$.

Подставляя значения, получаем: $m = 450 \text{ кг} \frac{0,178}{1,2 - 0,178} \approx 78,4 \text{ кг}$.

Для подъема шара с грузом необходимо более 78,4 кг гелия, объем шара должен быть не менее $V = \frac{m}{\rho_{\text{г}}} = \frac{78,4 \text{ кг}}{0,178 \text{ кг/м}^3} \approx 440 \text{ м}^3$.

§ 18. Атмосферное давление

Урок по изучению атмосферного давления может иметь много различных сценариев. Но при выборе любого из них успех возможен только в случае использования богатых возможностей этой темы из-за большого выбора демонстрационных опытов.

Большинство опытов по обнаружению атмосферного давления не требует специального оборудования. Стакан, бутылка, пипетка, шприц и многие другие обиходные предметы могут быть использованы для выполнения демонстрационных опытов на этом уроке.

Обозначим несколько вариантов построения урока. Первым можно назвать проблемный вариант. Демонстрационные опыты выполняются учителем или заранее подготовившимися учащимися для постановки проблемы перед всеми учащимися: почему так происходит? Далее идет коллективное обсуждение возможных объяснений и формулируется общий вывод.

Второй вариант — выступления учащихся с рассказами об основных этапах истории открытия атмосферного давления и с демонстрациями обнаруженных явлений.

Третий вариант — дискуссионный. Этот вариант учитывается в экспериментальном задании 18.1. Задание можно выполнить с подготовкой двух групп учащихся — сторонников Аристотеля и сторонников Торричелли, организовав диспут между сторонниками двух различных взглядов на проблему существования пустоты и атмосферного давления. При подготовке диспута можно сформулировать его участникам такие условия.

Представьте себе, что машиной времени вы перенесены в эпоху Аристотеля, владеете греческим языком и современными знаниями по физике. Но приборы и инструменты вы можете взять с собой лишь такие, какими располагаете в повседневной жизни. Ваша задача — открыть глаза Аристотелю на факт существования атмосферного давления, используя логические доводы и эксперименты. Имейте в виду, что Аристотель, наоборот, приведет следующие серьезные доводы против вашего мнения:

1) Как любая часть воды не тонет в воде, теряя свой вес, так и любая часть

воздуха в воздухе теряет свой вес. Если же любая часть воздуха теряет свой вес, то и весь воздух не оказывает давления.

2) Ты утверждаешь, что существует атмосферное давление, равное давлению столба воды высотой 10 м, и ты способен его выдержать. Площадь твоей спины не меньше $0,2 \text{ м}^2$, сила атмосферного давления примерно равна:

$$F = pS = \rho gHS \approx 1000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,2 \text{ Н} = 20\,000 \text{ Н}.$$

Это вес тела массой 2 т. Ты удержишь на своей спине такое тело?

В дискуссии должны принять участие все учащиеся и решить, кто же был прав — Аристотель или Торричелли.

Пример сценария такого диспута и перечень некоторых опытов с возможными вариантами их объяснений по Аристотелю и Торричелли даны в главе 1 на с. 23—24.

Задача 18.1. Решение. Если принять площадь поверхности 1 м^2 , то сила атмосферного давления будет примерно равной:

$$F = pS = 100\,000 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^2 = 100\,000 \text{ Н}.$$

Это вес тела массой 10 т.

Задача 18.2. Решение. Плотность атмосферного воздуха на уровне моря $1,2 \text{ кг/м}^3$, атмосферное давление $100\,000 \text{ Па}$. Если бы плотность воздуха не изменялась с высотой, то атмосферное давление у поверхности Земли было бы равно $p = \rho gh$, где h — высота однородной атмосферы. Вычислим эту высоту:

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{100\,000}{1,2 \cdot 9,8} \text{ м} \approx 8500 \text{ м} \approx 8,5 \text{ км}.$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 18.2. Этот эксперимент легко выполнить, если в вашей местности есть холмы или горы. Для проведения эксперимента нужно взять барометр-анероид и снять его показания сначала в одной из наиболее низко расположенных точек города, затем в одной из наиболее высоко расположенных точек.

Еще проще эта задача решается, когда есть возможность использовать лифт в многоэтажном доме. При подготовке этого эксперимента нужно знать, что вблизи уровня моря атмосферное давление при подъеме вверх на 100 м понижается примерно на 12 гПа или на

9 мм рт. ст. Так как бытовой барометр позволяет уверенно заметить изменения давления 2 гПа или 2 мм рт. ст., то для обнаружения зависимости атмосферного давления от высоты необходимо ее изменение не менее чем на 20 м. В девятиэтажном доме опыт проходит вполне

успешно. По найденной разности показаний барометра можно оценить разность высот расположения двух мест, в которых проводились измерения.

Вариант выполнения задания 18.3 дан в главе 1 на с. 24—25.

§ 19. Сила трения

Природа силы трения. Экспериментальное исследование свойств силы трения, выполненное учащимися, дает хороший материал для проведения урока с использованием метода проблемного обучения. Вариант изучения этой темы на основе использования метода проблемного обучения рассмотрен в главе 1, п. 2 «Проблемное обучение».

В учебнике представлен вариант изучения темы, основанный на выполнении учащимися самостоятельных экспериментальных исследований. Если выполнение фронтальных лабораторных работ оказывается невозможным, то после проведения демонстрационных опытов можно предложить учащимся задачи по этой теме. Однако это не лучший вариант, так как многие учащиеся в 7 классе при решении задач испытывают затруднения.

Задача 19.1. Стул массой 4 кг на горизонтальном полу движется равномерно и прямолинейно под действием силы 24 Н. Определите коэффициент трения.

Решение. Коэффициент трения равен $\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{F_{\text{тр}}}{mg} = \frac{24}{4 \cdot 9,8} \approx 0,6$.

Задача 19.2. Ваза массой 3 кг стоит на горизонтальном столе. Коэффициент трения равен 0,5. Вычислите значение силы трения между вазой и столом при действии на эту вазу силы 6 Н, направленной параллельно плоскости стола. Как изменится сила трения при увеличении действующей силы до 12 Н?

Решение. Для решения задачи нужно сначала выяснить, достаточна ли приложенная сила для приведения вазы в движение. Если приложенная сила больше максимального значения силы трения покоя, то ваза будет двигаться и значение силы трения будет равно:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg.$$

Если приложенная сила меньше максимального значения силы трения

покоя, то ваза не будет двигаться и значение силы трения будет равно приложенной силе.

Максимальное значение силы трения покоя равно:

$$F_{\text{тр. max}} = \mu N = \mu mg = 0,5 \cdot 3 \cdot 9,8 \text{ Н} \approx 14,7 \text{ Н}.$$

Приложенная сила меньше максимального значения силы трения покоя, значит, ваза не будет двигаться. Значение силы трения покоя равно приложенной силе 6 Н.

При увеличении действующей силы до 12 Н сила трения покоя увеличится до 12 Н.

Задача 19.3. Тарелка массой 0,5 кг стоит на горизонтальном столе. Коэффициент трения равен 0,6. Вычислите значение силы трения между тарелкой и столом при действии на тарелку силы 2 Н, направленной параллельно плоскости стола. Как изменится сила трения при увеличении действующей силы до 4 Н?

Решение. Для решения задачи нужно сначала выяснить, достаточна ли приложенная сила для приведения тарелки в движение. Если приложенная сила больше максимального значения силы трения покоя, то тарелка будет двигаться и значение силы трения будет равно:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg.$$

Если приложенная сила меньше максимального значения силы трения покоя, то тарелка не будет двигаться и значение силы трения будет равно приложенной силе.

Максимальное значение силы трения покоя равно:

$$F_{\text{тр. max}} = \mu N = \mu mg = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 9,8 \text{ Н} \approx 2,9 \text{ Н}.$$

Приложенная сила меньше максимального значения силы трения покоя, значит, тарелка не будет двигаться.

Значение силы трения покоя равно приложенной силе 2 Н.

При увеличении действующей силы до 4 Н она превысит максимальное значение силы трения, поэтому тарелка движется и на нее действует сила трения скольжения, равная 2,9 Н.

Задача 19.4. Кирпич лежит на полу на стороне площадью 300 см². Для его равномерного перемещения по полу в этом положении необходимо приложить силу 40 Н, параллельную полу. Какую силу, параллельную полу, необходимо приложить к этому кирпичу для его равномерного перемещения по полу, если он будет лежать на другой стороне площадью 150 см²?

Решение. Сила трения не зависит от площади соприкосновения тела с поверхностью другого тела, поэтому необходимо приложить такую же силу, как в первом случае, 40 Н.

Задача 19.5. Для равномерного перемещения кирпича массой 6 кг по полу необходимо приложить силу 30 Н, параллельную полу. Какую силу, параллельную полу, необходимо приложить к кирпичу для его равномерного перемещения по полу, если на него сверху положить гирию массой 4 кг?

Решение. Для равномерного перемещения кирпича необходимо приложить к нему силу, равную силе трения скольжения:

$$F = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg.$$

Сила трения прямо пропорциональна силе нормального давления, поэтому сила трения во втором случае увеличится. Для вычисления силы трения во втором случае найдем значение коэффициента трения по данным задачи для первого случая:

$$F_{\text{тр}1} = \mu m_1 g, \mu = \frac{F_{\text{тр}1}}{m_1 g}.$$

Во втором случае масса m равна сумме массы m_1 кирпича и массы m_2 гири: $m = m_1 + m_2$. Подставляем полученные выражения для коэффициента трения и массы в первую формулу и вычисляем значение силы: $F = \mu mg = \frac{F_{\text{тр}1}}{m_1 g} (m_1 + m_2) g = \frac{30}{6} (6 + 4) \text{ Н} = 50 \text{ Н}$.

Задача 19.6. Автомобиль массой 800 кг под действием постоянной силы трения уменьшил свою скорость от

10 м/с до 0 за 4 с. Определите силу трения, действующую на автомобиль.

Решение. Силу трения можно определить по вызванному ею изменению скорости тела в единицу времени:

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}, F = 800 \cdot \frac{10}{4} \text{ Н} = 2000 \text{ Н}.$$

Задача 19.7. Объясните, почему при небольшом наклоне доски кирпич на ее поверхности не движется под действием силы тяжести вниз, а при увеличении угла наклона скользит вниз, хотя на кирпич действует такая же сила тяжести.

Решение. Представим вектор силы тяжести \vec{F} как равнодействующую двух сил, одна из которых сила \vec{F}_1 направлена перпендикулярно плоскости доски, а другая сила \vec{F}_2 направлена параллельно плоскости доски (рис. 46 и 47). Вектор силы \vec{F}_1 равен по модулю силе нормального давления \vec{N} , а вектор силы \vec{F}_2 может стать причиной движения кирпича вниз по доске, как только ее значение превысит максимальное значение силы трения покоя кирпича, равное $F_{\text{тр. max}} = \mu N$. Сравнение рисунков 46 и 47 для разных углов наклона доски по-

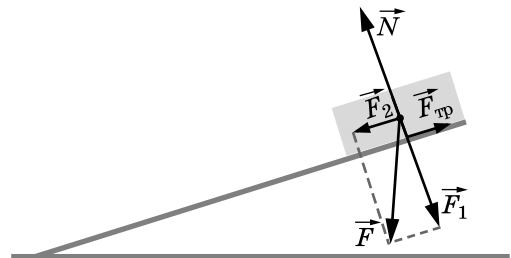


Рис. 46

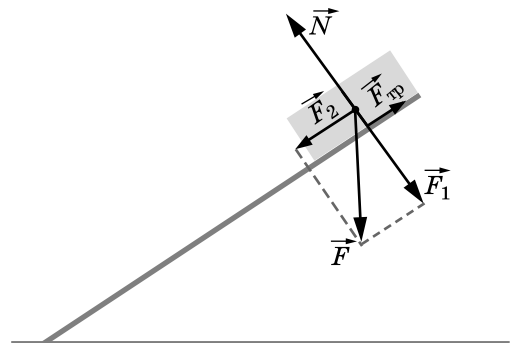


Рис. 47

казывает, что при увеличении угла наклона доски при одинаковом модуле вектора силы тяжести \vec{F} модуль вектора \vec{F}_1 и модуль вектора силы нормально-го давления \vec{N} убывают, следовательно, убывает и модуль максимального значения силы трения покоя: $F_{\text{тр. max}} = \mu N$.

Модуль вектора силы \vec{F}_2 при увеличении угла наклона доски возрастает. Поэтому при достижении некоторого значения угла наклона модуль вектора силы \vec{F}_2 превышает максимальное значение силы трения покоя $F_{\text{тр. max}}$, и кирпич скользит вниз по доске.

§ 20. Энергия

Как найти меру механической энергии движущегося тела? Изложение в учебнике данной темы может вызвать у учащихся много вопросов. Объясняется это прежде всего сложностью понятия «энергия». Достаточно обратить внимание на тот факт, что основоположник классической механики Исаак Ньютон в своих трудах не использовал законы сохранения энергии и импульса в качестве основных законов природы.

Во времена Ньютона понятие об энергии как некоторой сохраняющейся при взаимодействиях тел физической величине только еще начало формироваться. Естественно, что и сегодня невозможно вдруг и сразу понять, что такое энергия. Это первый шаг к формированию представления о том, что имеется некая физическая величина, характеризующая движение материи и сохраняющаяся при любых взаимодействиях.

Могут показаться надуманными попытки обоснования выбора того, что называть потенциальной энергией и кинетической энергией. Не проще ли просто сказать: в физике произведение mgh называли потенциальной энергией тела, а величину $mv^2/2$ называли кинетической энергией тела?

Для ученика это совсем не просто, так как сейчас же возникают вопросы: а почему называли потенциальной энергией именно произведение mgh , а, например, не дробь $\frac{mg}{h}$? И почему в физике называли два произведения различных физических величин одним словом «энергия» и изменения этих произвольно названных величин в точности равны друг другу? Таких чудес в науке не бывает.

Так что сказать, что это произведение просто называли словом «энергия», не будет правдой. Правда в том, что многие столетия выдающиеся философы

и ученые-физики искали объяснение непрекращающемуся движению материи, искали меру этого движения. И только в XVIII в., научившись измерять массы тел и скорости их движения, нашли такую меру механического движения тел, которая сохранялась при взаимодействиях тел гравитационными силами и силами упругости. Даже когда были найдены выражения для потенциальной и кинетической энергий, слово «энергия» еще не было придумано. Потенциальную энергию называли «мертвой силой», а кинетическую энергию — «живой силой».

Попробуем найти такую меру механической энергии движущегося тела, которая была бы равна изменению его потенциальной энергии. Можно предположить, что мерой механической энергии движущегося тела является произведение массы тела на скорость движения. Если тело падало из состояния покоя с высоты h , то его скорость v движения после прохождения пути h равна $v = gt$, а произведение массы тела на скорость движения равно:

$$mv = mgt.$$

Полученный результат показывает, что произведение массы на скорость не может быть мерой изменения потенциальной энергии тела, так как между произведениями величин mgh и mgt ни при каких условиях не может быть равенства. Так как произведение массы на коэффициент g дает значение силы в ньютонах, то первое из них выражается в ньютонах на метр, а второе — в ньютонах на секунду. Это разные физические величины.

Проверим как второй возможный вариант произведение массы тела на квадрат его скорости. Чтобы сравнить это произведение с изменением потенциальной энергии тела, выразим скорость v

тела после падения с высоты h через коэффициент g и время падения t . При падении из состояния покоя скорость v тела через t секунд равна $v = gt$, произведение mv^2 равно:

$$mv^2 = mgtv.$$

Среднее значение скорости за время падения равно половине ее конечного значения v , поэтому произведение tv равно двойному значению пройденного пути h :

$$tv = 2h.$$

Таким образом, произведение массы тела на квадрат скорости его движения при свободном падении равно удвоенному произведению массы m тела на коэффициент g и высоту падения h :

$$mv^2 = 2mgh.$$

Отсюда следует, что если мы хотим называть потенциальной и кинетической энергиями тела такие физические величины, изменения которых в точности равны друг другу, то либо можно называть кинетической энергией произведение mv^2 , тогда потенциальной энергией нужно называть произведение $2mgh$, либо потенциальной энергией называть произведение mgh , тогда кинетической энергией следует называть величину $mv^2/2$. В физике выбран был второй вариант определения понятий потенциальной и кинетической энергий.

Кинетическая энергия после падения тела с высоты h равна потенциальной энергии тела на высоте h :

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mgtv}{2} = mgh.$$

Задача 20.1. Решение. Потенциальная энергия тела массой m на расстоянии h от поверхности земли равна:

$$E_{\text{п}} = mgh.$$

Масса тела 50 кг. Потенциальная энергия тела на высоте 2 м от поверхности земли равна:

$$E_{\text{п}} = 50 \cdot 9,8 \cdot 2 = 980 \text{ Дж.}$$

Потенциальная энергия тела у поверхности земли ($h = 0$) равна:

$$E_{\text{п}0} = 50 \cdot 9,8 \cdot 0 = 0.$$

Вся потенциальная энергия превратилась в кинетическую энергию. Кинетическая энергия тела у поверхности земли будет равна 980 Дж.

Задача 20.2. Решение. Кинетическая энергия автомобиля, движущегося со скоростью v , равна:

$$E_{\text{к}1} = mv^2/2.$$

Если скорость автомобиля увеличилась в 2 раза, его кинетическая энергия равна:

$$E_{\text{к}2} = m(2v)^2/2 = 4 \cdot mv^2/2 = 4E_{\text{к}1}.$$

Кинетическая энергия автомобиля увеличилась в 4 раза.

Задача 20.3. Решение. Обозначим массу грузовика через $m_{\text{г}}$, скорость грузовика через $v_{\text{г}}$, массу легкового автомобиля через $m_{\text{л}}$, скорость легкового автомобиля через $v_{\text{л}}$.

По условию задачи

$$m_{\text{г}} = 2m_{\text{л}}, v_{\text{г}} = v_{\text{л}}/2.$$

Найдем кинетическую энергию грузового автомобиля в принятых обозна-

$$\begin{aligned} \text{чениях: } E_{\text{к}_{\text{г}}} &= \frac{m_{\text{г}}v_{\text{г}}^2}{2} = \frac{2m_{\text{л}}\left(\frac{v_{\text{л}}}{2}\right)^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{m_{\text{л}}v_{\text{л}}^2}{2} = \\ &= \frac{1}{2} E_{\text{к}_{\text{л}}}. \end{aligned}$$

Кинетическая энергия грузовика в 2 раза меньше кинетической энергии легкового автомобиля.

Задача 20.4. Решение. Потенциальная энергия человека изменится на

$$\begin{aligned} E_{\text{п}} &= mgh = 50 \cdot 9,8 \cdot 100 \text{ Дж} = \\ &= 49\,000 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Задача 20.5. Решение. Потенциальная энергия человека равна:

$$E_{\text{п}} = mgh = 50 \cdot 9,8 \cdot 20 \text{ Дж} = 9800 \text{ Дж.}$$

Задача 20.6. Решение. Выразим скорость теннисного мяча в метрах в секунду: $v_{\text{м}} = \frac{108 \cdot 1000}{3600} \text{ м/с} = 30 \text{ м/с.}$

Выразим массу теннисного мяча в килограммах: $m_{\text{м}} = \frac{50}{1000} = 0,05 \text{ кг.}$

Кинетическая энергия теннисного мяча равна:

$$E_{\text{к}_{\text{м}}} = \frac{m_{\text{м}}v_{\text{м}}^2}{2} = \frac{0,05 \cdot 30^2}{2} \text{ Дж} = 22,5 \text{ Дж.}$$

Средняя скорость спортсмена равна $v = \frac{100}{10} \text{ м/с} = 10 \text{ м/с.}$

Кинетическая энергия спортсмена равна

$$E_{\text{к}_{\text{с}}} = \frac{m_{\text{с}}v_{\text{с}}^2}{2} = \frac{60 \cdot 10^2}{2} \text{ Дж} = 3000 \text{ Дж.}$$

Кинетическая энергия спортсмена больше кинетической энергии мяча в $\frac{E_{к_с}}{E_{к_м}} = \frac{3000}{22,5} \approx 133$ раза.

Этот результат может вызвать удивление, поскольку в чувственном восприятии понятия «энергия» на первом месте стоит понятие «скорость». А в этой задаче скорость мяча в 3 раза превышает скорость спортсмена-спринтера.

Задача 20.7. Решение. Если нет сопротивления воздуха, мяч будет лететь вверх до тех пор, пока вся его кинетическая энергия не будет израсходована на увеличение потенциальной энергии. Это значит, что потенциальная энергия в верхней точке траектории

мяча будет равна его кинетической энергии в нижней точке траектории:

$$E_{п} = E_{к}, mgh = \frac{mv^2}{2}, h = \frac{v^2}{2g}.$$

Для вычисления значения высоты подъема мяча выразим сначала значение его начальной скорости в основных единицах — в метрах в секунду:

$$v = 216 \text{ км/ч} = \frac{216}{3,6} \text{ м/с} = 60 \text{ м/с}.$$

Вычислим высоту подъема мяча:

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{3600}{2 \cdot 9,8} \text{ м} \approx 184 \text{ м}.$$

Это высота дома примерно в 60 этажей!

§ 21. Работа. Мощность

Связь изменения кинетической энергии тела с действием силы. Проблема введения понятия «работа» тесно связана с проблемой введения понятия «энергия». Кажется, что здесь нет никакой проблемы. Просто в физике произведение силы на путь, пройденный в направлении действия силы, назвали работой. Но тут опять начинаются чудеса: назвали еще одно произведение физических величин еще одним новым словом «работа», и вдруг оказалось, что эта работа в точности равна изменению кинетической энергии тела под действием этой силы.

И такого чудесного, случайного совпадения в физике не произошло. В действительности в физике назвали работой силы изменение кинетической энергии тела под действием этой силы. А выражение, связывающее работу силы с пройденным путем, нашли преобразованием формулы, выражающей изменение кинетической энергии под действием силы. Так что формула

$$A = Fs$$

не является определением понятия «работа», а является лишь формулой для вычисления работы силы.

Для учащихся, у которых возникнет вопрос о том, как установлена связь между действием на тело постоянной силы F и изменением кинетической энергии тела, можно сделать следующие преобразования.

Если в начальный момент времени скорость тела была равна нулю, то по-

сле начала действия постоянной силы F изменение скорости v в единицу времени равно v/t , а сила равна:

$$F = m \frac{v}{t}.$$

Отсюда скорость равна $v = \frac{Ft}{m}$.

Подставляем это выражение для скорости в формулу изменения кинетической энергии $\Delta E_{к}$ тела: $\Delta E_{к} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv \cdot Ft}{2} = F \frac{v}{2} t$.

При увеличении скорости тела от 0 до v ее среднее значение равно $0,5v$. Произведение $0,5vt$ равно пройденному пути s . Произведя замену $0,5vt = s$, получаем, что при действии постоянной силы и движении тела по направлению вектора силы изменение кинетической энергии тела равно произведению модуля действующей силы на пройденный путь:

$$A = \Delta E_{к} = Fs.$$

Задача 21.1. Решение. $A = Fs = mgh = 200 \cdot 9,8 \cdot 2 \text{ Дж} \approx 3920 \text{ Дж}$.

Задача 21.2. Решение. Изменение кинетической энергии автомобиля равно работе силы на пройденном пути:

$$\Delta E_{к} = A = Fs.$$

Отсюда можно найти силу, вызвавшую изменение кинетической энергии:

$$F = \frac{\Delta E_{к}}{s} = \frac{\frac{mv^2}{2} - 0}{s} = \frac{mv^2}{2s}.$$

Выразим скорость автомобиля в метрах в секунду:

$$v = \frac{108}{3,6} \text{ м/с} = 30 \text{ м/с}$$

и вычислим значение силы:
 $F = \frac{1000 \cdot 900}{2 \cdot 150} \text{ Н} = 3000 \text{ Н}.$

Задача 21.3. Решение. Мощность равна отношению совершенной работы к времени совершения работы: $N = A/t$.

Работа равна изменению кинетической энергии: $A = \Delta E_k$.

Отсюда полезная мощность спортсмена была равна:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{\Delta E_k}{t} = \frac{mv^2}{2t},$$

$$N = \frac{75 \cdot 100}{2 \cdot 5} \text{ Вт} = 750 \text{ Вт}.$$

Задача 21.4. Решение. Работа равнодействующей всех сил при разгоне самолета равна изменению кинетической энергии самолета: $A = \Delta E_k$.

Выразим скорость самолета в метрах в секунду:

$$v = \frac{360}{3,6} \text{ м/с} = 100 \text{ м/с}.$$

Вычислим работу: $A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{160\,000 \cdot 10\,000}{2} \text{ Дж} = 800\,000\,000 \text{ Дж}.$

Задача 21.5. Решение. Работа силы трения при торможении автомобиля равна изменению кинетической энергии автомобиля: $A = \Delta E_k = 0 - \frac{mv^2}{2} = -\frac{mv^2}{2}.$

Выразим скорость в метрах в секунду и вычислим работу силы трения:

$$v = \frac{72}{3,6} \text{ м/с} = 20 \text{ м/с},$$

$$A = -\frac{1500 \cdot 400}{2} \text{ Дж} = -300\,000 \text{ Дж} = -300 \text{ кДж}.$$

Мы получили отрицательное значение для работы силы трения при торможении автомобиля, так как изменение кинетической энергии определяется как разность между конечным и начальным значениями кинетической энергии, а конечное значение энергии оказалось меньше начального значения энергии. По-другому можно сказать, что значение работы получилось отрицательным по той причине, что вектор силы трения

при торможении направлен противоположно вектору скорости.

Задача 21.6. Решение. Работа равнодействующей всех сил, действующих на пассажира, равна изменению его кинетической энергии:

$$A = \Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Подставив значения конечной и начальной скоростей автобуса, вычислим работу:

$$A = \frac{80 \cdot 400}{2} - \frac{80 \cdot 100}{2} = 12\,000 \text{ Дж}.$$

Задача 21.7. Решение. Полезная мощность двигателя равна полезной работе, деленной на время ее совершения: $N = A/t$.

Полезная работа равна изменению кинетической энергии автомобиля:

$$A = \frac{mv^2}{2}.$$

Выразим конечную скорость автомобиля в метрах в секунду и вычислим мощность:

$$v = \frac{108}{3,6} \text{ м/с} = 30 \text{ м/с}, N = \frac{A}{t} = \frac{mv^2}{2t} = \frac{1700 \cdot 900}{2 \cdot 6} \text{ Вт} = 127\,500 \text{ Вт}.$$

В киловаттах это равно $N = 127,5 \text{ кВт}$, в лошадиных силах равно $N = \frac{127\,500 \text{ Вт}}{735,5 \text{ Вт/л. с.}} \approx 173 \text{ л. с.}$

Задача 21.8. Решение. Если двигатель автомобиля будет развивать максимальную мощность в течение всего указанного времени, то за время t автомобилем будет произведена работа

$$A = Nt.$$

Предположим, что вся работа двигателя затрачена на изменение кинетической энергии:

$$A = \Delta E_k = mv^2/2 - 0 = mv^2/2.$$

Найдем мощность автомобиля:

$$N_1 = \frac{A}{t_1} = \frac{\Delta E_k}{t_1} = \frac{mv^2}{2t_1},$$

$$N_1 = \frac{2000 \cdot 900}{2 \cdot 5} \text{ Вт} = 180\,000 \text{ Вт},$$

$$N_1 = \frac{180\,000}{735,5} \text{ л. с.} \approx 245 \text{ л. с.}$$

Мощность двигателя автомобиля должна быть равна 245 л. с., чтобы ав-

томобиль смог за 5 с развить скорость до 108 км/ч.

Автомобиль с максимальной мощностью 170 л. с. не сможет за 5 с разогнаться до скорости 108 км/ч.

За сколько секунд автомобиль, имеющий максимальную мощность 170 л. с., сможет развить скорость до 108 км/ч?

Найдем это время:

$$t_2 = \frac{A}{N_2} = \frac{N_1 \cdot t_1}{N_2} = \frac{900\,000}{170 \cdot 735,5} \text{ с} \approx 7,2 \text{ с.}$$

Задача 21.9. Решение. При движении с постоянной скоростью двигатели электровоза совершают работу, которую можно найти, умножив модуль силы тяги F на пройденный путь s :

$$A = Fs = Fvt.$$

Если вся мощность электровоза будет использоваться на создание силы тяги, то работа A , совершенная этой силой за время t , будет равна произведению мощности N на время t :

$$A = Nt.$$

Из двух выражений для совершенной работы получаем равенство

$$Nt = Fvt.$$

Из полученного равенства находим мощность двигателей:

$$N = Fv.$$

Скорость электровоза выразим в метрах в секунду:

$$v = 36 \text{ км/ч} = 36/3,6 \text{ м/с} = 10 \text{ м/с.}$$

Находим мощность двигателей электровоза:

$$N = 300\,000 \cdot 10 \text{ Вт} = 3\,000\,000 \text{ Вт} = 3000 \text{ кВт.}$$

Задача 21.10. Решение. Предположим, что вся работа A , совершенная мышцами ног человека, затрачена на изменение его потенциальной энергии:

$$A = Nt = \Delta E_{\text{п}} = mgh, \quad (1)$$

где h — расстояние от земли до пятого этажа. Из выражения (1) найдем мощность:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{mgh}{t},$$
$$N = \frac{50 \cdot 9,8 \cdot 0,2 \cdot 20 \cdot 5}{98} \text{ Вт} = 100 \text{ Вт.}$$

Мощность человека равна мощности 100-ваттной электрической лампы!

Задача 21.11. Решение. Работа A при равномерном движении равна:

$$A = Fs = 3 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 3 \text{ Дж.}$$

§ 22. Простые механизмы

Опыты с простыми механизмами. При изучении физических принципов действия простых механизмов нужно помнить, что большинство школьников не имеют практического опыта при использовании простых механизмов. Поэтому при объяснении обязательно нужно продемонстрировать механизмы в действии, а при решении задач по возможности использовать не только рисунки в учебнике, но и наклонную плоскость, блоки, установленные на демонстрационном столе. Плоскогубцы, кусачки, ножницы можно раздать учащимся для того, чтобы они производили расчеты не по картинкам, а на основе собственных измерений.

Для самостоятельных опытов можно использовать набор деталей для сборки простых механизмов.

В комплект деталей этого набора входят рычаг, наклонная плоскость, блоки,

зубчатые колеса, ручка, крепежные винты. Для выполнения лабораторных заданий на измерение сил и расстояний, например для определения КПД наклонной плоскости, кроме набора необходимы также динамометр и измерительная линейка.

Можно предложить задание на конструирование более сложных механизмов, например подъемного крана. Затем на уроке физики поставить задачу определения выигрыша в силе собранного механизма.

Задача 22.1. Решение. Доказать, что при подъеме груза по наклонной плоскости длиной l на высоту h без трения выигрыш в силе равен отношению l/h , можно следующим способом. Выделим на рисунке 48, изображающем наклонную плоскость, треугольник со сторонами l , h и горизонтальной прямой, соединяющей концы этих сторон.

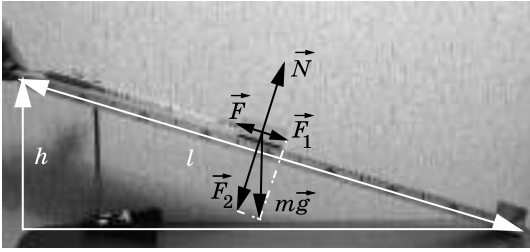


Рис. 48

Силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на брусок, представим как равнодействующую двух сил, силы \vec{F}_1 , направленной параллельно наклонной плоскости, и силы \vec{F}_2 , направленной перпендикулярно наклонной плоскости. Действие силы \vec{F}_2 на брусок компенсируется действием силы упругости \vec{N} , равной по модулю и направленной противоположно силе \vec{F}_2 . Поэтому для равномерного движения бруска вверх по наклонной плоскости при отсутствии сил трения нужно приложить силу \vec{F} , равную по модулю силе \vec{F}_1 и направленную противоположно ей. Получаемый при этом выигрыш в силе равен $\frac{mg}{F} = \frac{mg}{F_1}$.

Доказать, что выигрыш в силе при использовании наклонной плоскости длиной l и высотой h при отсутствии сил трения равен $\frac{mg}{F} = \frac{mg}{F_1} = \frac{l}{h}$, можно путем непосредственных измерений длин векторов сил $m\vec{g}$ и \vec{F}_1 с последующим вычислением их отношения и измерений длины l и высоты h с последующим вычислением их отношения.

Задача 22.2. Решение. При повороте рычага вокруг оси O на угол α (рис. 49) сила F_1 совершает работу

$$A_1 = F_1 s_1 = F_1 l_1 \alpha.$$

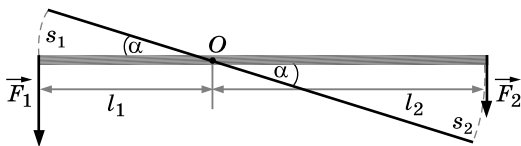


Рис. 49

Работа силы F_2 с плечом l_2 при этом равна:

$$A_2 = F_2 s_2 = F_2 l_2 \alpha.$$

Из условия равновесия рычага

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

и одинакового значения угла α следует равенство работ

$$A_1 = A_2, A_1/A_2 = 1.$$

Задача 22.3. Решение. При подъеме груза с помощью неподвижного блока выигрыша в работе получить нельзя, потому что при отсутствии трения сила, способная вызвать перемещение груза, равна силе тяжести груза. Перемещение груза равно пути, на котором действует приложенная сила (концы нерастяжимой веревки перемещаются на одинаковые расстояния) (рис. 50).



Рис. 50

При подъеме груза с помощью подвижного блока выигрыша в работе получить нельзя. При отсутствии трения сила \vec{F}_2 , способная вызвать перемещение груза, в 2 раза меньше силы тяжести \vec{F}_1 груза (рис. 51), так как вес уравновешивается действием силы упругости со стороны двух нитей. Но при этом перемещение s_1 груза в 2 раза меньше пути s_2 , на котором действует сила упругости \vec{F}_2 , поднимающая груз: $F_1 = 2F_2$, $s_2 = 2s_1$, $F_1 s_1 = F_2 s_2$. Эти теоретические обоснования желательно проверить в опытах с использованием блоков, грузов и динамометров.

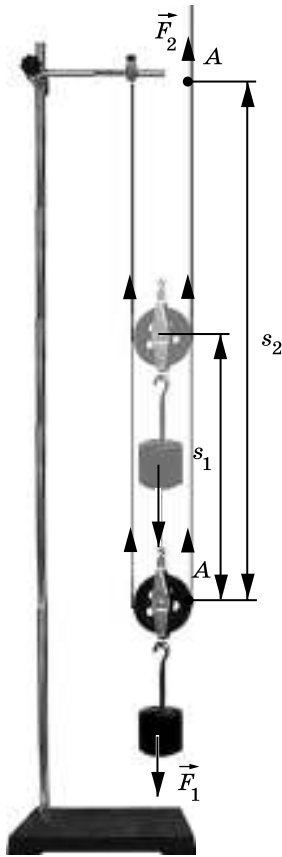


Рис. 51



Рис. 52

Задача 22.4. Решение. Человеку легче поднимать тяжелый груз вверх с помощью неподвижного блока, находясь на земле и прилагая силу, направленную вниз, чем просто поднимать его с помощью веревки вверх, потому что ему при этом достаточно лишь крепко держаться за веревку руками и подгибать ноги, действуя собственным весом (рис. 52).

Задача 22.5. Решение. Система из подвижного и неподвижного блоков дает выигрыш в силе в 2 раза и не дает выигрыша в работе.

Задача 22.6. Решение. Выигрыш в силе, даваемый плоскогубцами, зависит от того, как ими пользоваться. Если рукоятки плоскогубцев сжимаются рукой так, что силы со стороны руки приложены к самой выступающей части рукояток, а губки плоскогубцев используются для захвата какой-то детали самыми концами губок (рис. 53, а), то на основании правила равновесия рычага можно записать равенство $F_1 l_1 = F_2 l_2$. Выигрыш в силе равен $\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2}$. Для

определения выигрыша в силе нужно измерить плечи l_1 и l_2 рычагов и вычислить их отношение. Измерения желательно выполнять не по рисунку в учебнике, а с использованием настоящих плоскогубцев.

Максимальное значение выигрыша в силе плоскогубцы дают при использовании их для перекусывания проволоки или какой-то детали, когда значение плеча l_1 рычага максимально, а значение плеча l_2 рычага минимально (рис. 53, б).

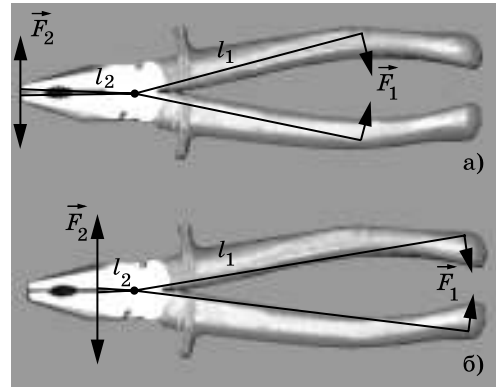


Рис. 53

Задача 22.7. Решение. Плечо силы \vec{F}_1 равно 4 см, плечо силы \vec{F}_2 равно 32 см. Рука как рычаг проигрывает в силе в 8 раз. Для удержания груза весом 98 Н мышца должна действовать силой 784 Н.

Задача 22.8. Решение. При нажатии ноги на педаль тормоза (рис. 54) поршень П оказывает давление на масло в цилиндре Ц. Масло через шланг Ш по закону Паскаля передает оказываемое на него давление на поршни Р в цилиндре С. Повышение давления масла в цилиндре С приводит поршни Р в движение, перемещение поршней прижимает тормозные колодки Т к барабану Б вращающегося колеса. Происходит торможение вращения колеса.

После прекращения нажатия на педаль тормоза давление масла в системе уменьшается, пружина 1 возвращает поршень П в исходное состояние, а пружина 2 оттягивает тормозные колодки от барабана Б, торможение прекращается.

Чтобы найти силу давления \vec{F}_2 поршня тормозной системы на тормозную колодку при известной силе \vec{F}_1 нажатия ноги водителя на педаль тормоза, нужно сначала определить силу давления на поршень П. Считая, что педаль как рычаг дает выигрыш в силе примерно в 2 раза (см. рис. 54), получаем силу давления на поршень П, равную 100 Н.

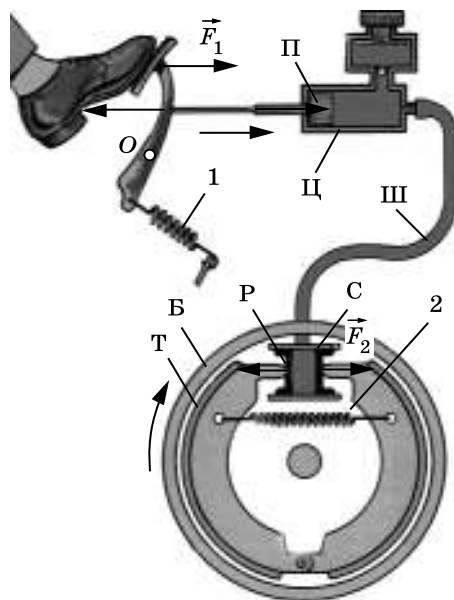


Рис. 54

По тому же рисунку диаметр поршня Р примерно в 1,5 раза больше диаметра поршня П, следовательно, его площадь примерно в 2,25 раза больше площади поршня П. Поэтому при одинаковом давлении масла в системе сила давления поршня Р в 2,25 раза больше силы давления поршня П и равна 225 Н.

Дополнительная задача

Задача 22.9. На рисунке 55 представлена схема устройства гидравлического подъемника автомобилей. Объясните по схеме принцип действия этого подъемника. Каково назначение клапанов 1 и 2 и как они могут быть устроены? Какое давление масла в системе необходимо создать для подъема автомобиля массой 1,5 т, если площадь цилиндра подъемника 1000 см²? С какой силой при этом должен давить на масло поршень насоса, если площадь поршня 10 см²? Какой выигрыш в силе обеспечивает этот гидравлический подъемник?

Решение. Принцип действия подъемника следующий. При движении поршня П₁ вниз давление масла в цилиндре Ц₁ повышается. Повышение давления приводит к тому, что заслонка клапана 1 закрывает отверстие клапана, и выход масла в бак Б оказывается невозможным. Заслонка клапана 2 при повышении давления открывается, и порция масла поступает в цилиндр Ц₂ подъемника. Поршень П₂ подъемника немного поднимается вверх и поднимает машину. При движении поршня П₁ вверх давление масла в цилиндре Ц₁ насоса понижается. Понижение давления приводит к тому, что заслонка клапана 2 закрывается, и масло из цилиндра Ц₂ не выходит. Заслонка клапана 1 открывается, и порция масла поступает из бака Б. При следующем движении поршня П₁ вниз новая порция масла выдав-

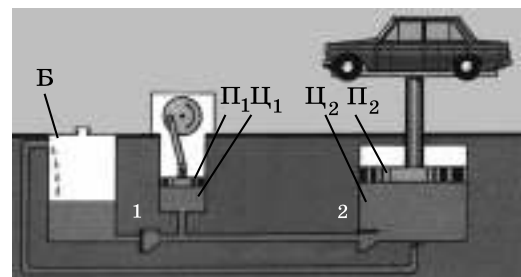


Рис. 55

ливается в цилиндр Π_2 , и автомобиль еще немного поднимается вверх. Так происходит перекачка масла из бака Б в цилиндр Π_2 и подъем автомобиля. Для опускания автомобиля нужно открыть кран на нижней трубе, соединяющей цилиндр Π_2 с баком Б.

Давление масла в системе для подъема автомобиля массой 1,5 т при площади цилиндра Π_2 подъемника $1000 \text{ см}^2 = 0,1 \text{ м}^2$ должно быть равно:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{1500 \cdot 9,8 \text{ Н}}{0,1 \text{ м}^2} = 147 \text{ 000 Па.}$$

При площади поршня подъемника в 100 раз большей площади поршня насоса, гидравлический подъемник дает выигрыш в силе в 100 раз.

Простые механизмы и машины. При изучении принципов действия простых механизмов можно предложить нескольким учащимся подготовить сообщения о замечательных изобретателях машин и механизмов древнего времени — Архимеде и Героне Александрийском — с показом схем или действующих моделей изобретенных ими машин. Примеры хрестоматийных материалов об Архимеде и Героне приведены ниже.

В древнее время механика рассматривалась как наука о простых машинах. Ее основой были теория рычага, изложенная Архимедом в сочинении «О равновесии плоских фигур». Машины, построенные с использованием рычага и колеса, помогли человеку «перехитрить» природу. Отсюда и пошло название «механика». Греческое слово «механе» означало орудие, приспособление, осадную или театральную машину, а также уловку, ухищрение.

Архимед родился в 287 г. до н. э. в Сиракузах на острове Сицилия. Отец Архимеда, астроном и математик Фидий, дал сыну хорошее образование. Совершив путешествие в египетский город Александрию, Архимед познакомился там с самыми выдающимися учеными своего времени, изучил труды Демокрита, Евдокса и других ученых. После возвращения в Сицилию Архимед занимался математикой и астрономией. Он первым решил задачу, которую до него никто решить не мог — нашел способ вычисления поверхности и объема шара. О занятиях Архимеда астрономией свидетельствуют рассказы о построенной

им астрономической сфере, захваченной Марцеллом в качестве военного трофея, и сочинение «Псаммит», в котором Архимед подсчитывает число песчинок во Вселенной. Результат, полученный Архимедом, выражается в современных обозначениях числом 10^{63} . В сочинении Архимеда впервые в истории науки сопоставляются две системы мира: геоцентрическая, в центре которой находится Земля, и гелиоцентрическая, в центре которой находится Солнце.

Для современников наиболее известными были достижения Архимеда в области механики. Он изобрел водоподъемный винт (винт Архимеда) (см. рис. 3.8 учебника), разнообразные военные машины для метания копий и дротиков, для поднятия и потопления кораблей. Под руководством Архимеда было построено много машин разного назначения.

Во время осады Сиракуз римлянами в 212 г. до н. э. Архимеду было 75 лет. Построенные Архимедом мощные метательные машины забрасывали римские войска тяжелыми камнями. Думая, что они будут в безопасности у самых стен города, римляне кинулись туда, но в это время легкие метательные машины близкого действия забросали их градом ядер. Мощные краны захватывали железными крюками корабли, приподнимали их кверху, а затем бросали вниз, так что корабли переворачивались и тонули.

Римляне вынуждены были отказаться от мысли взять город штурмом и перешли к осаде. Историк древности Полибий писал: «Такова чудесная сила одного человека, одного дарования, умело направленного на какое-либо дело... римляне могли бы быстро овладеть городом, если бы кто-либо изъял из среды сиракузян одного старца».

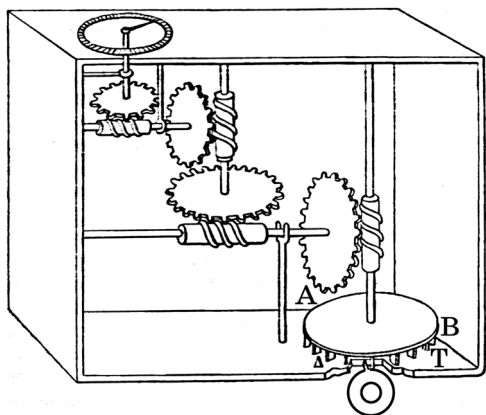
Только вследствие измены Сиракузы все-таки были взяты римлянами осенью 212 г. до н. э. При этом Архимед был убит.

Об Архимеде рассказывали, что он заявил: «Дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир!» Так он объяснял неограниченные возможности выигрыша в силе с помощью рычага.

Машины Герона Александрийского. Первые тепловые машины были созданы в I—II вв. до н. э. выдающимся изобретателем того времени Героном



Эолипил Герона



Годометр

Александрийским. Герон создал устройство эолипил, которое сегодня назвали бы реактивной паровой турбиной. Полый шар с двумя выступающими противоположно направленными трубками был соединен трубкой с сосудом, частично заполненным водой, и мог вращаться на этой трубке как на горизон-

тально расположенной оси. Когда под сосудом разводили огонь и вода в нем закипала, пар поступал в шар по широкой трубке, вырывался из него через малые отверстия на концах изогнутых трубок в двух противоположных направлениях и вызывал вращение шара. Так за счет энергии огня возникало механическое движение тела.

Герон изобрел устройство для автоматического открывания дверей храма. Огонь, зажженный на бронзовом жертвеннике, нагревал воздух в сосуде под жертвенником. В результате нагревания воздух расширялся и выталкивал воду из сосуда по сифону в бак. Бак становился тяжелее, опускался и через систему блоков и веревок поворачивал двери на петлях.

Можно задать вопрос учащимся о том, как давно, по их мнению, изобретен прибор для измерения пройденного пути, который используется в автомобиле (см. § 6 учебника). Для большинства из них будет неожиданным сообщение о том, что такой прибор был изобретен Героном Александрийским более двух тысяч лет тому назад и назван годометром. Принцип действия годометра такой же, как у современных приборов. При одном полном обороте колеса транспортное устройство (древняя колесница или современный автомобиль) проходит расстояние, равное длине окружности, и в годометре вызывает поворот первого диска на определенный угол. Винт на одной оси с диском вызывает вращение второго диска и так далее до стрелки, указывающей пройденный путь по шкале.

§ 23. Механические колебания

Задачей изучения этой темы в 7 классе является первое знакомство с механическими колебаниями как особым видом механического движения тел. Учащиеся должны научиться узнавать механические колебания, различать свободные и вынужденные колебания, уметь определять на опыте период, частоту и амплитуду колебаний.

Основное внимание на уроке целесообразно уделить выполнению экспери-

ментального задания по изучению колебаний маятника, так как усвоение таких понятий, как период, частота и амплитуда колебаний, лучше всего происходит в процессе самостоятельного выполнения эксперимента учащимися.

Второй задачей является выяснение механизма возникновения механических колебаний на примерах колебаний маятника и груза на пружине. При наличии достаточного количества учебно-

го времени процесс возникновения свободных механических колебаний в системе взаимодействующих тел можно рассмотреть как на уровне динамики взаимодействия тел с выяснением причин изменений модуля и направления вектора равнодействующей сил, так и на уровне явлений взаимного превращения потенциальной и кинетической энергий тела в процессе свободных механических колебаний.

Задача 23.1. Решение. Если середина струны гитары проходит расстоянием 0,5 см между крайними положениями за 0,001 с, то это значит, что она совершила половину одного полного колебания, так как после совершения одного колебания тело возвращается в исходное положение и движется с той же скоростью. Следовательно, период T колебаний в 2 раза больше и равен 0,002 с. Частота ν колебаний связана с периодом T колебаний формулой $\nu = \frac{1}{T}$ и равна $\nu = 500$ Гц. Амплитуда колебаний струны в 2 раза меньше расстояния между крайними точками, которых достигает колеблющееся тело, и равна 0,25 см.

Задача 23.2. Решение. При частоте колебаний 0,5 Гц период колебаний равен $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0,5 \text{ Гц}} = 2 \text{ с}$.

Перемещение маятника из крайнего положения в положение равновесия происходит за $1/4$ часть периода колебаний, т. е. за 0,5 с.

Задача 23.3. Решение. Расстояние от крайнего положения до положения равновесия, равное амплитуде колебаний, груз проходит за $1/4$ часть периода колебаний. За один период колебаний при амплитуде колебаний 25 см груз проходит путь 1 м. При частоте 0,4 Гц груз за 10 с совершает число колебаний, равное $n = \nu t = 0,4 \cdot 10 = 4$. Если за один период колебаний груз проходит путь 1 м, то за 4 колебания пройдет путь 4 м.

Дополнительные задачи

Задача 23.4. Шар подвешен на пружине и совершает свободные колебания. Центр шара при колебаниях достигает самого высокого положения в точке А, нижнее его положение в точке С. Расстояние 4 см от верхнего положения А до нижнего положения С

(рис. 23.1 в учебнике) шар проходит за 0,5 с. Чему равны амплитуда a и период T колебаний шара?

Решение. Амплитудой колебаний называется расстояние от положения равновесия до точки максимального удаления от этого положения. Это расстояние AB или BC , равное 2 см. Периодом колебаний называется минимальное время, через которое тело оказывается в той же точке пространства и движется с той же скоростью. Период колебаний равен 1 с.

Задача 23.5. Конец ветви камертона колеблется после удара по нему молотка и проходит расстояние 0,2 см между крайними положениями за 0,0005 с. Определите амплитуду, частоту и период колебаний струны.

Решение. Когда конец ветви камертона проходит расстояние 0,2 см между крайними положениями за 0,0005 с, то он совершает половину одного полного колебания, так как после совершения одного колебания тело возвращается в исходное положение и движется с той же скоростью. Следовательно, период T колебаний в 2 раза больше и равен 0,001 с. Частота ν колебаний связана с периодом T колебаний формулой $\nu = \frac{1}{T}$ и равна $\nu = 1000$ Гц.

Амплитуда колебаний камертона в 2 раза меньше расстояния между крайними точками и равна 0,1 см.

Задача 23.6. Маятник совершает свободные колебания частотой 2 Гц. За какое время он перемещается из положения равновесия в крайнее положение?

Решение. При частоте колебаний 2 Гц период колебаний равен $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{2 \text{ Гц}} = 0,5 \text{ с}$.

Перемещение маятника из крайнего положения в положение равновесия происходит за $1/4$ часть периода колебаний, т. е. за 0,125 с.

Задача 23.7. Груз, подвешенный на пружине, совершает вдоль вертикальной прямой свободные колебания частотой 0,4 Гц. Определите амплитуду колебаний груза, если пройденный грузом за 10 с путь равен 4 м.

Решение. При частоте 0,4 Гц груз за 10 с совершает число колебаний, равное $n = \nu t = 0,4 \cdot 10 = 4$. Разделив путь, пройденный за 4 колебания, на

число колебаний, найдем путь, пройденный за одно колебание: $4 \text{ м} : 4 = 1 \text{ м}$. Амплитуда колебаний груза равна $1/4$

части пути, проходимого за период колебаний, т. е. равна 25 см .

§ 24. Механические волны

Данная тема является прямым продолжением изучения механических колебаний с добавлением понятий «длина волны» и «скорость волны». Для понимания учащимися различия между поперечными и продольными волнами желательно выполнить демонстрации распространения поперечных и продольных волн в спиральной пружине, поперечных волн в резиновом шнуре и на поверхности воды.

Полезны и демонстрации моделей распространения продольных и поперечных волн с помощью волновой машины.

При изучении звука можно заранее предложить учащимся, занимающимся музыкой, подготовить краткие сообщения (с демонстрациями) о звуковых колебаниях, об органах слуха человека, о музыкальных инструментах и роли резонанса. Экспериментальное определение границ частоты слышимых звуковых колебаний можно провести коллективно в классе. Если в классе есть учащиеся, занимающиеся звукозаписью, им можно предложить сделать небольшие сообщения об истории развития техники записи и воспроизведения звука с демонстрациями приборов.

Еще одна возможная тема для подготовки небольшого сообщения — зем-

летрясения и сейсмические волны. Необходимый материал по каждой из тем имеется в учебнике, но учащиеся могут воспользоваться и дополнительной литературой, использовать Интернет.

Задача 24.1. Решение. Если звук частотой 500 Гц за 10 с распространяется в воздухе на расстояние 3400 м , то скорость распространения звука равна:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{3400 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 340 \text{ м/с}.$$

Длина волны звука равна:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} = \frac{340 \text{ м/с}}{500 \text{ Гц}} = 0,68 \text{ м}.$$

Задача 24.2. Решение. Длина волны прямо пропорциональна скорости ее распространения: $\lambda = vT$. Поэтому при распространении звуковых колебаний из воздуха в воду длина волны в воде больше длины волны в воздухе во столько раз, во сколько раз скорость звука в воде больше скорости звука в воздухе (при одинаковом периоде колебаний): $\frac{\lambda_{\text{вд}}}{\lambda_{\text{вз}}} = \frac{v_{\text{вд}}T}{v_{\text{вз}}T} = \frac{1500}{340} \approx 4,4$.

Задача 24.3. Решение. Если при частоте колебаний 1000 Гц длина волны в стали равна 5 м , то скорость распространения звука в стали равна:

$$v = \lambda\nu = 5 \cdot 1000 \text{ м/с} = 5000 \text{ м/с}.$$

Глава 3

Строение вещества

§ 25. Атомное строение вещества

Изучение новой темы можно начать с рассказа об атомистическом учении Демокрита, прочитав отрывки из поэмы Тита Лукреция Кара «О природе вещей».

Рассказ о броуновском движении твердых частиц в жидкостях и газах желательно сопроводить демонстрацией на модели броуновского движения с проецированием изображения. Предварительно можно продемонстрировать учащимся сам прибор (рис. 56). В нем стальные шарики служат моделями молекул, а резиновая пробка является

моделью твердой частицы, подвергающейся беспорядочным ударам молекул. Для приведения молекул в беспорядочное движение вращают ручку 1 прибора. Вращение ручки через зубчатое колесо 2 вызывает удары по стальной пружине 3, а пружина ударяет по молекулам.

После наблюдения опыта на модели можно показать рисунки траекторий движения броуновских частиц, сделанные по наблюдениям в микроскоп (рис. 57).

Справедливость представлений древних атомистов о том, что в жидкостях и твердых телах между непроницаемыми атомами могут быть пустоты, можно подтвердить простым опытом по смешиванию воды и спирта в стеклянной трубке длиной около 1 м. В трубку сначала наливают воду примерно до половины высоты, затем тонкой струей доливают спирт до заполнения трубки. Трубку плотно закрывают пробкой и несколько раз переворачивают для перемешивания воды и спирта. После перемешивания объем жидкости в трубке заметно уменьшается, примерно на 4%. Этот результат можно наглядно пояснить еще одним опытом, используя в качестве моделей молекул спирта 100 см³ гороха, а в качестве моделей молекул воды 100 см³ пшена. Заполним прозрачный стакан до половины высоты пшеном, затем сверху насыплем до краев горох (рис. 58). После нескольких переворачиваний стакана пшено заполняет пустые места между горошинами и общий объем смеси заметно уменьшается (рис. 59).

Оценка размеров молекул. Простой метод приблизительного определения размеров молекул основан на использовании особых свойств некоторых жидкостей. В опытах было обнаружено,

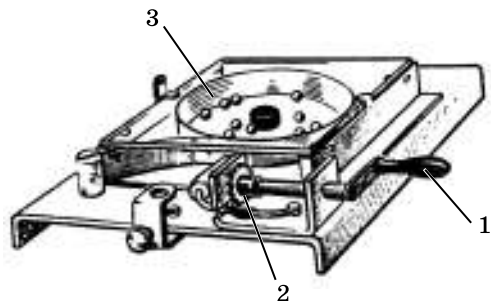


Рис. 56

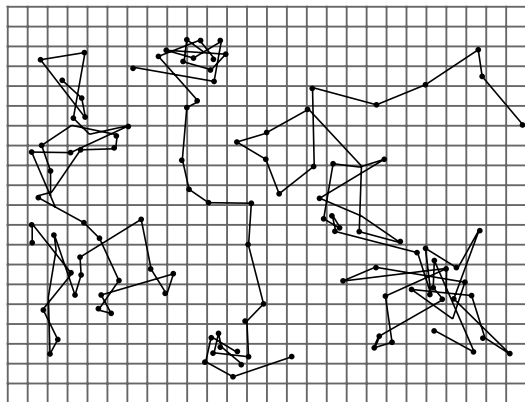


Рис. 57



Рис. 58



Рис. 59

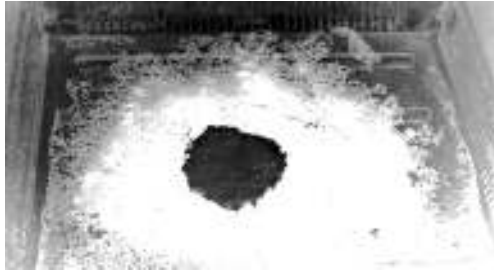


Рис. 60

что капли нерастворимой в воде кислоты растекаются по поверхности воды в виде примерно круглых пятен, площадь S каждого пятна пропорциональна объему V капли. Отсюда можно сделать вывод, что толщина пленки во всех опытах одинакова. Вероятно, молекулы кислоты прочно связаны между собой и потому образуют пленку толщиной в одну молекулу. Определив толщину d пленки, можно узнать диаметр молекулы вещества пленки: $d = V/S$.

Для оценки размеров молекул может быть использована стеариновая кислота. Сначала нужно приготовить раствор стеариновой кислоты в бензоле: 1 см^3 кислоты в 2000 см^3 бензола. Чтобы не расходовать большое количество бензола, такой раствор готовят в два

этапа. Сначала 1 см^3 стеариновой кислоты растворяют в 50 см^3 бензола, затем 1 см^3 приготовленного раствора растворяют в 40 см^3 бензола.

Чтобы тончайшая пленка кислоты была заметной на поверхности воды, поверхность воды покрывают возможно более тонким слоем порошка лycopодия или талька. Этот порошок не сыплют на поверхность воды, а лишь сдувают с ладони очень слабым дуновением.

На едва заметный слой порошка на поверхности воды нанести одну или две капли приготовленного раствора кислоты. Из этого раствора бензол быстро испаряется, а кислота растекается по поверхности воды, раздвигая слой порошка. На поверхности воды, покрытой порошком, образуется примерно круглое темное пятно.

В проведенном опыте две капли раствора образовали на поверхности воды пленку площадью примерно 100 см^2 (рис. 60). В предварительном опыте было установлено, что 50 капель раствора имеют объем 1 см^3 .

Найдем объем V стеариновой кислоты в двух каплях раствора. Так как объем одной капли равен $1/50 \text{ см}^3$, а в растворе находится $0,0005$ доля стеариновой кислоты, в двух каплях раствора объем V кислоты равен:

$$V = 0,02 \cdot 0,0005 \cdot 2 \text{ см}^3 = 0,00002 \text{ см}^3.$$

Толщина пленки d равна

$$d = \frac{V}{S} = \frac{0,00002 \text{ см}^3}{100 \text{ см}^2} = 0,0000002 \text{ см}.$$

Следовательно, длина молекулы стеариновой кислоты не более двух десятимиллионных долей сантиметра.

Задача 25.1. Решение. Если рост человека равен $1 \text{ м } 80 \text{ см}$, то при увеличении в $10\,000\,000$ раз он стал бы равным $18\,000\,000 \text{ м}$, или $18\,000 \text{ км}$. Это больше диаметра Земли.

§ 26. Взаимодействие частиц вещества

При изучении взаимодействия частиц вещества задача состоит в основном в осознании почти очевидных истин: между атомами и молекулами вещества существуют силы притяжения и силы отталкивания. Понять факт существования каждой из сил в отдельности очень просто, а осознать, что обе эти

силы существуют и действуют одновременно, оказывается трудно.

О существовании сил притяжения между атомами и молекулами наглядно свидетельствует тот факт, что твердые тела очень трудно разделить на части. Медную проволоку диаметром 1 мм не разорвать руками.

Существование сил отталкивания между атомами и молекулами обнаруживается при столкновениях любых твердых тел. Когда один стальной шар сталкивается с другим, они отталкиваются друг от друга в противоположные стороны. Это происходит потому, что атомы железа одного шара действуют силами отталкивания на атомы железа другого шара.

Далее нужно разобраться, как между атомами и молекулами действуют одновременно и силы притяжения, и силы отталкивания.

Одновременное существование сил притяжения и сил отталкивания между атомами и молекулами можно пояснить такой упрощенной моделью. Два шара соединены тонкой резинкой, сила упругости которой уменьшается по мере растяжения из-за уменьшения диаметра резинки. Действие этой резинки на шары при растяжении моделирует действие сил притяжения между молекулами, убывающих с увеличением расстояния (рис. 61).

Кроме того, на резинку надета короткая стальная пружина, которая препятствует сближению шаров силами отталкивания на расстояниях, меньших длины пружины (рис. 62).

Действия противоположно направленных сил притяжения и отталкивания уравниваются на таком расстоянии между шарами, на котором модули этих сил равны (рис. 63).

После качественного объяснения особенностей взаимодействия атомов и молекул можно рассмотреть графики зависимости сил от расстояния между частицами, представленные на рисунке 26.1 учебника.

Перед проведением опыта со свинцовыми цилиндрами по обнаружению межатомных сил притяжения можно напомнить, что проблема существования межатомных сил притяжения уже обсуждалась при изучении сил трения, где мы обращали внимание на тот факт, что межатомные силы притяжения действуют на очень коротких расстояниях, поэтому для обнаружения их действия при соприкосновении твердых тел нужно изготовить очень гладкие поверхности без загрязнений. Такие поверхности мы можем приготовить, очистив специальным ножом поверхности двух свинцовых цилиндров. Для этого цилиндры

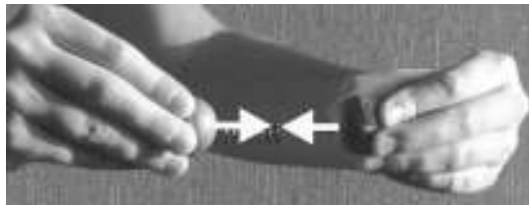


Рис. 61



Рис. 62



Рис. 63

поочередно вставляют в обойму с ножом и вращают с прижиманием к ножу.

При ознакомлении с особенностями сил взаимодействия частиц вещества у учащихся естественно возникает вопрос: если любые атомы притягиваются друг к другу, то почему все газы в природе до сих пор не соединились в твердые или жидкие тела?

Для ответа на этот вопрос можно выполнить демонстрации особенностей действия молекулярных сил взаимодействия на простых моделях. Для этого нужно изготовить модели молекул, обладающих способностью притягиваться друг к другу на небольших расстояниях и удерживаться вместе, но при столкновениях на больших скоростях отталкиваться друг от друга.

Самое простое — это провести опыт с шарами из пластилина, которые будут служить моделями молекул. Если одну такую молекулу катить с небольшой скоростью к другой, то после столк-

новения они слипнутся и будут удерживаться вместе, как молекулы в твердом или жидком теле.

А если одну такую молекулу катить с большой скоростью к другой, то после столкновения они не будут удерживаться вместе, а разлетятся в разные стороны. Те же самые силы притяжения не могут удержать быстро движущуюся молекулу.

Из этих опытов можно сделать вывод, что при достаточно больших скоростях теплового движения, т. е. при достаточно высокой температуре, любое вещество должно превратиться в газообразное. А при достаточно низкой температуре любое вещество должно превратиться в жидкое или твердое.

Какие же значения температуры достаточно большие и какие достаточно низкие? Из-за различия сил молекулярного притяжения у разных веществ различными оказываются и значения температур, при которых кинетическая энергия теплового движения частиц вещества становятся достаточной для преодоления действия сил молекулярного притяжения.

Вывод о том, что силы молекулярного или межатомного притяжения зависят от вида атомов и молекул, можно сделать из очень простых опытов. Опустим в воду стеклянную пластинку и вынем ее из воды. Стеклянная пластинка оказывается покрытой слоем воды. Этот результат легко объяснить действием на воду молекулярных сил притяжения со стороны атомов вещества стекла. Но после такого погружения в воду стеариновая свеча оказывается сухой.

Чтобы понять результат опыта со свечой, нужно вспомнить, что на каждую молекулу воды, находившуюся

около поверхности свечи, действуют не только силы молекулярного притяжения со стороны молекул вещества свечи, но и силы молекулярного притяжения со стороны молекул воды. Так как молекулы воды не остались на поверхности свечи, значит, силы взаимного притяжения молекул воды больше сил притяжения со стороны молекул вещества свечи. Возвращаясь к опыту со стеклянной пластинкой, можно уточнить вывод: молекулярные силы притяжения молекул воды атомами вещества стекла превышают силы взаимного притяжения молекул воды.

Различие значений молекулярных сил притяжения между атомами и молекулами разных веществ открыто не только учеными-физиками. Особенности молекулярных сил проявляются на практике у многих растений и животных. Утренняя роса и капли дождя не покрывают сплошь листья растений и цветы, а собираются в капельки, очень слабо связанные с поверхностью растений и легко скатывающиеся с листьев на землю.

Вода не смачивает листья, так как растения имеют специальные приспособления, чтобы не образовывалась пленка воды. Если листья покрывались бы даже тонким слоем воды, то процесс дыхания растений был бы невозможен. Кроме того, большое количество воды на листьях утяжелило бы ветви, и некоторые из них могли бы обломиться.

Защищаются от смачивания водой все водоплавающие птицы, недаром появилось выражение «как с гуся вода».

Жуки-водомерки свободно бегают и катаются, как конькобежцы, по воде, только немного прогибая ее поверхность.

§ 27. Свойства газов

Основным содержанием уроков по изучению свойств газов должны быть демонстрации и собственные эксперименты учащихся.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 27.1. Исследование зависимости объема газа от давления при постоянной температуре.

До начала выполнения эксперимента необходимо объяснить, как устроен на-

сос двойного действия, который будет использоваться в эксперименте, и каков принцип действия насоса. Для этого можно подготовить схематический рисунок насоса в разрезе (рис. 64) и на нем показать основные детали прибора. Еще лучше разобрать другой насос и параллельно показать каждую деталь в натуре.

Ручной вакуумный насос двойного действия может служить для разреже-

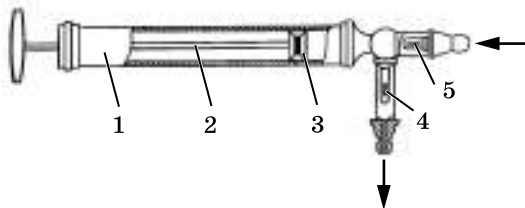


Рис. 64

ния и нагнетания воздуха. Основными его деталями являются стальной цилиндр 1, поршень 3, состоящий из двух кожаных манжет, привертнутой гайкой к штоку 2 с рукояткой, выпускной клапан 4 и впускной клапан 5, изготовленные из тонких резиновых трубок с прорезями.

При вытягивании штока 2 за рукоятку насоса поршень в цилиндре движется справа налево. Левая манжета 3 прижимается к стенкам цилиндра 1 и втягивает за собой воздух из цилиндра. Давление воздуха в насосе становится меньше давления воздуха в сосуде, с которым соединен впускной клапан 5. Воздух из сосуда поступает в насос через отверстие в резиновой трубке клапана до выравнивания давлений.

При перемещении поршня в обратном направлении правая манжета 3 прижимается к стенкам цилиндра 1 и сжимает перед собой воздух в цилиндре. Давление воздуха в насосе повышается, резиновая трубка впускного клапана сжимается, и поступление воздуха в сосуд через впускной клапан прекращается. Когда при дальнейшем перемещении поршня давление воздуха в насосе превысит давление в сосуде, с которым соединен выпускной клапан, откроется выпускной клапан 4 и воздух будет поступать через него в сосуд, увеличивая в нем давление. Таким образом, этот насос может использоваться как для накачивания воздуха в сосуд (через клапан 4), так и для выкачивания воздуха из сосуда (через клапан 5).

Эксперимент по исследованию зависимости объема газа от давления при постоянной температуре можно выполнить коллективно с использованием одной экспериментальной установки, собранной на демонстрационном столе.

В предварительном опыте нужно определить площадь поперечного сечения S трубки. Для этого всю трубку за-

полняют водой, затем воду из трубки выливают в измерительный цилиндр. По измеренному объему V_0 воды в кубических сантиметрах, заполнявшей трубку, и измеренной длине l_0 трубки в сантиметрах вычисляют площадь поперечного сечения S трубки в квадратных сантиметрах:

$$S = \frac{V_0}{l_0}.$$

Для проведения основного эксперимента длинную пластмассовую трубку 1 частично заполняют водой, один ее конец закрывают герметично пробкой или поворотом ручки крана на конце трубки. Между водой и пробкой нужно оставить столб воздуха длиной примерно 50—60 см. Трубка изгибается так, как показано на рисунке 65. Другой конец трубки присоединяют к тройнику 2, к нему же присоединяют через короткие трубки манометр 5 и насос 4.

Исследование заключается в измерениях объема воздуха при различных значениях давления и постоянной температуре. Давление измеряется манометром, объем воздуха может быть вычислен по измеренной длине l столба воздуха и площади внутреннего поперечного сечения S трубки: $V = lS$.

Перед началом эксперимента можно коллективно обсудить план проведения эксперимента и обработки его результатов. Измерения давления и объема воздуха можно провести как при повышении, так и при понижении давления.

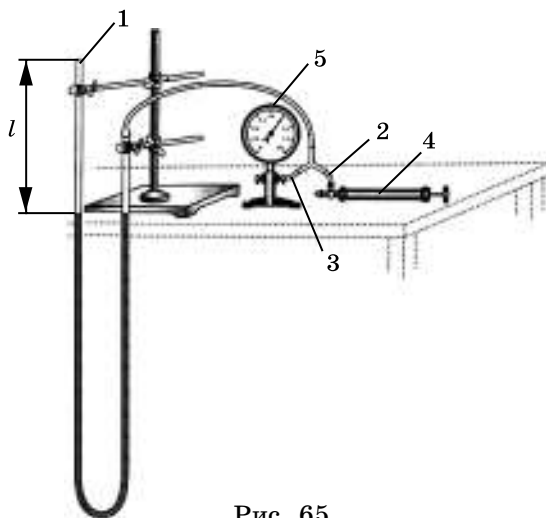


Рис. 65

Опыт начинают при атмосферном давлении воздуха (1 атм = 100 кПа) и далее увеличивают давление в каждом новом опыте на 0,1 атм = 10 кПа, продолжая измерения до давления 1,6 атм = 160 кПа. Важно, чтобы учащиеся догадались о необходимости учитывать влияние разности уровней воды в левой и правой частях трубки. Проще это делать не путем расчетов, а выравниванием уровней воды в трубке в каждом опыте перемещением лапки-зажима, держащей трубку, по стержню штатива.

Затем заготавливается на доске таблица, в которую будут записываться результаты измерений. Точно такую же таблицу учащиеся чертят в своих тетрадях.

На каждое измерение можно вызывать по три ученика. Один работает с насосом, другой перемещением лапки по штативу добивается выравнивания уровней воды в трубке, третий измеряет длину l воздушного столба и записывает результат в таблицу на доске. Потом они вычисляют объем V воздуха в трубке, произведение pV и записывают результаты вычислений в таблицы. В это время остальные учащиеся записывают полученные результаты измерений в таблицы в своих тетрадях и выполняют вычисления значений объема V воздуха в трубке и произведения pV самостоятельно. Затем сравнивают результаты вычислений с результатами, полученными группой у доски.

Далее после первой группы учащихся эксперимент продолжают вторая, третья и остальные группы.

Для выполнения опыта с понижением давления следует сначала присоединить шланг к штуцеру насоса, через который осуществляется выкачивание воздуха. При этом нужно предупредить учащихся о недопустимости попадания воды из трубки в насос. Чтобы этого не произошло, необходимо поддерживать равенство уровней воды в трубке.

В проведенном контрольном эксперименте в двухметровой полиэтиленовой трубке объем воды оказался равным 60 см³, отсюда площадь поперечного сечения равна 0,3 см².

В таблице приведены результаты измерений давления p воздуха, длины l воздушного столба и результаты вычислений объема V воздуха в трубке и про-

изведения давления p воздуха на его объем V . Произведение давления p воздуха на его объем V оказывается очень точной постоянной величиной. Эксперимент показывает, что закон Бойля — Мариотта для воздуха выполняется.

После завершения эксперимента по результатам, представленным в таблице, строят график зависимости давления p воздуха от его объема V .

Таблица

p , кПа	l , см	$V = lS$, см ³	pV , кПа · см ³
60	84,5	25,4	1520
70	72,0	21,6	1510
80	63,0	18,9	1510
90	56,6	17,1	1540
100	51,5	15,45	1545
110	46,7	14,0	1540
120	42,5	12,75	1530
130	39,5	11,85	1540
140	37,0	11,1	1550
150	34,5	10,35	1550
160	32,5	9,75	1560

Один учащийся строит график на доске, остальные учащиеся выполняют построение в своих тетрадях (рис. 66).

При обсуждении результатов экспериментального исследования можно спросить учащихся: чем объясняется повышение давления газа при уменьшении его объема при постоянной температуре? Ответ может быть примерно таким: давление газа на стенки сосуда создается беспорядочными ударами молекул. Чем больше ударов на единицу площади за единицу времени, тем больше давление. При сжатии газа число частиц в единице объема увеличивается, возрастает число их ударов в единицу времени, и поэтому увеличивается давление газа.

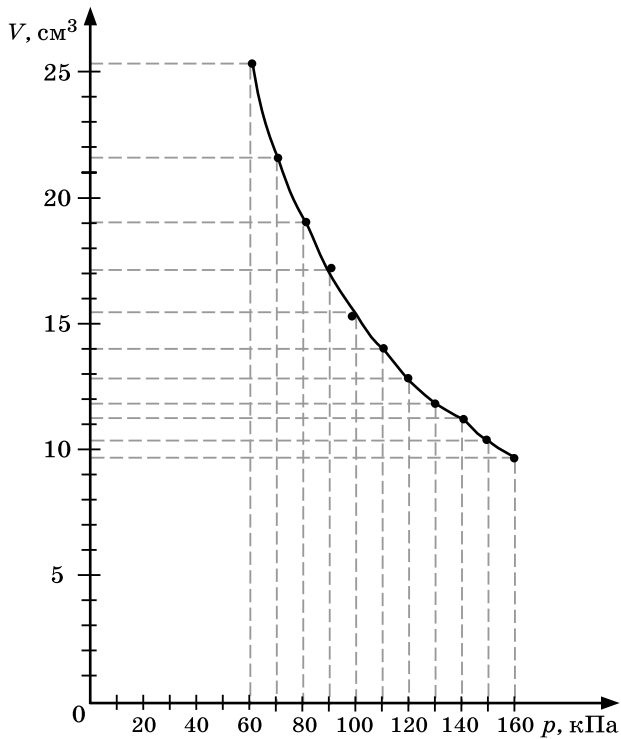


Рис. 66

Дополнительные задачи

Задача 27.1. При закрытом отверстии на выходе из велосипедного насоса перемещением поршня был уменьшен объем находящегося в нем воздуха от 60 до 20 см³. Каким стало давление воздуха в насосе, если до перемещения поршня давление было равно 100 кПа и температура воздуха при сжатии не изменялась?

Решение. По закону Бойля — Мариотта:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2,$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{100 \cdot 60}{20} \text{ кПа} = 300 \text{ кПа}.$$

Задача 27.2. В трубку длиной примерно 2 м, изогнутую в виде буквы U, налили столько воды, что при одинаковых уровнях воды в коленах трубки у ее концов осталось пространство длиной $l_0 = 40$ см, заполненное воздухом при атмосферном давлении p (рис. 27.6 в учебнике). Затем отверстие на левом конце трубки закрыли и опустили конец правой части трубки вниз на столь-

ко, что уровень воды в правом колене стал ниже уровня воды в левом колене на $h = 1$ м (рис. 27.7 в учебнике). Из-за понижения давления воздуха в левом колене на величину $\Delta p = \rho gh$ длина столба воздуха в левом колене увеличилась и стала равна $l_1 = 44,5$ см. Определите по этим данным атмосферное давление p воздуха.

Решение. Расширение воздуха в трубке происходило при постоянной температуре. Поэтому для воздуха в трубке можно записать уравнение $pV_0 = (p - \Delta p)V_1$.

Из этого уравнения можно найти атмосферное давление p :

$$p = \frac{\Delta p V_1}{V_1 - V_0} = \frac{\rho g h l_1}{l_1 - l_0}.$$

Начальный объем воздуха в трубке равен $V_0 = l_0 S$, где S — площадь поперечного сечения трубки.

Конечный объем равен $V_1 = l_1 S$.

Подставляя значения экспериментально полученных величин, находим значение атмосферного давления воздуха:

$$p = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 1 \cdot 44,5}{44,5 - 40} \text{ Па} \approx 96,9 \text{ кПа}.$$

Задача 27.3. Пластмассовая бутылка заполнена воздухом при атмосферном давлении $p_1 = 100$ кПа и герметично закрыта пробкой. С какой силой нужно надавить ладонью на боковую стенку бутылки, чтобы объем воздуха в ней уменьшился в 2 раза? Площадь ладони примите равной $S = 40$ см² = 0,004 м².

Решение. При изменении объема газа при постоянной температуре произведение начальных значений давления и объема газа равно произведению конечных значений: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

Поэтому при уменьшении объема в 2 раза давление воздуха увеличивается в 2 раза и становится равным $p_2 = 200$ кПа. Следовательно, дополнительное давление, созданное нажимом ладони, равно:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 200 \text{ кПа} - 100 \text{ кПа} = 100 \text{ кПа}.$$

Сила, создающая это давление, равна:

$$F = \Delta p S = 100 \text{ 000 Па} \cdot 0,004 \text{ м}^2 = 400 \text{ Н}.$$

§ 28. Свойства твердых тел и жидкостей

Кристаллы. Изучение этой темы желательно начать с демонстрации природных и искусственно выращенных кристаллов. Если в кабинете физики нет интересных кристаллов и наборов минералов и горных пород, можно заранее обратиться к учащимся с просьбой принести из дома кристаллы для демонстрации в классе.

Если есть возможность, желательно показать учащимся, как выращивают кристаллы в лаборатории или на производстве, как их обрабатывают и используют.

Строение кристаллов. Важнейшее свойство кристаллических тел — анизотропию, т. е. различие свойств кристаллов по разным направлениям из-за упорядоченного расположения атомов, — можно продемонстрировать в опытах по раскалыванию кристаллов гипса или других доступных кристаллов.

Для объяснения зависимости свойств кристаллов не только от свойств атомов, но и от расположения этих атомов в кристалле желательно продемонстрировать объемные модели кристаллических решеток графита и алмаза. При этом можно показать способность алмаза резать стекло и способность графита разрушаться при трении о бумагу.

Расширение твердых и жидких тел при нагревании. С явлением расширения твердых и жидких тел при нагревании можно ознакомить учащихся постановкой проблем, описанных в главе 1 «Проблемное обучение». Дополним это

описание рассмотрением методики проведения нескольких демонстрационных опытов.

Для демонстрации линейного расширения твердых тел служит прибор, состоящий из металлического основания, на левом краю которого закреплена металлическая пластина с тремя винтами сверху, а на правом — обойма с тремя стрелками разного цвета и пружинами, удерживающими стрелки в вертикальном положении, и шкала (рис. 67). Прибор комплектуется тремя одинаковыми по размерам стальным, латунным и алюминиевым стержнями. Каждый стержень на одном конце имеет ямку под конусный регулировочный винт на левой пластине прибора, на другом — прорезь для упора в стрелку.

Перед проведением опыта каждый стержень прорезью насаживают на одну стрелку, а в ямку с другой стороны упирают конец регулировочного винта. Вращением винта добиваются, чтобы каждая стрелка немного отошла от левого горизонтального упора на шкале прибора и все три стрелки занимали одинаковое положение относительно шкалы (рис. 67, а).

Если при нагревании стержни будут расширяться, то, упираясь в винты слева, они будут толкать стрелки справа и вызывать их отклонение.

Если в кабинете физики имеется такой прибор, то можно выполнить опыт по обнаружению линейного расширения твердых тел при нагревании и зави-

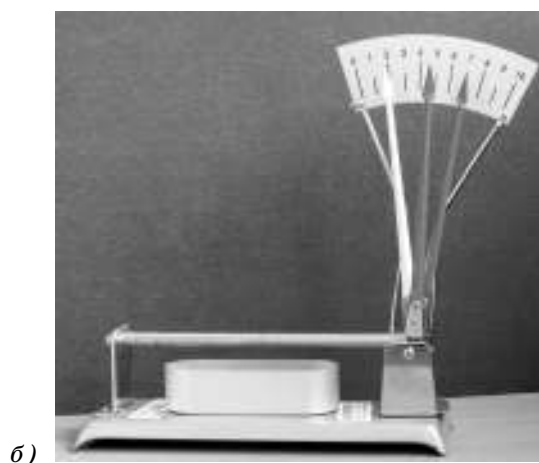


Рис. 67

симости расширения от нагреваемого вещества. До начала эксперимента можно спросить: одинаково ли будут расширяться стержни из разных металлов при одинаковом нагревании? Если неодинаково, то какой из них расширится больше остальных и какой меньше? Подставку с горючим размещают под стержнями так, чтобы пламя нагревало одинаково все стержни. По углу отклонения стрелок судят о линейном расширении металлов из различных веществ при их нагревании (рис. 67, б).

Обнаружив на опыте факт различного линейного расширения твердых тел, можно поставить перед учащимися проблему: что произойдет, если взять две тонкие длинные пластины из разных металлов, прочно соединить их заклепками, а потом нагреть такую пластину, называемую биметаллической?

После высказывания гипотез выполняется эксперимент с биметаллической пластиной, изготовленной из полос стали и алюминия. Пластина прибора закреплена на одном конце держателя. В его средней части имеется ручка. На другом конце держателя закрепле-

на шкала прибора. На держателе выше от места крепления ручки установлена стрелка на оси. На стрелке выше оси имеется вырез, в который вставлен другой конец биметаллической пластины.

При нагревании или охлаждении биметаллическая пластина изгибается, движение ее незакрепленного конца вызывает поворот стрелки относительно шкалы прибора. Заметное отклонение стрелки можно наблюдать при изменении температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для сохранения работоспособности прибора не рекомендуется нагревать пластину открытым пламенем до температуры выше $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

После выполнения опытов можно задать вопрос о возможных способах использования биметаллических пластин. Примерами могут служить различные автоматические устройства, принцип действия которых основан на свойствах биметаллических пластин для автоматического замыкания или размыкания электрических цепей, — датчики пожарной сигнализации, реле в стартерах люминесцентных ламп.

Глава 4

Тепловые явления

§ 29. Температура

Слово «температура» знакомо каждому с детства, термометр используется в быту повседневно. Что же нового могут узнать учащиеся на уроке по этой теме? Прежде всего нужно упорядочить, систематизировать ранее приобретенные знания о температуре и способах ее измерения. Для большинства учащихся будет трудно ответить на вопрос, что же измеряет термометр. Новым для них будет тот факт, что температура является мерой кинетической энергии беспорядочного теплового движения атомов или молекул вещества.

Каждый ученик 7 класса должен знать, что один из самых широко применяемых методов измерения температуры основан на явлении теплового расширения жидкостей. А выбор опорных точек шкалы термометра и обоснование этого выбора заслуживают подробного рассмотрения.

Важным для практики является понимание правил использования термометров при измерении температуры. Эти правила диктуются необходимостью установления теплового равновесия между термометром и телом, температура которого измеряется.

Трудным для большинства учащихся будет вопрос об устройстве и принципе действия медицинского ртутного термометра. Этому практическому вопросу следует уделить особое внимание.

Результатом выполнения домашнего экспериментального задания 29.1 должно быть установление того факта, что показания комнатного термометра зависят от места его расположения в комнате. Если нас интересует температура воздуха в комнате, то нужно исключить влияние на него всех остальных тел. На термометр не должен падать прямой солнечный свет, нельзя, чтобы термометр находился вблизи нагревательных

и осветительных приборов. Не следует вешать термометр на внешнюю стену комнаты, которая летом имеет повышенную, а зимой пониженную температуру относительно температуры воздуха в комнате.

В экспериментальном задании 29.2 предлагается придумать конструкцию, принцип действия термометра, способного измерять минимальную и максимальную температуру.

Знание максимального и минимального значений температуры за некоторый интервал времени является постоянной практической потребностью.

После обсуждения оригинальных вариантов решения поставленной задачи можно предложить другую задачу на разгадывание принципа действия максимального и минимального термометра-



Рис. 68

ра. Внешний вид такого термометра представлен на рисунке 68. Для выполнения измерений термометр устанавливается вертикально. Он имеет две шкалы и две трубки с ртутью. При повышении температуры ртуть в правой трубке движется вверх и перемещает вверх небольшой стержень. В левой трубке при повышении температуры ртуть движется вниз, а стержень за ртутью не движется.

При понижении температуры ртуть в правой трубке движется вниз, а стержень за ртутью не движется. В левой трубке при понижении температуры ртуть движется вверх и перемещает вверх стержень. Таким образом, положение нижнего края правого стержня отмечает максимальное значение температуры, а положение нижнего края левого стержня отмечает минимальное значение температуры за период наблюдения. Для подготовки термометра к следующим измерениям нажимают кнопку между коленами термометра, и стержни опускаются до столбиков ртути в трубках.

Когда все гипотезы обсуждены, крышка термометра вскрывается и сравнивается ожидаемое с действительным (рис. 69). В данном термометре рабочим телом является не ртуть, а прозрачная жидкость, находящаяся в стеклянном баллоне, соединенном с верхним концом левого колена трубки термометра. Левое колено трубки соединено внизу с правым коленом, ртуть находится в сообщающихся сосудах. При повышении температуры рабочее тело расширяется и движет ртуть в левом колене вниз; в правом колене уровень ртути при этом повышается, а жидкость над ртутью выталкивается в полупустой стеклянный баллон, частично заполненный жидкостью.

Если в начальный момент времени стержни в трубках находились в соприкосновении со столбиками ртути, то

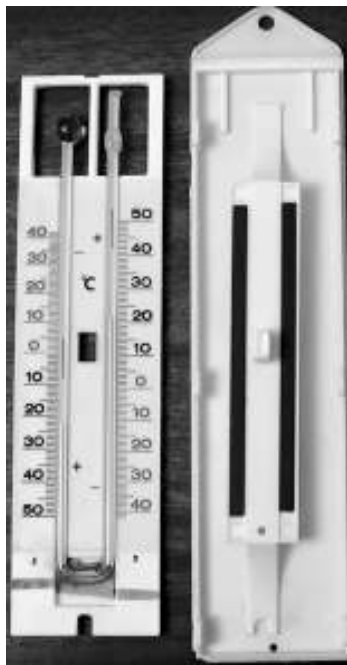


Рис. 69

Рис. 70

при повышении температуры столбик в правой трубке поднимается ртутью вверх, а в левой трубке остается на прежнем месте. От движения вниз под действием силы тяжести его удерживает притяжение магнитной полосы, расположенной за пластиной со шкалой. Притяжение к магниту обусловлено тем, что в стержне находится железная проволока. При понижении температуры уровень поверхности ртути в правой трубке опускается вниз, а стержень остается на месте, отмечая значение максимальной температуры. При нажатии кнопки магнитные полосы (рис. 70) отодвигаются от трубок термометра и не удерживаемые магнитным притяжением стержни под действием силы тяжести опускаются до ртути в трубках.

§ 30. Внутренняя энергия

Основной задачей при изучении этой темы является формирование у учащихся представлений о существовании некоторого запаса энергии внутри любого тела — **внутренней энергии**, о возможности извлечения этой энергии из тела и использовании в практических целях.

Вопросы в конце параграфа учебника направлены на углубление понимания изложенного материала с использованием новых примеров. Ответы на эти вопросы могут быть, например, такими.

Подробный ответ на первый вопрос дан в учебнике после описания опыта

с пластмассовой бутылкой, взлетающей с резиновой пробки. При желании этот опыт можно заменить опытом с резиновой пробкой, вылетающей из пробирки при нагревании.

Примерами явлений, в которых за счет кинетической энергии теплового движения молекул газа совершается механическая работа и приводится в движение тело большей массы, могут служить движение поршня в цилиндре автомобильного двигателя, выстрел орудия, полет космической ракеты.

Примерами явлений, в которых за счет механической работы внешних сил увеличивается кинетическая энергия теплового движения атомов тела, могут служить повышение температуры шин автомобилей и самолетов при резком торможении, зажигание спички в результате нагревания ее головки при трении о коробку, повышение температуры сверла дрели при сверлении, испарение части обшивки космических кораблей при возвращении из космического пространства, превращение в пар метеорных тел, влетающих в атмосферу Земли из космического пространства. Причиной испарения части обшивки космических кораблей и метеорных тел является действие сил трения о воздух. При скоростях движения 8—40 км/с эти силы так велики, что под их действием температура поверхности движущегося тела повышается до нескольких тысяч градусов.

Примерами передачи энергии в процессе теплообмена от горячего тела холодному без изменения температуры холодного тела могут служить таяние льда при постоянной температуре 0 °С, превращение воды из жидкости в пар в кипящем на горячей плите чайнике.

Уменьшение внутренней энергии газа происходит при расширении газа без теплообмена с окружающими телами.

В ясный летний день воздух в результате теплообмена с земной поверхностью нагревается и расширяется. Из-за уменьшения плотности при расширении теплый воздух под действием силы Архимеда поднимается в более высокие слои атмосферы. Там давление ниже, поэтому поднимающийся теплый воздух продолжает расширяться. При расширении воздух совершает работу за счет уменьшения своей внутренней

энергии, поэтому температура воздуха понижается. Содержащийся в теплом воздухе водяной пар при охлаждении сначала конденсируется в капли воды, затем превращается в кристаллики льда. Так возникают облака.

Изменение внутренней энергии воздуха без теплообмена с другими телами происходит в цилиндре дизельного двигателя. При сжатии воздуха движущимся поршнем его температура повышается до 600—700 °С. При такой высокой температуре горючее в цилиндре воспламеняется без использования электрической искры.

Вариант опыта по определению механического эквивалента теплоты (задание 30.2) может быть следующим.

Оборудование: свинцовая дробь массой 0,2 кг, картонная или пластмассовая трубка, термометр, измерительная линейка.

Содержание и порядок выполнения задания

В картонный или пластмассовый цилиндр насыпают свинцовую дробь, начальная температура которой равна температуре воздуха в комнате. Затем вертикально расположенный картонный цилиндр резко поворачивают вокруг горизонтальной оси на 180°. Поднятая на высоту h дробь падает (рис. 71). Во время падения сила тяжести $F = mg$ на пути h совершает работу

$$A = Fs = mgh.$$

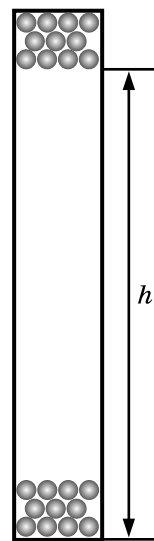


Рис. 71

Изменение кинетической энергии дроби равно совершенной работе:

$$\Delta E_k = A = mgh.$$

При ударе дроби о дно цилиндра ее кинетическая энергия превращается во внутреннюю энергию теплового движения атомов свинца. Для того чтобы повышение температуры можно было измерить обычным термометром, цилиндр необходимо перевернуть примерно 100 раз. При этом увеличение внутренней энергии дроби будет равно:

$$\Delta U = A = 100mgh.$$

Измерив температуру дроби в начале и конце опыта, можно выразить изменение внутренней энергии дроби через количество теплоты Q , которое потребовалось бы для такого же изменения

внутренней энергии дроби путем теплопередачи:

$$\Delta U = Q = cm\Delta t.$$

m , кг	h , м	A , Дж	Δt , °C	Q , кал	A/Q , Дж/кал

По найденным значениям работы A и количества теплоты Q можно вычислить механический эквивалент теплоты как отношение работы к эквивалентному количеству теплоты. Удельная теплоемкость свинца равна $c = 31$ кал/(кг · °C).

§ 31. Количество теплоты. Удельная теплоемкость

Изучая эту тему, учащиеся должны усвоить новые понятия «количество теплоты» и «удельная теплоемкость» при выполнении самостоятельных экспериментов по измерению количества теплоты и удельной теплоемкости и при решении задач с применением уравнения теплового баланса.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 31.1. Изучение явления теплообмена. Перед проведением этого простого эксперимента нужно обсудить с учащимися план его выполнения и обратить внимание на порядок проведения измерений массы и температуры горячей воды. Так как в данном эксперименте масса воды определяется по результатам измерений объема воды, необходимо помнить о том, что при налипании горячей воды в измерительный цилиндр или мензурку происходит процесс теплопередачи от горячей воды измерительному сосуду. Поэтому если сначала измерить температуру горячей воды в сосуде, в котором проводилось нагревание, а потом налить горячую воду в измерительный цилиндр, то при измерении объема горячей воды произойдет теплопередача от горячей воды измерительному сосуду и понижение температуры горячей воды. Процесс теплообмена с холодной водой начнется при более низком значении температуры горячей воды, чем было получено в измерениях.

Поэтому нужно сначала налить горячую воду в измерительный цилиндр, измерить ее температуру и потом вылить горячую воду в сосуд с холодной водой.

Задача 31.1. Решение. Запишем условие задачи в краткой форме:

$$\begin{aligned} m_1 &= 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} \\ t_1 &= 25 \text{ °C} \\ c_1 &= 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \\ m_2 &= 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг} \\ c_2 &= 700 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \\ t_3 &= 30 \text{ °C} \\ t_2 &= ? \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, c_1 m_1 (t_3 - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_3).$$

Из этого уравнения можно определить начальную температуру t_2 тела:

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{c_1 m_1 (t_3 - t_1) + c_2 m_2 t_3}{c_2 m_2} = \frac{c_1 m_1 (t_3 - t_1)}{c_2 m_2} + t_3 = \\ &= \frac{4200 \cdot 0,1 \cdot (30 - 25)}{700 \cdot 0,05} \text{ °C} + 30 \text{ °C} = 90 \text{ °C}. \end{aligned}$$

Задача 31.2. Решение. Запишем условие задачи в краткой форме:

$$\begin{aligned} m_1 &= 160 \text{ г} = 0,16 \text{ кг} \\ c_1 &= 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \\ m_2 &= 40 \text{ г} = 0,04 \text{ кг} \\ t_2 &= 100 \text{ °C} \\ c_2 &= 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \\ t_3 &= 36 \text{ °C} \\ t_1 &= ? \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, c_1 m_1 (t_3 - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_3).$$

Из этого уравнения можно найти начальную температуру t_1 тела:

$$t_1 = \frac{c_1 m_1 t_3 - c_2 m_2 (t_2 - t_3)}{c_1 m_1}.$$

Так как $c_1 = c_2$, то

$$t_1 = \frac{m_1 t_3 - m_2 (t_2 - t_3)}{m_1} = \frac{0,16 \cdot 36 - 0,04 \cdot (100 - 36)}{0,16} \text{ } ^\circ\text{C} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Задача 31.3. Решение. Запишем условие задачи в краткой форме:

$$\begin{aligned} m_1 &= 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} \\ c_1 &= 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \\ m_2 &= 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг} \\ c_2 &= 700 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \\ t_2 &= 90 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_3 &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_1 &=? \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, c_1 m_1 (t_3 - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_3).$$

Из этого уравнения можно найти начальную температуру t_1 воды:

$$t_1 = \frac{c_1 m_1 t_3 - c_2 m_2 (t_2 - t_3)}{c_1 m_1} = \frac{4200 \cdot 0,1 \cdot 30 - 700 \cdot 0,05 (90 - 30)}{4200 \cdot 0,1} \text{ } ^\circ\text{C} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Задача 31.4. Решение. Запишем условие задачи в краткой форме:

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 \\ c_1 &= c_2 \\ t_{2A} &= t_{2B} = 100 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_{1A} &= 20 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_{3A} &= 25 \text{ } ^\circ\text{C} \\ m_A &= 0,2 \text{ кг} \\ t_{1B} &= 23 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_{3B} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ m_B &= 0,1 \text{ кг} \\ c_A/c_B &=? \end{aligned}$$

Запишем уравнения теплового баланса для тел A и B в жидкостях:

$$\begin{aligned} c_1 m_1 (t_{3A} - t_{1A}) &= c_A m_A (t_{2A} - t_{3A}), \\ c_2 m_2 (t_{3B} - t_{1B}) &= c_B m_B (t_{2B} - t_{3B}). \end{aligned}$$

Из этих уравнений находим отношения левых и правых частей уравнений:

$$\frac{c_1 m_1 (t_{3A} - t_{1A})}{c_2 m_2 (t_{3B} - t_{1B})} = \frac{c_A m_A (t_{2A} - t_{3A})}{c_B m_B (t_{2B} - t_{3B})}.$$

Учитывая равенства $m_1 = m_2$ и $c_1 = c_2$ по условию задачи, находим отношения удельных теплоемкостей веществ тел A и B :

$$\begin{aligned} \frac{(t_{3A} - t_{1A})}{(t_{3B} - t_{1B})} &= \frac{c_A m_A (t_{2A} - t_{3A})}{c_B m_B (t_{2B} - t_{3B})}, \\ \frac{c_A}{c_B} &= \frac{(t_{3A} - t_{1A}) m_B (t_{2B} - t_{3B})}{(t_{3B} - t_{1B}) m_A (t_{2A} - t_{3A})} = \\ &= \frac{(25 - 20) \cdot 0,1 \cdot (100 - 30)}{(30 - 23) \cdot 0,2 \cdot (100 - 25)} = \frac{1}{3}. \end{aligned}$$

Дополнительные задачи

Задача 31.5. В картонный цилиндр насыпали свинцовую дробь с начальной температурой, равной температуре воздуха в комнате. Затем цилиндр расположили вертикально и 50 раз резко повернули вокруг горизонтальной оси на 180° . При каждом повороте дробь поднималась на высоту $h = 0,5$ м и затем падала. Вся приобретенная во время падения кинетическая энергия превращалась при ударе после падения во внутреннюю энергию теплового движения атомов свинца. Температура дроби после 50 падений с высоты 0,5 м повысилась на 2°C . Определите удельную теплоемкость свинца.

Решение. Во время падения силой тяжести $F = mg$ на пути h совершается работа

$$A = Fs = mgh.$$

Изменение кинетической энергии дроби равно совершенной работе:

$$\Delta E_k = A = mgh.$$

При ударе дроби о дно цилиндра ее кинетическая энергия превращается во внутреннюю энергию теплового движения атомов свинца. Увеличение внутренней энергии дроби равно:

$$\Delta U = A = 50mgh.$$

Для такого же изменения внутренней энергии дроби путем теплопередачи потребовалось бы количество теплоты

$$Q = cm\Delta t = \Delta U = 50mgh.$$

Из последнего равенства по найденным значениям работы A и измеренному значению изменения температуры вычислим удельную теплоемкость свинца:

$$c = \frac{50gh}{\Delta t} = \frac{50 \cdot 9,8 \cdot 0,5}{2} \approx 122 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Задача 31.6. Для определения удельной теплоемкости вещества тело массой 400 г из этого вещества нагрели до температуры 100 °С и опустили в железный стакан калориметра, содержащий воду массой 200 г. Начальная температура калориметра с водой 23 °С. После установления теплового равновесия температура тела, воды и калориметра была равна 30 °С. Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела. Масса калориметра 100 г, удельная теплоемкость железа 640 Дж/(кг · °С), удельная теплоемкость воды 4180 Дж/(кг · °С).

Решение. Запишем условие задачи в краткой форме:

$$\begin{aligned} m_1 &= 0,2 \text{ кг} \\ m_2 &= 0,1 \text{ кг} \\ m_3 &= 0,4 \text{ кг} \\ c_1 &= 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}) \\ c_2 &= 640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}) \\ t_1 &= t_2 = 23 \text{ }^\circ\text{С} \\ t_3 &= 100 \text{ }^\circ\text{С} \\ t_4 &= 30 \text{ }^\circ\text{С} \\ c_3 &= ? \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, \\ c_1 m_1 (t_4 - t_1) + c_2 m_2 (t_4 - t_1) = c_3 m_3 (t_3 - t_4).$$

Из этого уравнения получаем

$$c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (t_4 - t_1)}{m_3 (t_3 - t_4)} =$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(4200 \cdot 0,2 + 640 \cdot 0,1)(30 - 23)}{0,4 \cdot (100 - 30)} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}) = \\ &= 226 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}). \end{aligned}$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 31.2. **Измерение удельной теплоемкости вещества.** Описанный в учебнике порядок выполнения этого задания не является единственным возможным. Но этот вариант предложен не случайно. В опытах по изучению тепловых явлений необходимо строго выполнять правила безопасности труда для учащихся при работе в кабинете физики. Нужно быть уверенными в безопасности учащихся при работе с приборами и материалами, температура открытых поверхностей которых не должна превышать 60 °С. В учебнике предложен такой план проведения эксперимента, в процессе которого ученик не работает с нагревательными приборами, не получает тел, нагретых до высокой температуры. Нужно обратить внимание и на такую деталь проведения эксперимента, как получение учащимся калориметра с помещенным в него цилиндром. При таком порядке проведения эксперимента возможность ожога учащегося при соприкосновении с горячим цилиндром полностью исключается.

§ 32. Теплопроводность. Конвекция. Теплопередача излучением

Теплопроводность. Изучение явлений переноса теплоты лучше начинать не с рассказа о них и объяснения учителя, а с наблюдений опытов и постановки перед учащимися проблемы: чем объясняются результаты этих опытов? Нужно при каждом удобном случае предоставлять учащимся возможность находить объяснения физических явлений самостоятельно, а не получать на все вопросы готовые ответы. Задача учителя при этом заключается в постановке проблемы, по возможности незаметной помощи в процессе поиска решения проблемы и заключительном подведении итогов обсуждения с введением определений понятий и четкой формулировкой основных выводов.

Различие способности разных материалов передавать теплоту можно на-

блюдать в опыте с нагреванием стержней из меди, алюминия и стали, к которым прикреплены пластилиновыми шариками гвозди или палочки. При одинаковом нагревании стержней с одного конца повышение температуры вдоль стержней происходит с разной скоростью. Это видно по неодновременному отпаданию пластилиновых шариков от разных стержней.

Когда учащиеся объяснят отпадение шариков пластилина от стержней их нагреванием, задается вопрос о механизме теплопередачи. Ожидаемый правильный ответ — в этом опыте теплопередача происходит в результате непосредственного взаимодействия атомов или молекул твердого тела при их беспорядочном тепловом движении.

Далее можно подготовить основание для различения явлений теплопроводности и конвекции следующим вопросом: а не перемещаются ли в этом процессе быстрые атомы тела от мест с высокой температурой в места с низкой температурой? Когда это предположение будет отвергнуто, можно определить явление теплопроводности как процесс переноса теплоты от горячего тела к холодному или внутри одного тела от частей тела с высокой температурой к частям тела с низкой температурой без перемещения вещества.

Конвекция. Явление конвекции желательно продемонстрировать и в газах, и в жидкостях. Конвекцию в газах можно продемонстрировать с помощью самодельной бумажной спирали на нити. Учитель может пояснить способ изготовления бумажной спирали и ее применения для обнаружения конвекционных потоков. Это облегчит выполнение экспериментального задания 32.2.

Прибор для демонстрации явления конвекции в жидкости состоит из замкнутой стеклянной трубки в форме квадрата с открытым вертикальным участком трубки. Прибор заполняется водой и закрепляется в штативе. Затем в вертикальную трубку бросают несколько кристалликов марганцовки. Марганцовка растворяется, и постепенно вследствие диффузии происходит распространение окраски. После установки пламени спиртовки под прибором наблюдается быстрое распространение окраски по всему квадрату.

Можно заметить, как в месте нагревания более теплая и потому менее плотная вода поднимается вверх, а на ее место поступает более плотная холодная вода из нижней горизонтальной трубки. Перемещение нагретого вещества конвекцией быстро переносит тепло от нагревателя на большие расстояния.

После объяснения наблюдаемых явлений самопроизвольного перемещения жидкостей и газов при существовании разности температур в веществе нужно обратить внимание учащихся на важные результаты такого перемещения — быстрый перенос теплоты на большие расстояния от нагревателя и быстрое выравнивание температур внутри сосуда с жидкостью или внутри закрытого помещения, заполненного газом.

После этого можно повторить вопрос, который был задан при рассмотрении явления теплопроводности: а не перемещаются ли в процессе конвекции быстрые атомы жидкости или газа от мест с высокой температурой в места с низкой температурой? Теперь мы на этот же вопрос должны получить положительный ответ. Так выясняется главное отличие явления конвекции от явления теплопроводности — конвекция есть процесс переноса теплоты перемещением нагретого вещества.

Теплопередача излучением. Ознакомление со способностью тел изменять свою внутреннюю энергию без совершения работы и без непосредственного контакта с другими телами можно осуществить в опытах с теплоприемником.

Прибор, называемый теплоприемником, — это небольшая цилиндрическая коробка с тонкими металлическими стенками и пластмассовой ручкой. Одна сторона коробки окрашена черной краской, другая — белой. Коробка соединяется резиновой трубкой с манометром.

При приближении теплоприемника с черной стороной к горячему телу манометр показывает повышение давления воздуха в коробке (рис. 72). Это значит, что стенка теплоприемника поглощает излучение, нагревается и нагревает находящийся в коробке воздух. В результате нагревания давление воздуха повышается.

При повороте теплоприемника белой стороной к тому же горячему телу изменение давления оказывается очень малым (рис. 73). Следовательно, черная поверхность поглощает излучение значительно лучше, чем белая.

Обнаружив повышение давления воздуха в коробке теплоприемника вблизи



Рис. 72



Рис. 73

горячего тела, можно предложить учащимся самостоятельно объяснить наблюдаемое явление. Если будет высказано предположение о передаче тепла от горячего тела коробке теплоприемника теплопроводностью, то надо дать возможность другим учащимся опровергнуть эту гипотезу. Лучший путь опровержения этой гипотезы — экспериментальный.

Поставим между горячим телом и теплоприемником металлическую пластину. Эта пластина обладает лучшей теплопроводностью, чем воздух, а передача тепла после ее внесения прекращается. Следовательно, она осуществлялась не теплопроводностью.

Предположение о переносе тепла конвекцией можно также опровергнуть опытом. Для этого помещаем большую пластину, расположенную горизонтально под теплоприемником и препятствующую конвективному движению воздуха. Опыт показывает, что такая пластина не влияет на передачу энергии от горячего тела теплоприемнику.

Результаты выполненных экспериментов дают основания для вывода о том, что, кроме теплопроводности и конвекции, энергия от одного тела другому может передаваться без участия частиц вещества. Энергия может излучаться и переноситься электромагнитными волнами. Электромагнитны-

ми волнами являются такие излучения, как свет, радиоволны, рентгеновские лучи. Способность тела излучать и поглощать электромагнитные излучения зависит от свойств поверхности тела.

Экспериментальное задание 32.2 по изучению процессов теплопередачи не требует специального оборудования и может быть предложено в качестве домашнего задания.

Процессы теплопередачи в природе и в повседневной жизни. На втором развороте этого параграфа учебника даны примеры конвекции в природе и в повседневной жизни. Учитель может выбрать для обсуждения те, которые ему кажутся наиболее интересными и доступными для учащихся. При желании и возможности эти и другие примеры могут быть рассмотрены на отдельном уроке при предварительном распределении между учащимися тем коротких сообщений. Темы для выступлений учащихся могут быть такими:

Теплопроводность в повседневной жизни.

Конвекция в атмосфере Земли.

Конвекция в недрах Земли и движение материков.

Конвекция воздуха в квартире.

Конвекция воздуха в холодильнике.

Теплопередача излучением.

§ 33. Плавление и кристаллизация

Изменение внутренней энергии тел при плавлении и кристаллизации. При изучении явлений плавления и кристаллизации тел основной познавательной задачей является установление того факта, что внутренняя энергия тела зависит не только от температуры тела, т. е. от кинетической энергии теплового движения его атомов, но и от взаимного расположения атомов. К такому заключению приводят результаты экспериментальных исследований, в которых обнаруживаются процессы поглощения теплоты кристаллическими телами без повышения их температуры при плавлении и выделения теплоты жидкостями без понижения их температуры при их превращениях в кристаллические тела. В учебнике в качестве примера рассмотрены такие превращения воды.

Процесс передачи теплоты твердому телу без повышения его температуры при плавлении не очень удивляет учащихся, так как естественно предположить, что это объясняется потерями тепла в результате теплопередачи окружающим телам. Поэтому целесообразно сначала напомнить учащимся о существовании явления выделения теплоты кристаллизующейся жидкостью без понижения температуры. Это явление было рассмотрено при изучении понятия «внутренняя энергия» (см. § 30). Психологически факт выделения энергии телом без изменения температуры производит большое впечатление.

Затем важно обратить внимание на то, что при кристаллизации вода отдавала окружающим телам ровно столько энергии, сколько лед поглотил в про-

цессе плавления. Значит, поглощаемая при плавлении льда энергия сохраняется внутри жидкой воды, она является частью внутренней энергии тела.

При плавлении кристаллического тела теплота плавления расходуется на разрыв прочных связей атомов или молекул в кристалле. Здесь можно провести аналогию с затратами энергии на подъем тела над Землей с преодолением действия сил земного тяготения. Затраченная на подъем тела энергия не исчезает. Она сохраняется в виде потенциальной энергии и может превратиться в кинетическую энергию при свободном падении на Землю.

Изменение взаимного расположения атомов при плавлении кристаллического тела точно так же приводит к увеличению потенциальной энергии взаимодействия частиц тела. Эта потенциальная энергия превращается в кинетическую энергию теплового движения атомов или молекул тела при кристаллизации жидкости.

Экспериментальные исследования явлений плавления и кристаллизации. При изучении этой темы очень важно дать учащимся возможность самостоятельного выполнения экспериментов по исследованию явлений плавления и кристаллизации. Экспериментальное задание 33.1 по измерению теплоты плавления льда требует для своего проведения минимального набора оборудования и материалов: два стакана, термометр, измерительный цилиндр, горячая вода, лед. Лед необходимо заготовить заранее.

Предлагаемый порядок проведения этого эксперимента может показаться несколько усложненным, но, прежде чем заменять этот вариант, обратите внимание на такие его особенности, как исключение потерь тепла на передачу окружающим телам из-за одинаковости значений начальной и конечной температуры стакана со льдом, исключение теплопередачи стакану по той же причине и упрощение расчетов.

Экспериментальное задание 33.2 по исследованию тепловых свойств вещества по желанию учителя может быть переведено из дополнительных заданий в основной проблемный эксперимент. В этом случае в начале урока не следует называть новую тему, а объявить, что на этом уроке будет выполнено экспериментальное исследование явле-

ния охлаждения жидкостей в результате теплопередачи окружающим телам. Эксперимент можно проводить коллективно с одновременным заполнением таблиц и построением графиков на доске и в тетрадях.

План эксперимента следующий. Имеются два вещества в жидком состоянии. Равные количества этих веществ находятся в пробирках в сосуде с горячей водой при температуре 65 °С. Если эти пробирки вынуть из горячей воды и дать им возможность остывать в одинаковых условиях, то одинаково ли быстро будет понижаться температура каждого из них?

Обсудив возможные предположения, планируется эксперимент, подготавливается таблица 1 для записи результатов и размечаются координатные оси для построения графиков.

Для экономии времени можно подготовить отчетный лист и размножить его по числу учащихся в классе. Целью проведения исследования ставится ежeminутное измерение температуры в интервале температур от 65 до 45 °С.

Эксперимент целесообразно начать с исследования зависимости температуры воды в первой пробирке от времени остывания. Пробирка ставится в стакан для замедления процесса остывания и поддержания постоянных условий теплообмена. Первый учащийся следит за показаниями секундомера и каждую минуту дает сигнал для считывания показаний термометра, второй считывает показания термометра и записывает их в таблицу на доске, третий наносит экспериментальную точку на первый график.

Каждый учащийся в классе делает записи в таблицу в своем отчетном листе и строит графики по результатам экспериментов.

После завершения эксперимента с водой другая группа учащихся выполняет аналогичный эксперимент с парафином, который выдается как неизвестное вещество. После выполнения 4—5 измерений группа экспериментаторов заменяется с таким расчетом, чтобы все учащиеся успели принять непосредственное участие в эксперименте.

Пример экспериментально полученных результатов с водой и парафином представлен в таблице 2 и графиками на рисунке 74.

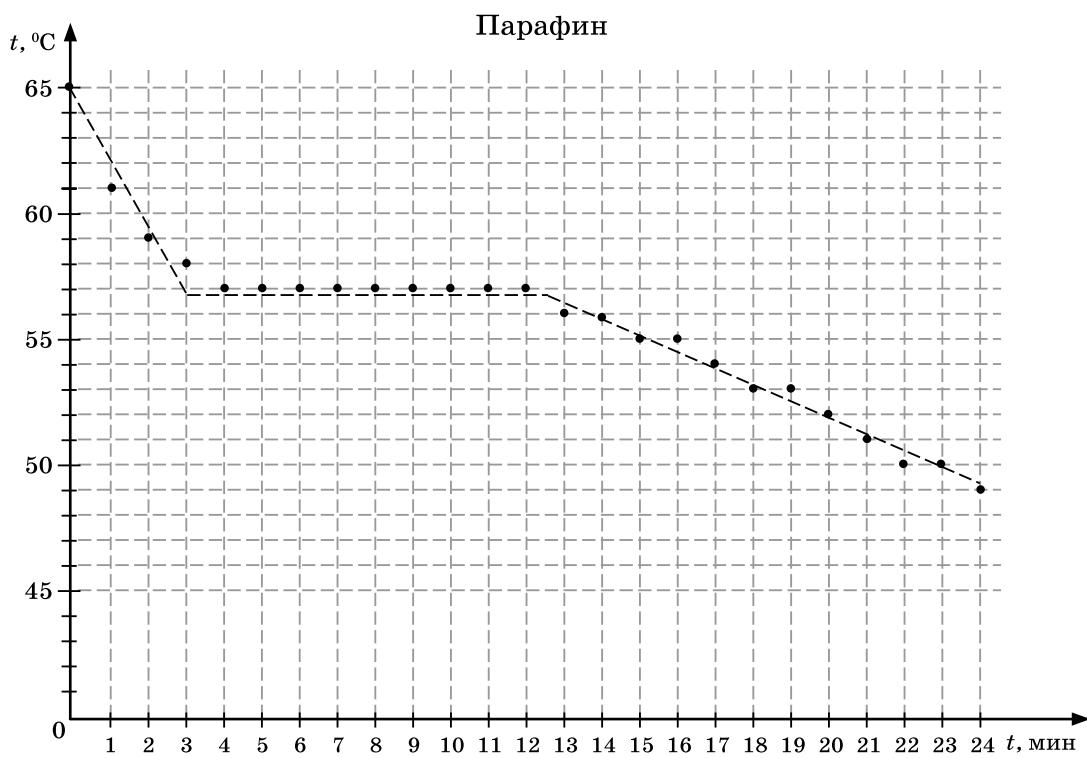
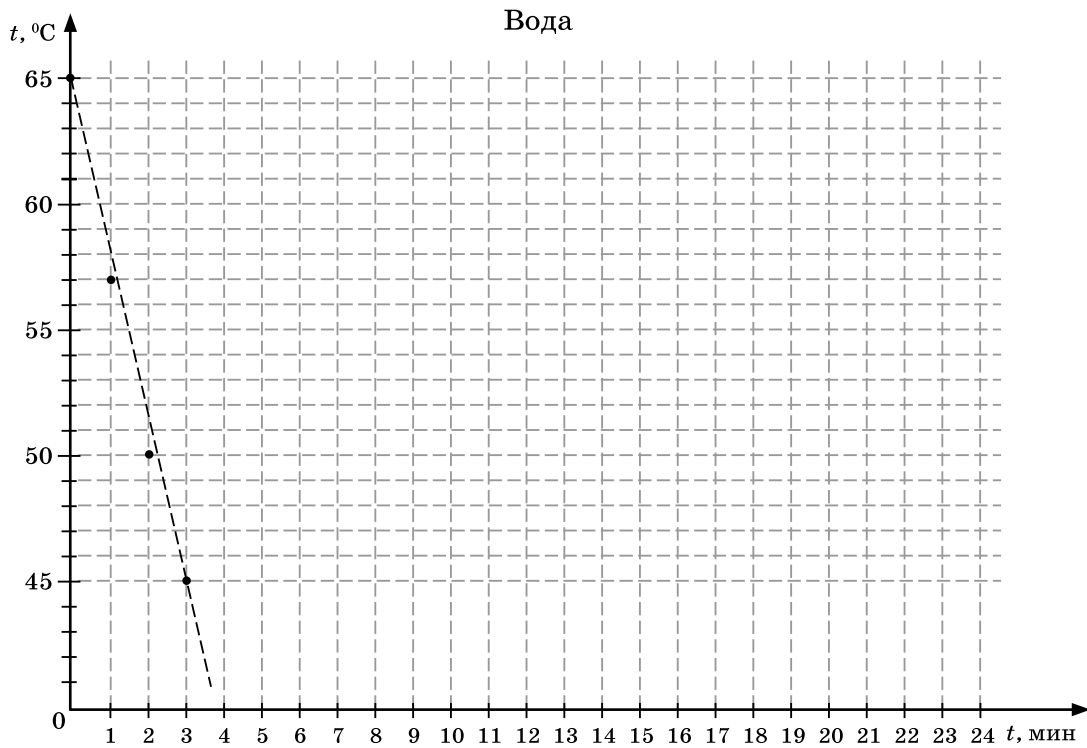


Рис. 74

Таблица 1

Время, мин	$T_{в}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$
0	65	65
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

Таблица 2

Время, мин	$T_{в}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$
0	65	65
1	57	61
2	50	59
3	45	58
4		57
5		57
6		57
7		57
8		57
9		57
10		57
11		57
12		57
13		56
14		56
15		55
16		55
17		54
18		53
19		53
20		52
21		51
22		50
23		50
24		49

После построения второго графика возникает проблема, требующая разрешения: почему температура второго вещества несколько минут не изменялась, хотя процесс теплопередачи от горячей пробирки более холодному окружающему воздуху продолжался?

После постановки этой проблемы можно приступить к выяснению факта зависимости внутренней энергии тел не только от температуры тела, но и от взаимного расположения атомов.

Задача 33.1. Решение.

$$c = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\lambda = 334,4 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$T_1 = 24 ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 8 ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 0 ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 10 \text{ мин}$$

$$t_2 = ?$$

Запишем уравнение теплового баланса для первого случая:

$$Q_1 = Nt_1, \text{ см } (T_1 - T_2) = Nt_1. \quad (1)$$

Во втором случае выполняется равенство

$$Q_2 = Nt_2, \text{ см } (T_2 - T_3) + \lambda m = Nt_2. \quad (2)$$

Отсюда получаем выражение для вычисления времени t_2 :

$$t_2 = \frac{\text{см } (T_2 - T_3) + \lambda m}{N}. \quad (3)$$

Найдем мощность из уравнения (1) и подставим в уравнение (2):

$$t_2 = \frac{\text{см } (T_2 - T_3) + \lambda m}{\text{см } (T_1 - T_2)} t_1 = \frac{c (T_2 - T_3) + \lambda}{c (T_1 - T_2)} t_1.$$

Подставив числовые значения величин, получаем

$$t_2 = \frac{4180 (8 - 0) + 334\,400}{4180 (24 - 8)} 10 \text{ мин} = 55 \text{ мин.}$$

Дополнительные задачи

Задача 33.2. На графике (рис. 75) представлено, как изменялась с течением времени температура воды массой 0,1 кг, находившейся в начальный момент времени в кристаллическом состоянии при температуре $-100 ^\circ\text{C}$, при постоянной мощности теплопередачи 100 Вт. Используя этот график, определите удельную теплоемкость льда, удельную теплоту плавления льда и удельную теплоемкость жидкой воды.

Решение. График показывает, что сначала температура льда непрерывно повышалась и через 210 с достигла значения $0 ^\circ\text{C}$. В этом интервале изменение температуры происходило нагревание льда. Количество переданной теплоты Q можно найти как произведение мощности P нагревателя на время t нагревания и как произведение удель-

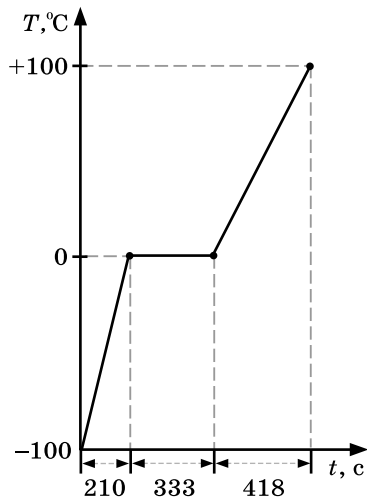


Рис. 75

ной теплоемкости $c_{\text{л}}$ льда на массу m льда и изменение его температуры ΔT : $Nt = c_{\text{л}}m\Delta T$.

Отсюда удельная теплоемкость льда равна:

$$c_{\text{л}} = \frac{Nt}{m\Delta T} = \frac{100 \cdot 210}{0,1 \cdot 100} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Затем в течение 333 с льду ежедневно передавалось количество теплоты 100 Дж, но температура тающего льда и воды не изменилась ни на один градус, так как вся энергия расходовалась на плавление льда. Количество переданной теплоты Q можно найти как произведение мощности P нагревателя на время t плавления и как произведение удельной теплоты плавления льда λ на массу m льда: $Nt = \lambda m$.

Отсюда удельная теплота плавления льда λ равна:

$$\lambda = \frac{Nt}{m} = \frac{100 \cdot 333}{0,1} \text{ Дж}/\text{кг} = 333\,000 \text{ Дж}/\text{кг}.$$

После того как весь лед расплавился, температура жидкой воды за 418 с повысилась на 100 °C. Количество пере-

данной в это время теплоты Q можно найти как произведение мощности N нагревателя на время t нагревания и как произведение удельной теплоемкости жидкой воды $c_{\text{в}}$ на массу m воды и изменение ее температуры ΔT :

$$Nt = c_{\text{в}}m\Delta T.$$

Отсюда удельная теплоемкость воды равна:

$$c_{\text{в}} = \frac{Nt}{m\Delta T} = \frac{100 \cdot 418}{0,1 \cdot 100} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Задача 33.3. В медный стакан калориметра массой 600 г, содержащий воду массой 450 г, опустили кусок льда при температуре 0 °C. Начальная температура калориметра с водой 25 °C. В момент времени, когда весь лед растаял, температура воды и калориметра стала равной 5 °C. Определите массу льда. Удельная теплоемкость меди 390 Дж/(кг · °C), удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг · °C), удельная теплота плавления льда 333 кДж/кг.

Решение.

$$\begin{aligned} c_1 &= 390 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \\ c_2 = c_3 &= 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \\ \lambda &= 333\,000 \text{ Дж}/\text{кг} \\ m_1 &= 600 \text{ г} = 0,6 \text{ кг} \\ m_2 &= 450 \text{ г} = 0,45 \text{ кг} \\ t_1 &= 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_2 &= 5 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_3 &= 0 \text{ }^\circ\text{C} \\ m_3 &= ? \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, \quad c_1m_1(t_1 - t_2) + c_2m_2(t_1 - t_2) = c_3m_3(t_2 - t_3) + \lambda m_3.$$

Отсюда получаем

$$\begin{aligned} m_3 &= \frac{c_1m_1(t_1 - t_2) + c_2m_2(t_1 - t_2)}{c_3(t_2 - t_3) + \lambda} = \\ &= \frac{390 \cdot 0,6 \cdot 20 + 4200 \cdot 0,45 \cdot 20}{4200 \cdot 5 + 333\,000} \text{ кг} = \\ &= 0,12 \text{ кг}. \end{aligned}$$

§ 34. Испарение и конденсация. Кипение

При изучении явлений испарения и конденсации новым для учащихся может быть факт поглощения теплоты в процессе испарения жидкости и выделения теплоты при конденсации пара.

Нужно обратить особое внимание на экспериментальное задание 34.1 и дать учащимся возможность исследовать процесс испарения простым методом.

Экспериментальное задание 34.2 по

измерению влажности воздуха может быть выполнено в классе или для желающих как домашнее задание. Можно также выполнить этот эксперимент коллективно с использованием одного комплекта оборудования на демонстрационном столе.

Задача 34.2. Решение.

$$c_1 = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$r = 2\,256\,000 \text{ Дж}/\text{кг}$$

$$m_1 = 0,4 \text{ кг}$$

$$\eta = 0,8$$

$$N = 1 \text{ кВт}$$

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = ?$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2, \quad Q_1 = \eta N t,$$

$$Q_2 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) + r m_1,$$

$$\eta N t = c_1 m_1 (t_2 - t_1) + r m_1.$$

Отсюда получаем

$$t = \frac{c_1 m_1 (t_2 - t_1) + r m_1}{\eta N} =$$

$$= \frac{4200 \cdot 0,4 \cdot 70 + 2\,256\,000 \cdot 0,4}{0,8 \cdot 1000} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) =$$

$$= 1275 \text{ с} \approx 21,25 \text{ мин.}$$

§ 35. Теплота сгорания

Тепловые машины. Принципы действия тепловых машин будут изучаться в курсе физики 9 класса. Однако при успешном освоении обязательного учебного материала по программе физики 7 класса и наличии учебного времени может быть полезным предварительное ознакомление с принципами действия некоторых тепловых машин при изучении данной темы. Польза от такого предварительного знакомства может заключаться в развитии интереса к изучению физики.

Изучение тепловых двигателей можно провести в виде урока, на котором выступят 5—7 учащихся с заранее подготовленными сообщениями. Во время выступлений желательно использовать учебные таблицы, входящие в перечень обязательного оборудования школьного кабинета физики. В этих таблицах имеются фотографии, рисунки и схемы устройства тепловых машин, а в прилагаемых к ним методических разработках есть описания их принципов действия.

Для выступлений можно предложить такие темы:

1. Первые паровые машины.
2. Первые автомобили.
3. Карбюраторный двигатель внутреннего сгорания.

4. Дизельный двигатель.

5. Паровая турбина и ТЭЦ.

6. Газовая турбина и ее применения.

7. Ракета.

По каждой теме учащимся нужно дать список доступной литературы, которую можно использовать для подготовки к выступлению. При этом нужно сказать, что это только некоторые материалы, а дополнительные нужно искать в библиотеке, в Интернете.

Задача 35.1. Решение.

$$Q_1 = Q_2, \quad q m_1 = c m_2 \Delta t,$$

$$m_1 = \frac{c m_2 \Delta t}{q} = \frac{4180 \cdot 1 \cdot 100}{50\,000\,000} \text{ кг} \approx$$

$$\approx 0,00836 \text{ кг} \approx 8,36 \text{ г.}$$

Задача 35.2. Решение.

$$\Delta E_{\text{п}} = Q, \quad \Delta E_{\text{п}} = m_a g h, \quad Q = q m_6,$$

$$h = \frac{q \cdot m_6}{m_a \cdot g} = \frac{44\,000\,000 \cdot 10}{1000 \cdot 10} \text{ м} \approx$$

$$\approx 44\,000 \text{ м} = 44 \text{ км.}$$

Задача 35.3. Решение.

$$Q_1 = Q_2, \quad Q_1 = q m_6, \quad Q_2 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta t = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} \Delta t,$$

$$q m_6 = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} \Delta t,$$

$$m_6 = \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} \Delta t}{q} = \frac{730 \cdot 1,2 \cdot 0,0025 \cdot 300}{44\,000\,000} \text{ кг} \approx$$

$$\approx 0,000015 \text{ кг} \approx 15 \text{ мг.}$$

Глава 5

Тестовый контроль знаний и умений учащихся по физике

Для чего нужен тестовый контроль знаний и умений учащихся по физике в основной школе. Систематическое использование тематических тестов необходимо для адекватной подготовки учащихся к этой форме контроля результатов обучения. Основной довод в пользу применения тестов в основной школе — необходимость объективной оценки уровня подготовки учащегося в объеме требований образовательного стандарта.

Объективная оценка результатов обучения необходима не только при итоговом контроле, но и на всем протяжении обучения. Устранение субъективности в процессе оценивания уровня знаний и умений учащихся достигается исключением участия человека в этой процедуре. Для этого используются задания для письменных ответов, формализованные таким образом, чтобы стали возможными однозначная оценка результатов любым проверяющим или машиной и самоконтроль результатов самим учащимся по коду правильных ответов.

При использовании любого педагогического теста предполагается, что в результате тестирования будет получено некоторое число, объективно характеризующее достижения испытуемого. Обязательным требованием к тесту является его способность одинаковым результатам деятельности испытуемых давать соответствующие одинаковые числа, а разным результатам деятельности — разные числа.

При текущем контроле основное назначение тематических тестов заключается не столько в определении уровня усвоения учащимися каждой темы и выставлении оценки, сколько в обнаружении конкретных пробелов в знаниях по этой теме и характера ошибок, допускаемых по невнимательности или не-

брежности при выполнении заданий. После выявления конкретных пробелов необходимо возвратиться к изучению соответствующих теоретических вопросов темы.

Однако эта задача не единственная. Большинство учащихся задания в пределах обязательных требований выполняют без серьезных затруднений. Зачем же нужен таким учащимся тематический тест? Тематические тесты успешно обучающимся учащимся могут дать объективную количественную оценку степени овладения физикой и возможность сравнить свои успехи с успехами других учащихся. Эта задача выполняется только в том случае, если, кроме заданий, ориентированных на обязательные требования образовательного стандарта с применением знаний в знакомой ситуации, тест будет содержать и задания, ориентированные на проверку способностей самостоятельно анализировать и решать проблемы в нестандартных ситуациях, использовать знания и умения на практике. При такой конструкции теста будет не только объективно определен уровень овладения учащимися обязательными знаниями и умениями, но и дана количественная оценка их способностей самостоятельно применять полученные знания в нестандартных ситуациях.

Использование большого числа заданий в тесте, и среди них части заданий на применение знаний в незнакомой ситуации, позволит учащимся получить сведения о своих достижениях по объективной условной шкале, сравнить свои успехи по разным предметам и иметь объективные критерии для выбора профиля дальнейшего обучения.

Критерии оценки успешности выполнения теста. При использовании теста принципиально важным является выбор

критерия успешности его выполнения. Может показаться обоснованным такой критерий, как успешное выполнение всех заданий теста, не выходящих за пределы требований образовательного стандарта. Однако на практике такой критерий обычно не применяется как неоправданно жесткий по нескольким причинам.

Прежде всего, необходимо постоянно помнить, что каждый учебный предмет в общеобразовательной школе изучается не для запоминания и воспроизведения определенного набора фактов и правил, а для развития способностей учащихся, для последующего применения полученных знаний и умений в практической жизни и в процессе последующего обучения. Как установлено исследованиями психологов, приобретенные знания и умения по какому-либо учебному предмету в основном успешно применяются на практике и пополняются при последующем обучении, если учащийся овладевает более чем 70% содержания материала данного предмета. Поэтому за нижнюю границу для оценки «зачтено» при выполнении итогового теста может быть принято примерно 70% успешно выполненных заданий в пределах обязательных требований образовательного стандарта.

Если же в итоговый тест еще включаются задания, ориентированные на проверку способностей самостоятельно анализировать и решать проблемы в нестандартных ситуациях, то обязательными для аттестации можно считать только задания первого типа. При достаточном уровне успешности выполнения обязательных заданий в 70% и, например, при доле 70% таких заданий в общем объеме теста нижняя граница успешного выполнения всего теста получается равной примерно 50% условных баллов ($0,7 \times 0,7 = 0,49$). Если все задания теста оценивать одинаково, то для зачета необходимо выполнить не менее половины заданий теста.

Возможный вариант перевода числа правильно решенных заданий теста из 14 заданий в оценку по шкале из 5 баллов представлен в таблице.

При дифференцированном подходе к отдельным заданиям теста оценка результата выполнения теста может выражаться некоторым условным числом

Число правильных ответов	7—9	10—11	12—14
Оценка в баллах	3	4	5

баллов. Например, максимально возможное число баллов при выполнении теста может быть равным 50 или 100 баллам. При выборе такой шкалы оценки успеха учащихся, проявляющих интерес к изучению физики, становятся более выраженными.

В этой главе представлен набор тематических тестов по физике для 7 класса и тест для итогового контроля.

Возможные типы заданий в тесте по физике для итогового контроля и способы их решения. До применения тестов в качестве средств контроля задачей учителя является подготовка учащихся к новому для них способу проверки знаний и умений. Прежде всего их нужно ознакомить с различными возможными способами формулирования заданий в тесте и правильными способами выбора ответа. На каждый тип задания целесообразно дать пример решения.

По форме задания тестов по физике часто совпадают с привычными для учащихся задачами, но отличаются в части требований к деятельности учащихся при выполнении задания. Главное отличие заключается в том, что от учащегося не требуется письменное решение или обоснование своего мнения. Задачу он должен решить и полученный результат сравнить с ответами, предлагаемыми на выбор. Из нескольких правдоподобных ответов он должен выбрать только один правильный. Например:

Три тела А, Б и В имеют одинаковую массу. При опускании в воду тело А плавает на поверхности, тело Б внутри жидкости не всплывает и не тонет, тело В тонет. На какое из трех тел действует наименьшая сила Архимеда?

- 1) на тело А
- 2) на тело Б
- 3) на тело В
- 4) на все три тела действуют одинаковые силы

При решении представленной задачи для выбора правильного ответа тре-

буется знание закона Архимеда: на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости. Затем нужно сравнить силу Архимеда с одинаковой для всех трех тел силой тяжести. На все три тела действует одинаковая сила тяжести, так как их массы одинаковы. На плавающее на поверхности воды тело *A* и на тело *B* внутри жидкости, которое не всплывает и не тонет, действует выталкивающая сила, равная весу тела. Тело *B* тонет, значит, действующая на него сила Архимеда меньше силы тяжести. Следовательно, наименьшая сила Архимеда действует на тело *B*. Правильный ответ под номером 3.

Задание с выбором ответа может иметь форму некоторого неоконченного утверждения и нескольких правдоподобных его завершений, среди которых только одно правильное. Например:

Физическая величина, равная произведению силы на путь, пройденный в направлении действия силы, называется

- 1) работой
- 2) мощностью
- 3) кинетической энергией
- 4) потенциальной энергией

В данной задаче правильный ответ под номером 1.

Задание с выбором правильного ответа может представлять собой обычную физическую задачу, для решения которой нужно выполнить расчет и сравнить полученный результат с числами, приведенными в ответах на выбор. Если полученный результат совпадает с одним из ответов, то решение можно считать законченным. Если же результат не совпадает ни с одним из предложенных на выбор ответов, то нужно проверить решение и постараться найти правильное. Например, задание на расчет:

При прямолинейном равномерном движении автомобиль за 5 с проходит расстояние 100 м. Какое расстояние при таком движении он пройдет за 2 с?

- 1) 200 м
- 2) 140 м
- 3) 120 м
- 4) 40 м
- 5) 20 м

Иногда в тестах предлагаются задания, в которых для выбора правильного ответа нужно прочесть несколько утверждений и выбрать из них верные.

Постановка вопроса в такой форме означает, что правильных утверждений в этом случае может быть или несколько, или одно, или ни одного. Например:

Из нижеприведенных утверждений выберите верное(ые).

А. Внутренняя энергия тела может изменяться путем теплопередачи.

Б. Внутренняя энергия тела может изменяться в результате совершения работы сил.

В. Внутренняя энергия тела не может изменяться ни в результате совершения работы сил, ни путем теплопередачи.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) А и Б

Правильный ответ под номером 4.

Проверка умений определять характер физического процесса по графику может выполняться, например, с помощью такого задания.

По графику зависимости пути прямолинейного движения тела от времени определите путь, пройденный телом за 3 с от момента начала отсчета времени, и скорость тела в момент времени $t = 3$ с (рис. 76).

- 1) $s = 6$ м, $v = 2$ м/с
- 2) $s = 3$ м, $v = 2$ м/с
- 3) $s = 6$ м, $v = 0$ м/с
- 4) $s = 3$ м, $v = 0$ м/с

Для нахождения по графику пути, пройденного за 3 с, проводим вертикальную прямую через точку, соответствующую на оси абсцисс моменту времени $t = 3$ с. От точки пересечения этой прямой с графиком проводим горизонтальную прямую до пересечения с осью ординат, по которой отсчитывается пройденный путь. Точка пересечения с этой осью определяет значение пройденного пути за 3 с. Путь равен 6 м.

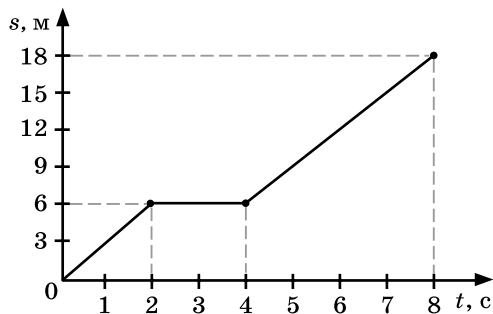


Рис. 76

Скорость тела в момент времени $t = 3$ с можно определить следующим образом. Так как участок графика, соответствующий интервалу времени от момента времени $t = 2$ с до момента времени $t = 4$ с, является горизонтальной прямой, то можно сделать вывод, что в этом интервале времени пройденный путь не изменяется. Такая зависимость пути от времени соответствует состоянию покоя, скорость равна нулю. Правильный ответ под номером 3.

Как готовиться к тестовому контролю знаний и умений по физике и как выполнять задания теста. Для успешного выполнения тестовых заданий главными условиями являются овладение основными физическими понятиями, понимание физических законов и умение применять их на практике. Но успех при выполнении заданий теста может оказаться меньшим, чем учащийся заслуживает в действительности, если он не будет иметь опыта выполнения тестовых заданий, не распределит разумно время на их выполнение. Поэтому учителю необходимо специально готовить учащихся к выполнению тестовых заданий как особой формы контроля знаний и умений учащихся. Возможным вариантом самостоятельной подготовки учащегося к тестовому контролю результатов изучения одной темы является работа по следующей схеме.

1) Самостоятельное выполнение заданий тематического теста без использования книг или каких-то записей за время, отведенное на выполнение теста.

2) Проверка правильности решений по кодам ответов.

3) Анализ ошибочных решений. Если ошибки допущены по невнимательности при чтении условия задачи, из-за неправильного использования единиц измерения или из-за небрежности при записи выбранного ответа, то нужно постараться запомнить этот тип ошибок и не допускать их при выполнении следующих тестов. Ошибки, допущенные не случайно, а из-за недостатка знаний, нужно исправить, еще раз поработав с учебником, тем самым пополнить свои знания.

4) Повторное выполнение другого варианта тематического теста по той же теме для проверки выполненной работы над ошибками.

Хотя важнейшей составляющей подготовки к контролю знаний по физике является приобретение глубоких и прочных знаний физических законов и умений применять их на практике, полезно знать и учитывать некоторые общие особенности тестового способа проверки знаний и умений.

Одна из важных особенностей тестов заключается в том, что обычно *общий объем заданий теста может быть таким, что части учащихся не удастся за отведенный интервал времени полностью выполнить все задания*. Большое количество заданий в тесте обусловливается не только необходимостью охватить проверкой усвоение всех основных знаний и умений по физике, предусмотренных образовательным стандартом, но и намерением дать объективную оценку индивидуальных способностей каждого экзаменуемого в области самостоятельного применения этих знаний. С учетом такой особенности тестовых заданий можно дать учащимся некоторые советы по тактике их выполнения.

При большом объеме заданий итогового теста и высоком уровне трудности части заданий для достижения максимального успеха при их выполнении целесообразно избрать следующий порядок выполнения заданий и распределение времени на их выполнение.

Первый этап — разделите интервал времени, отведенный на выполнение теста, на три равные части и за одну треть этого интервала попробуйте решить все задания теста. Например, если тематический тест из 15 заданий предлагается выполнить за 45 мин, то в первой попытке все задания следует попробовать решить примерно за 15 мин, затрачивая на каждое задание не более 1 мин.

Те задания, для выполнения которых вам требуется больший интервал времени или относительно которых вы не вполне уверены в правильности предполагаемого ответа, пока пропускайте и не записывайте сомнительные ответы. Такая тактика необходима для того, чтобы не потерять слишком много времени на размышления и попытки решения одного или двух трудных для вас заданий в самом начале работы над тестом.

Длительная задержка в начале теста из-за недостатка времени на выполне-

ние остальных заданий может привести к досадным ошибкам при решении более легких заданий или даже к тому, что к решению части очень простых заданий вы не успеете даже приступить.

Если вы в основном овладели курсом физики в пределах обязательных требований школьной программы, то с первой попытки вам удастся успешно выполнить более половины заданий, так как большинство из них довольно просты. Это придаст вам уверенности в своих силах и поможет достижению успеха на следующих этапах.

Второй этап — выполнение заданий, вызвавших затруднения при первой попытке решения. На этом этапе целесообразно распределить время на решение каждой из оставшихся задач примерно поровну, а не засиживаться над первой из них. Пройдите все оставшиеся нерешенные задачи не более чем за 15 мин, и у вас еще останется время на те задания, которые не удалось выполнить с двух попыток. Теперь, когда у вас выполнены почти все задания теста, вы можете спокойно подумать над оставшимися двумя-тремя задачами.

Если все задания выполнены ранее отведенного на тест интервала времени, разумно не проявлять самоуверенности и не спешить сдавать свою работу. У вас есть возможность еще раз спокойно и не торопясь проверить, правильно ли вы поняли условия каждого из заданий и смысл поставленных вопросов, правильно ли решили задачи и верно ли записали полученные ответы. При этом можно независимо проконтролировать правильность решений заданий с выбором ответа путем нахождения ошибок в каждом из непринятых вариантов ответов. Однако поисками таких ошибок разумно заниматься только после завершения решения всех заданий теста.

Другая особенность итогового тестового контроля связана с использованием заданий с выбором ответа на поставленный вопрос, который, по вашему мнению, является правильным. Важно знать, что для затруднения нахождения правильного ответа путем отбрасывания неправильных ответов к составителям заданий тестов предъявляется требование правдоподобия неправильных отве-

тов на поставленные вопросы. Поэтому нужно очень внимательно читать условия заданий с выбором ответа и все предлагаемые ответы на них, не поддаваясь впечатлению нахождения правильного ответа после прочтения только одного или двух из всех предлагаемых ответов.

Очень важно понимать, что тест по любому предмету, в том числе и тест по физике, является одновременно инструментом проверки знаний и умений испытуемого по данному учебному предмету и инструментом проверки уровня общего развития его умственных способностей. Помня об этом, не отступайте от попыток решения тех заданий, которые кажутся вам выходящими за пределы ваших знаний и умений. Осознайте, что в случае выполнения задания с выбором ответа перед вами не стоит задача объяснения явления или доказательства какого-то утверждения. От вас требуется лишь выбор правильного ответа из нескольких предлагаемых. И это не только значительно более легкая задача, но в некоторых случаях вы при выполнении теста можете даже пополнить свои знания по физике. Так что не теряйтесь, например, если вам встретилось в тесте такое задание:

Единицей давления в СИ является

- 1) ньютон
- 2) килограмм
- 3) паскаль
- 4) джоуль

Если вы не помните или в жизни ни разу не слышали название такой единицы, да к тому же не понимаете, что значат буквы СИ, то и в этом случае не прекращайте попытки решения задачи. Например, вы знаете, что ньютон является единицей силы, килограмм — единицей массы, а джоуль — единицей энергии и работы. В этом случае вы должны догадаться, что для единицы давления остается единственный возможный выбор — ответ 3 (паскаль). Это пример решения тестового задания методом отбрасывания неправильных ответов.

Этот пример показывает, что методом отбрасывания неправильных ответов можно не только дать правильный ответ на задание теста, но и пополнить свои знания по физике.

Тематические и итоговый тесты

Тест 1

Физические явления. Механическое движение. Скорость. Таблицы и графики

- Какой из ответов обозначает физическое явление?
1) скорость
2) падение тел
3) траектория движения
4) измерение времени
- Какое из слов является названием физического прибора?
1) секундомер
2) путь
3) метр
4) автомобиль
- В физике путь — это
1) физическая величина
2) физическое явление
3) траектория
4) дорога
- Какое из слов обозначает единицу физической величины?
1) длина
2) время
3) метр
4) атом
- Сколько секунд в одном часе?
1) 60 3) 360 5) 3600
2) 100 4) 1000
- Четыре наблюдателя измерили время бега одного спортсмена на дистанции 100 м и получили результа-

ты 10,2; 10,1; 10,4 и 10,1 с. Среднее арифметическое значение равно

- 1) 10,0 с 3) 10,25 с
2) 10,2 с 4) 10,3 с
- Автомобиль движется по горизонтальной дороге. Какой буквой на рисунке 77 обозначена траектория точки на покрышке колеса за один оборот в системе отсчета, связанной с автомобилем?
1) А 2) Б 3) В 4) Г
- На рисунке 78 представлен график зависимости пути s , пройденного телом, от времени t . Какой путь был пройден телом за три секунды от момента начала движения?
1) 4 м 3) 1 м
2) 2 м 4) 0
- По графику зависимости пути s , пройденного телом, от времени t (см. рис. 78) определите, с какой скоростью двигалось тело от конца четвертой до конца пятой секунды.
1) 0 3) 1,5 м/с
2) 1,2 м/с 4) 6 м/с
- По графику зависимости модуля скорости тела от времени (рис. 79) определите путь, пройденный телом от момента времени $t = 1$ с до момента времени $t = 2$ с.
1) 0 2) 1 м 3) 2 м 4) 4 м
- Физическая величина, задаваемая только числом без указания направления в пространстве, называется
1) скалярной величиной

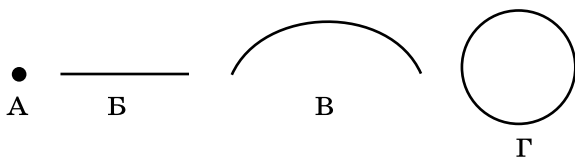


Рис. 77

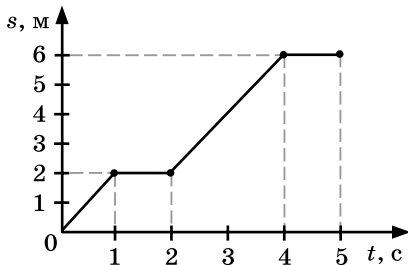


Рис. 78

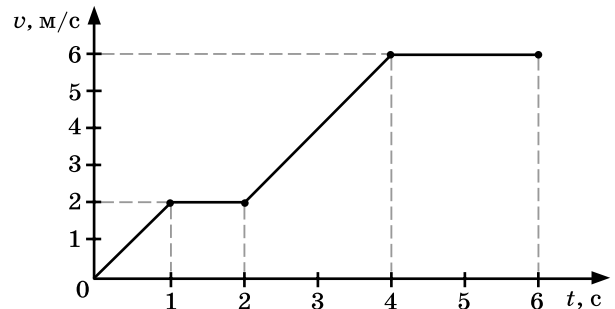


Рис. 79

- 2) векторной величиной
 3) алгебраической величиной
 4) геометрической величиной
12. Из трех физических величин — пути, времени и скорости — векторной величиной
 1) является только путь
 2) является только время
 3) является только скорость
 4) не является ни одна
13. Ваня сказал: «Я видел радугу после дождя». Сергей сказал: «А я догадался, что радуга получается при освещении солнцем водяных капель. На даче я пустил струю воды из шланга так, что она распалась на капли. И тогда я увидел радугу». Кто из ребят рассказал о выполненном опыте?
 1) только Ваня
 2) только Сергей
 3) Ваня и Сергей
 4) ни один из них
14. Механическое движение характеризуется траекторией движения, путем и скоростью. Какая из этих величин зависит от выбора тела отсчета?
 1) только траектория
 2) только путь
 3) только скорость
 4) траектория и скорость
 5) траектория, путь и скорость

Тест 2

Масса. Сила. Сила тяжести. Сила упругости. Сложение сил

1. При попытке автомобилиста быстро затормозить перед красным сигналом светофора колеса автомобиля, двигавшегося с большой скоростью, прекращают вращение, но автомобиль еще некоторое время продолжает движение. Это объясняется
 1) действием большой силы трения на колеса
 2) малой силой трения, действующей на колеса
 3) явлением инерции
 4) действием силы тяжести
2. Гирия подвешена на нити, которая не обрывается под действием силы тяжести гири, но легко обрывается при небольшом добавлении груза. Снизу к гире привязана точно такая же нить. Если за эту нить потянуть вниз с постепенно возрастающим усилием, то
 1) оборвется верхняя нить
 2) оборвется нижняя нить
 3) оборвутся верхняя и нижняя нити
 4) оборваться могут верхняя и нижняя нити с одинаковой вероятностью
3. Тела A и B имеют одинаковый объем, из них тело A инертнее, чем тело B . Какое из этих тел сильнее притягивается к Земле?
 1) тело A
 2) тело B
 3) оба тела одинаково
 4) притяжение тел к Земле не зависит ни от объема тела, ни от его инертности, поэтому по условию задачи нельзя определить, какое из тел сильнее притягивается к Земле
4. Основная единица силы в Международной системе единиц — это
 1) грамм
 2) килограмм
 3) ньютон
 4) джоуль
5. При превращении воды из кристаллического состояния (льда) в жидкую воду объем воды уменьшается. Как изменяется при этом плотность воды?
 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется
 4) плотность воды может увеличиться или уменьшиться в зависимости от количества воды в опыте
6. Массы сплошных однородных тел A , B и B одинаковы, из них тело A обладает наименьшим объемом, а тело B — наибольшим объемом (рис. 80).

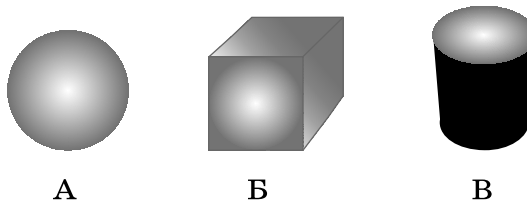


Рис. 80

Какое из этих тел обладает наибольшей плотностью вещества?

- 1) тело А
 - 2) тело В
 - 3) тело С
 - 4) плотность вещества всех трех тел одинакова
7. Единица силы 1 Н — это такая сила, под действием которой
- 1) тело массой 1 кг движется со скоростью 1 м/с
 - 2) скорость тела массой 1 кг изменяется на 1 м/с за 1 с
 - 3) тело массой 1 кг движется по инерции со скоростью 1 м/с
 - 4) тело любой массы движется со скоростью 1 м/с
8. Из четырех физических величин — пути, скорости, массы и силы — векторными величинами являются
- 1) путь и скорость
 - 2) масса и сила
 - 3) скорость и сила
 - 4) путь, скорость и сила
9. Весом тела называется сила, действующая
- 1) со стороны тела на опору или подвес
 - 2) на тело со стороны Земли только на неподвижные тела
 - 3) на тело со стороны Земли только на свободно падающие тела
 - 4) на любые тела со стороны Земли независимо от того, движутся они или неподвижны
10. Гиря весом 98 Н стоит на столе. Чему равна масса гири?
- 1) 0
 - 2) 9,8 кг
 - 3) 10 кг
 - 4) 100 кг
11. Человек сидит на стуле. К каким телам приложены сила тяжести человека и сила веса?
- 1) сила тяжести приложена к человеку, сила веса — к стулу
 - 2) сила тяжести приложена к стулу, сила веса — к человеку
 - 3) сила тяжести и сила веса приложены к стулу
 - 4) сила тяжести и сила веса приложены к человеку
12. На рисунке 81 представлены результаты экспериментального исследования зависимости удлинения стальной пружины от модуля действующей на нее силы. Определите по этим результатам, каким будет

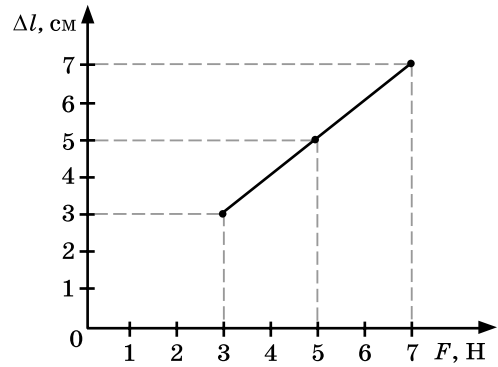


Рис. 81



Рис. 82

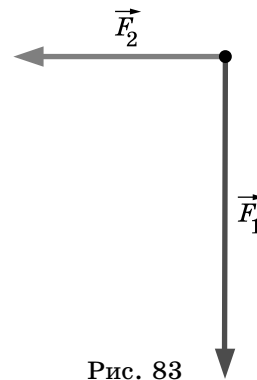


Рис. 83

удлинение пружины при действии на нее силы 2 Н.

- 1) 1 см
 - 2) 2 см
 - 3) 3 см
 - 4) 4 см
13. Два вектора сил приложены к одной точке тела (рис. 82). Модуль вектора \vec{F}_1 равен 5 Н, модуль вектора \vec{F}_2 равен 12 Н. Чему равен модуль равнодействующей этих сил?
- 1) 7 Н
 - 2) 8,5 Н
 - 3) 17 Н
 - 4) 60 Н
14. Два вектора сил приложены к одной точке тела (рис. 83). Модуль вектора \vec{F}_1 равен 4 Н, модуль вектора \vec{F}_2 равен 3 Н. Чему равен модуль вектора равнодействующей этих сил?
- 1) 1 Н
 - 2) 3,5 Н
 - 3) 5 Н
 - 4) 7 Н

Тест 3

Равновесие тел. Давление. Закон Архимеда. Атмосферное давление. Сила трения. Энергия. Работа. Мощность. Простые механизмы. Механические колебания и волны

1. Рычаг с двумя грузами находится в равновесии на горизонтальной оси, проходящей через точку O . Расстояния от точек подвешивания грузов до оси вращения указаны на рисунке 84. Вес груза B равен 6 Н. Чему равен вес груза A ?
 1) 9 Н 3) 4 Н
 2) 6 Н 4) 2 Н
2. Под действием веса груза A и силы \vec{F} рычаг находится в равновесии на горизонтальной оси, проходящей через точку O . Расстояния от точек подвеса груза и приложения силы \vec{F} до оси вращения и другие расстояния указаны на рисунке 85. Модуль силы \vec{F} равен 48 Н. Чему равен вес груза A ?
 1) 36 Н 3) 60 Н 5) 80 Н
 2) 48 Н 4) 75 Н
3. Точка приложения равнодействующей сил тяжести, действующих на все точки тела, называется
 1) точкой тяжести
 2) осью вращения
 3) центром тяжести
 4) центром симметрии
4. На какой примерно глубине в море давление воды равно 100 000 Па? Коэффициент g считайте равным 10.
 1) 10 м 3) 1000 м
 2) 100 м 4) 10 000 м
5. На человека весом 700 Н при плавании на поверхности воды действует сила Архимеда, равная примерно
 1) 0 3) 700 Н
 2) 70 Н 4) 7000 Н
6. Почему при набирании жидкости в шприц движение поршня шприца вверх приводит к возникновению в трубке фонтана (рис. 86)?
 1) фонтан возникает потому, что атмосферное давление снаружи больше давления разреженного воздуха в сосуде
 2) фонтан возникает потому, что жидкость обладает свойством расширения и заполняет любое пустое пространство
 3) фонтан возникает потому, что пустой сосуд втягивает воду
 4) фонтан возникает потому, что воздух обладает способностью заполнять пустоту. Он стремится в трубку и вталкивает туда находящуюся на его пути воду
7. При равномерном движении бруска по горизонтальной поверхности на грани с площадью поверхности 200 см² сила трения равна 2 Н. Каково значение силы трения при

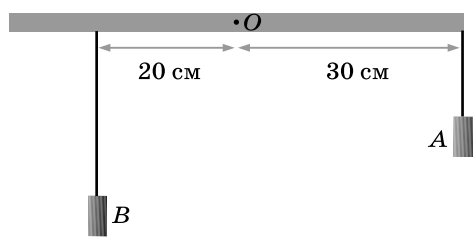


Рис. 84

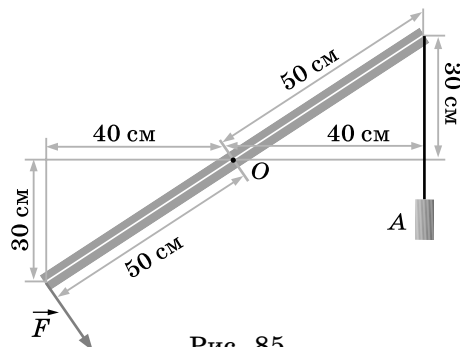


Рис. 85

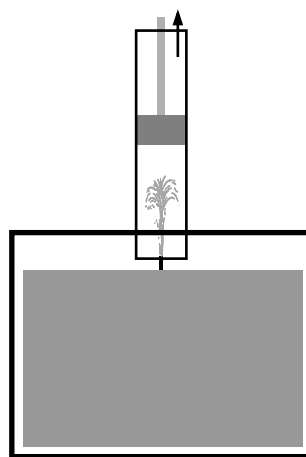


Рис. 86

равномерном движении того же бруска на грани с площадью поверхности 100 см^2 ?

- 1) 1 Н
- 2) 2 Н
- 3) 4 Н
- 4) 8 Н

8. Первый человек массой 100 кг идет со скоростью 1 м/с, второй человек массой 50 кг бежит со скоростью 2 м/с. Кто из них обладает большей кинетической энергией и во сколько раз?

- 1) первый, в 2 раза
- 2) первый, в 4 раза
- 3) второй, в 2 раза
- 4) второй, в 4 раза
- 5) кинетическая энергия первого и второго человека одинакова

9. Автомобиль массой 1000 кг движется равномерно и прямолинейно со скоростью 10 м/с. Какую полезную работу необходимо совершить для увеличения его скорости в том же направлении до 20 м/с?

- 1) 1 944 000 Дж
- 2) 300 000 Дж
- 3) 150 000 Дж
- 4) 50 000 Дж

10. Какую работу совершает трактор против сил трения за 10 с при равномерном движении и мощности двигателя 200 кВт?

- 1) 2 000 000 Дж
- 2) 20 000 Дж
- 3) 2000 Дж
- 4) 20 Дж

11. Автомобиль массой 1000 кг за 4 с разгоняется из состояния покоя до скорости 10 м/с. Чему равна полезная мощность двигателя автомобиля?

- 1) 2 592 000 Вт
- 2) 162 000 Вт
- 3) 200 000 Вт
- 4) 12 500 Вт

12. На рисунке 87 представлена схема использования наклонной плоскости для подъема груза. Какой выигрыш или проигрыш в силе и в работе дает такая наклонная плоскость при отсутствии сил трения?

- 1) выигрыш в силе в 2 раза, выигрыша или проигрыша в работе не дает
- 2) выигрыш в силе в 2 раза, проигрыш в работе в 2 раза

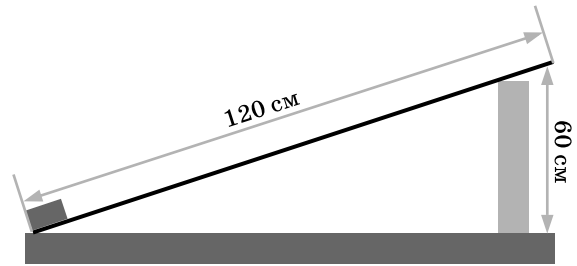


Рис. 87

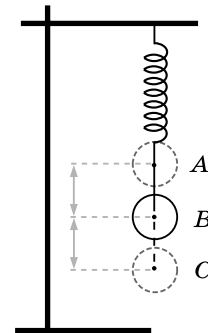


Рис. 88

- 3) выигрыш в силе в 2 раза, выигрыш в работе в 2 раза
- 4) проигрыш в силе в 2 раза, выигрыш в работе в 2 раза
- 5) наклонная плоскость не дает выигрыша ни в силе, ни в работе

13. Шар, подвешенный на пружине, совершает свободные колебания с амплитудой 2 см и периодом колебаний 2 с. Чему равны расстояние от верхнего положения А до нижнего положения С (рис. 88) и время, за которое шар проходит это расстояние?

- 1) АС равно 2 см, время движения 1 с
- 2) АС равно 2 см, время движения 2 с
- 3) АС равно 2 см, время движения 4 с
- 4) АС равно 4 см, время движения 4 с
- 5) АС равно 4 см, время движения 1 с

14. Звук частотой 100 Гц за 3 с распространяется в воздухе на расстояние 1200 м. Определите длину волны звука.

- 1) 360 км
- 2) 40 км
- 3) 36 м
- 4) 4 м

Тест 4

Взаимодействие частиц вещества. Свойства газов. Свойства жидкостей и твердых тел. Температура. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Удельная теплоемкость. Теплопередача. Плавление и кристаллизация. Испарение и конденсация. Кипение

1. Диффузия атомов и молекул происходит быстрее всего
 - 1) в газах
 - 2) в жидкостях
 - 3) в твердых телах
 - 4) с одинаковой скоростью в любых состояниях вещества
2. Каждая молекула свободно движется до столкновения с другой молекулой вещества, при столкновении изменяет модуль и направление скорости движения, движется до нового столкновения и так далее
 - 1) только в твердом состоянии вещества
 - 2) только в жидком состоянии вещества
 - 3) только в газообразном состоянии вещества
 - 4) в твердом, в жидком и газообразном состоянии вещества
3. В каком из трех состояний вещества — газообразном, жидком или твердом — его молекулы **не участвуют** в тепловом движении?
 - 1) только в газообразном состоянии
 - 2) только в жидком состоянии
 - 3) только в твердом состоянии
 - 4) во всех состояниях вещества его молекулы участвуют в тепловом движении
4. При переходе воды из кристаллического состояния в жидкое плотность воды оказывается больше плотности льда, потому что в кристалле льда
 - 1) имеются пузырьки воздуха
 - 2) расстояния между молекулами меньше, чем в жидкой воде
 - 3) расстояния между молекулами больше, чем в жидкой воде
 - 4) расстояния между молекулами такие же, как в жидкой воде
5. За температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ принята температура
 - 1) тающего льда при нормальном атмосферном давлении
 - 2) тающего льда в вакууме
 - 3) тающей смеси поваренной соли и льда
 - 4) человеческого тела
6. Если скорость хаотического движения частиц газа увеличивается, обязательно
 - 1) понижается температура газа
 - 2) увеличивается объем газа
 - 3) повышается давление газа
 - 4) повышается температура газа
 - 5) увеличивается объем газа и повышается его давление
7. Главное отличие термометра для измерения температуры тела человека от термометра для измерения температуры воздуха в том, что медицинский термометр
 - 1) имеет меньшие размеры
 - 2) «запоминает» самую высокую температуру
 - 3) сделан из безвредных для человека материалов
 - 4) препятствует повышению температуры человека выше $42\text{ }^{\circ}\text{C}$
8. В сосуде *A* находится воздух, в сосуде *B* — воздух и насыщенный водяной пар. Начальные значения температуры и давления в сосудах одинаковы. При одинаковом охлаждении давление понизилось
 - 1) в сосудах *A* и *B* одинаково
 - 2) в сосуде *B* больше, чем в сосуде *A*
 - 3) в сосуде *A* больше, чем в сосуде *B*
 - 4) в сосуде *A*, а в сосуде *B* не изменилось
9. Температура кипения воды от давления воздуха над ее поверхностью
 - 1) не зависит
 - 2) повышается с повышением давления
 - 3) понижается с повышением давления
 - 4) повышается с понижением давления
10. Каким способом можно изменить внутреннюю энергию тела?
 - 1) только совершением работы
 - 2) только теплопередачей
 - 3) совершением работы и теплопередачей
 - 4) внутреннюю энергию тела изменить нельзя

11. Почему зимой в меховой шубе человеку тепло?

- 1) шуба имеет большую массу, поэтому в ней сохраняется большой запас домашнего тепла. На морозе она понемногу отдает этот запас тепла человеку
- 2) в мехе много воздуха. Теплоемкость воздуха очень велика, и имеющееся в мехе тепло передается человеку
- 3) в мехе много воздуха. Воздух обладает малой теплопроводностью, что способствует сохранению тепла, выделяемого телом человека
- 4) мех обладает способностью повышать температуру любого тела, находящегося внутри него

12. В каком из перечисленных случаев передача энергии от одного тела к другому происходит в основном излучением?

- 1) при поджаривании яичницы на горячей сковородке
- 2) при нагревании воздуха в комнате от радиатора центрального отопления
- 3) при нагревании шин автомобиля в результате торможения
- 4) при нагревании земной поверхности Солнцем

13. При падении из облака при температуре воздуха выше нуля снежинки частично тают. В процессе таяния

- 1) снежинки поглощают энергию из воздуха
- 2) снежинки выделяют энергию и передают ее воздуху
- 3) снежинки не поглощают и не выделяют энергию
- 4) выделяемую снежинками энергию поглощают образующиеся капли воды

14. Вещество, взятое в кристаллическом состоянии, некоторое время нагревали, затем оно остывало.

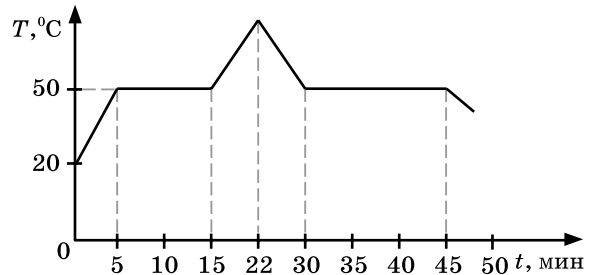


Рис. 89

График зависимости температуры вещества от времени в течение этого опыта представлен на рисунке 89. Сколько минут в этом эксперименте длился процесс остывания жидкого вещества?

- 1) 7 мин
- 2) 8 мин
- 3) 10 мин
- 4) 15 мин

Итоговый тест

1. Перед вами три предложения:

- А. В летний солнечный день человек увидел, что птица в небе расправила крылья и парит в воздухе.
- Б. Он подумал: «Может быть, птица не падает без взмахов крыльев потому, что нагретый воздух поднимается от земли вверх и поддерживает ее».
- В. Человек сорвал одуванчик, дунул на него и стал наблюдать полет парашютиков, чтобы проверить свое предположение.

В каком из предложений содержится описание наблюдения и в каком — описание опыта?

- 1) А — описание наблюдения, В — опыта

- 2) Б — описание наблюдения, В — опыта
- 3) В — описание наблюдения, Б — опыта
- 4) А — описание опыта, В — наблюдения

2. Иногда в жаркий день легкие облака на небе как будто тают и исчезают. Какое физическое явление при этом происходит?

- 1) конденсация водяного пара в жидкость
- 2) кристаллизация воды
- 3) испарение воды

3. На рисунке 90 изображены траектории движения одной и той же точки, находящейся на покрышке колеса велосипеда, относительно разных тел

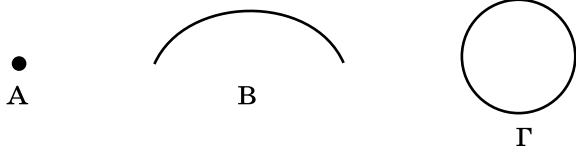


Рис. 90

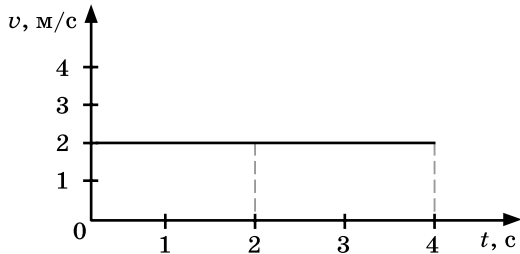


Рис. 91

отсчета за один оборот колеса. С каким телом отсчета был связан наблюдатель, зафиксировавший траекторию точки, обозначенную буквой В?

- 1) с ободом колеса
- 2) с осью колеса
- 3) с землей сбоку от едущего по горизонтальной дороге велосипеда
- 4) с любым из трех тел отсчета, перечисленных в ответах 1—3

4. По графику (рис. 91) определите скорость движения тела в интервале времени от конца второй до конца четвертой секунды.

- 1) 0
- 2) 0,5 м/с
- 3) 1 м/с
- 4) 2 м/с

5. По графику (см. рис. 91) определите путь, пройденный телом в интервале времени от конца второй до конца четвертой секунды.

- 1) 0
- 2) 2 м
- 3) 4 м
- 4) 8 м

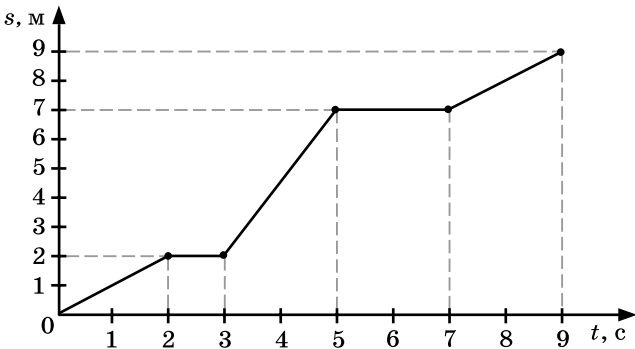


Рис. 92

6. По графику (рис. 92) определите путь, пройденный телом в интервале времени 0—7 с.

- 1) 49 м
- 2) 35 м
- 3) 7 м
- 4) 1 м
- 5) 0

7. По графику (см. рис. 92) определите модуль скорости в интервале времени 3—5 с.

- 1) 7 м/с
- 2) 5 м/с
- 3) 2,5 м/с
- 4) 1 м/с

8. По графику (см. рис. 92) определите, сколько секунд в интервале 0—9 с тело было неподвижным.

- 1) 1 с
- 2) 2 с
- 3) 3 с
- 4) 4 с

9. Как называют явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел?

- 1) свободное падение
- 2) инерция
- 3) движение
- 4) покой

10. Массы сплошных однородных шаров (рис. 93) одинаковы. Какой из этих шаров сделан из вещества с наибольшей плотностью?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) плотность вещества всех шаров одинакова

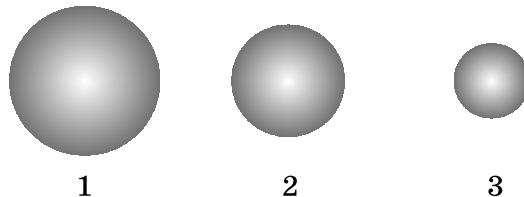


Рис. 93

11. При подвешивании тела на пружину динамометра показания на шкале динамометра 1 Н. Чему равны масса m груза и сила тяжести F_T , действующая на этот груз со стороны Земли?

- 1) $m \approx 0,102$ кг, $F_T = 1$ Н
- 2) $m = 1$ кг, $F_T = 1$ Н
- 3) $m \approx 0,102$ кг, $F_T = 9,8$ Н
- 4) $m = 1$ кг, $F_T = 9,8$ Н

12. Ребенок стоит на весах. Показания весов 10 кг. Чему равны масса ребенка, его вес и каково направление вектора силы веса?

- 1) масса 10 кг, вес 98 Н, вектор силы веса направлен к Земле

- 2) масса 98 кг, вес 10 Н, вектор силы веса направлен от Земли
 3) масса 10 кг, вес 98 Н, вектор силы веса направлен от Земли
 4) масса 98 кг, вес 10 Н, вектор силы веса направлен к Земле

13. Сила, возникающая при движении одного тела относительно другого и препятствующая его перемещению, называется силой трения скольжения. В каком(их) из перечисленных случаев движение происходит при участии силы трения скольжения?

- А. Автомобиль едет по дороге.
 Б. Человек шагает по земле.
 В. Груз скользит на наклонной плоскости.

- 1) только в случае А
 2) только в случае Б
 3) только в случае В
 4) во всех перечисленных случаях
 5) ни в одном из перечисленных случаев

14. Вектор силы \vec{F}_3 является равнодействующей силой двух векторов \vec{F}_1 и \vec{F}_2 . Векторы \vec{F}_1 и \vec{F}_3 представлены на рисунке 94. Вектор \vec{F}_2 лежит на прямой АВ. Определите модуль вектора \vec{F}_2 , если модуль вектора \vec{F}_1 равен 4 Н.

- 1) 1 Н 3) 4 Н
 2) 3 Н 4) 5 Н

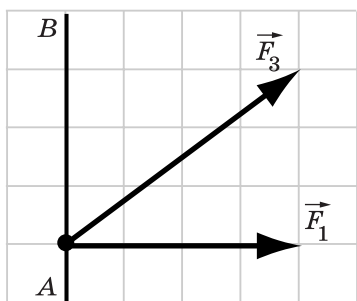


Рис. 94

15. Чему равно давление доски сноубордиста на горизонтальную поверхность снега, если площадь доски равна 0,2 м², а масса сноубордиста вместе с доской равна 100 кг?

- 1) 20 Па 3) 500 Па
 2) 196 Па 4) 4900 Па

16. Давление в жидкости плотностью ρ в открытом сосуде на глубине h равно

- 1) $p_{\text{атм}}$ 3) ρgh
 2) $p_{\text{атм}} + \rho gh$ 4) $p_{\text{атм}} - \rho gh$

17. Прозрачную бутылку наполовину наполнили водой, закрыли пробкой и горлышко бутылки опустили в сосуд с водой. Пробку вынули под водой и увидели, что не вся вода вылилась из бутылки. Что произойдет с уровнем воды внутри бутылки, если атмосферное давление понизится?

- 1) понизится
 2) повысится
 3) не изменится

18. U-образную трубку частично заполнили водой до одинакового уровня в обоих коленах. Затем левый конец закрыли герметично пробкой (колесо 1), а правый конец (колесо 2) опустили (рис. 95). В результате уровни воды в коленах трубки стали отличаться на высоту столба воды h . Чему равны давления p_1 и p_2 на воду со стороны воздуха в коленах 1 и 2 трубки?

- 1) $p_1 = p_2 = p_{\text{атм}}$
 2) $p_1 = p_{\text{атм}}, p_2 = p_{\text{атм}} + \rho gh$
 3) $p_1 = p_{\text{атм}} + \rho gh, p_2 = p_{\text{атм}}$
 4) $p_1 = p_{\text{атм}} - \rho gh, p_2 = p_{\text{атм}}$
 5) $p_1 = p_{\text{атм}}, p_2 = p_{\text{атм}} - \rho gh$

19. Мыльный пузырь плавает в воздухе и постепенно опускается вниз. Какое соотношение между силой

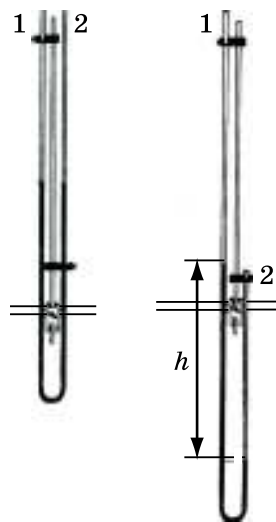


Рис. 95

тяжести mg и силой Архимеда F_A , действующими на мыльный пузырь, верно для этого явления?

- 1) $F_A > mg$
- 2) $F_A < mg$
- 3) $F_A = mg$
- 4) сила Архимеда в этом случае на мыльный пузырь не действует

20. Для определения центра тяжести диска провели два опыта. На краю диска просверлили два отверстия A и C (рис. 96). В первом опыте диск навесили на горизонтальный стержень за отверстие A . Затем навесили на тот же стержень отвес (нить с грузом). В положении равновесия на диске провели линию AB вдоль нити отвеса. Во втором опыте поступили аналогично, подвесив диск за отверстие C .

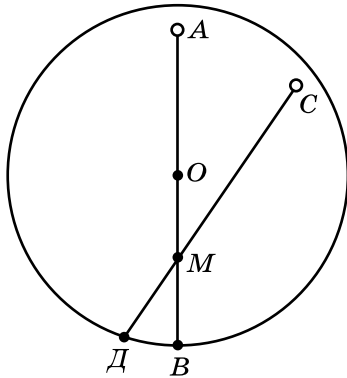


Рис. 96

Вдоль второго положения нити отвеса провели линию CD . Определите по результатам опыта, какая точка на диске отмечает положение центра тяжести диска.

- 1) точка A
 - 2) точка C
 - 3) точка O
 - 4) точка M
21. Кошка и собака бегут с одинаковой скоростью. Масса кошки 2 кг, масса собаки 4 кг. Чему равна кинетическая энергия собаки, если кинетическая энергия кошки равна 100 Дж?
- 1) 25 Дж
 - 2) 50 Дж
 - 3) 100 Дж
 - 4) 200 Дж
22. Какой полезной мощностью обладает человек массой 100 кг, увеличивший свою скорость от 0 до 10 м/с за 10 с бега?

- 1) 10 000 Вт
- 2) 5000 Вт
- 3) 1000 Вт
- 4) 500 Вт

23. Брусок массой m под действием силы F , направленной параллельно наклонной плоскости, перемещается равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости на расстояние l и при этом поднимается на высоту h от первоначального положения. Чему равен КПД наклонной плоскости?

- 1) $\eta = \frac{mgh}{Fl}$
- 2) $\eta = \frac{Fl}{mgh}$
- 3) $\eta = \frac{mgl}{Fh}$
- 4) $\eta = \frac{Fh}{mgl}$

24. В эксперименте по изучению колебаний маятника в течение 50 с маятник совершил 10 колебаний. Чему равны период и частота колебаний маятника?

- 1) $T = 5$ с, $\nu = 500$ Гц
- 2) $T = 500$ с, $\nu = 0,2$ Гц
- 3) $T = 5$ с, $\nu = 0,2$ Гц
- 4) $T = 0,2$ с, $\nu = 5$ Гц

25. В каких телах происходит диффузия?

- 1) только в газообразных телах
- 2) только в жидких телах
- 3) только в твердых телах
- 4) во всех телах

26. В каком(их) состоянии(ях) вещества составляющие его атомы и молекулы участвуют в тепловом движении?

- 1) только в газообразном
- 2) только в газообразном и жидком
- 3) только в жидком и твердом
- 4) в газообразном, жидком и твердом

27. Каким способом можно изменить внутреннюю энергию тела?

- 1) только совершением работы
- 2) только теплопередачей
- 3) совершением работы и теплопередачей
- 4) внутреннюю энергию тела изменить невозможно

28. Какой вид теплопередачи сопровождается переносом вещества?

- 1) только излучение
- 2) только конвекция
- 3) только теплопроводность
- 4) излучение, конвекция и теплопроводность
- 5) излучение и теплопроводность

29. Какой из перечисленных теплоизоляторов лучший?
- 1) воздух
 - 2) вакуум
 - 3) шерсть
 - 4) пенопласт
30. Какого цвета одежду лучше одеть в жаркий солнечный день?
- 1) одежду белого цвета, так как поверхность белого цвета лучше отражает солнечное излучение
 - 2) одежду черного цвета, так как поверхность черного цвета лучше поглощает солнечное излучение
 - 3) одежду разноцветную, чтобы она отражала излучения всех цветов
 - 4) одежду разноцветную, чтобы она поглощала излучения всех цветов
31. При нагревании вещества массой 5 кг на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ было затрачено 20 000 Дж энергии. Чему равна удельная теплоемкость вещества?
- 1) 1000 Дж/(кг \cdot $^{\circ}\text{C}$)
 - 2) 4000 Дж/(кг \cdot $^{\circ}\text{C}$)
 - 3) 5000 Дж/(кг \cdot $^{\circ}\text{C}$)
 - 4) 40 000 Дж/(кг \cdot $^{\circ}\text{C}$)
32. В стакане, теплоемкостью которого можно пренебречь, смешали 100 г воды при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 50 г воды при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какой стала температура смеси после наступления теплового равновесия?
- 1) $140\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 2) $80\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 3) $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 4) $60\text{ }^{\circ}\text{C}$
33. На рисунке 97 показан график зависимости температуры воды от времени при охлаждении от $+100$ до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ с постоянной мощностью теплопередачи. Сколько времени длился процесс кристаллизации воды?
- 1) 961 с
 - 2) 418 с
 - 3) 333 с
 - 4) 210 с

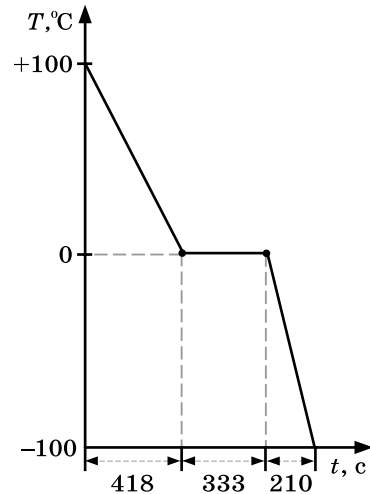


Рис. 97

34. Летом на открытом балконе белье высохнет быстрее
- 1) в холодный дождливый день
 - 2) в жаркий дождливый день
 - 3) в холодный день без осадков
 - 4) в жаркий день без осадков
35. Для чего калориметр состоит из двух цилиндрических стаканов, вставленных один в другой с небольшим промежутком?
- 1) внешний стакан служит для защиты руки от ожога при высокой температуре жидкости во внутреннем стакане
 - 2) два стакана нужны для увеличения теплоемкости калориметра
 - 3) слой воздуха между внутренним и внешним стаканами служит теплоизоляцией внутреннего стакана
 - 4) внешний стакан нужен, чтобы при выливании из внутреннего стакана вода не растеклась по столу и не испортила другие приборы на столе

Коды правильных ответов на задания тематических тестов

Тест 1

Номер задания	Номер правильного ответа				
	1	2	3	4	5
1		×			
2	×				
3	×				
4			×		
5					×
6		×			
7				×	
8		×			
9	×				
10	×				
11	×				
12			×		
13		×			
14					×

Тест 2

Номер задания	Номер правильного ответа			
	1	2	3	4
1			×	
2	×			
3	×			
4			×	
5	×			
6	×			
7		×		
8			×	
9	×			
10			×	
11	×			
12		×		
13	×			
14			×	

Тест 3

Номер задания	Номер правильного ответа					Номер задания	Номер правильного ответа				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1			×			8			×		
2			×			9			×		
3			×			10	×				
4	×					11				×	
5	×					12	×				
6	×					13					×
7		×				14				×	

Тест 4

Номер задания	Номер правильного ответа				Номер задания	Номер правильного ответа			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	×				8		×		
2			×		9		×		
3				×	10			×	
4			×		11			×	
5	×				12				×
6				×	13	×			
7		×			14		×		

Ответы и решения задач итогового теста

1. Ответ 1.

Глядя на природные явления, человек выполняет наблюдение. Опыт или эксперимент проводится для проверки гипотезы.

2. Ответ 3.

В задаче описан процесс испарения капель воды в облаках из-за повышения температуры воздуха в жаркий день.

3. Ответ 3.

Наблюдатель, находящийся на земле сбоку от движущегося велосипеда, видит одновременно движение точки на ободе вращающегося колеса и движение той же точки вдоль дороги вместе со всем велосипедом. Результатом сложения двух траекторий движения является кривая, называемая циклоидой.

4. Ответ 4.

По графику зависимости скорости движения тела от времени видно, что в интервале от конца второй до конца четвертой секунды скорость тела не изменялась и равна 2 м/с.

5. Ответ 3.

По графику видно, что скорость движения тела в интервале от конца второй до конца четвертой секунды не изменялась и равна 2 м/с. Это означает, что тело двигалось равномерно

и путь, пройденный телом в указанном интервале времени, равен $s = vt$, $s = 2 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с} = 4 \text{ м}$.

6. Ответ 3.

На рисунке 98 дан график зависимости пути от времени. Путь s_{0-7} , пройденный телом в интервале времени 0—7 с, найдем как разность пути s_7 , пройденного телом к моменту времени 7 с, и пути s_0 , пройденного телом к моменту времени 0 с:

$$s_{0-7} = s_7 - s_0.$$

Чтобы найти точку графика, соответствующую моменту времени 7 с, проведем вертикальную прямую от точки 7 на оси времени до пересечения с графиком. Обозначим найденную точ-

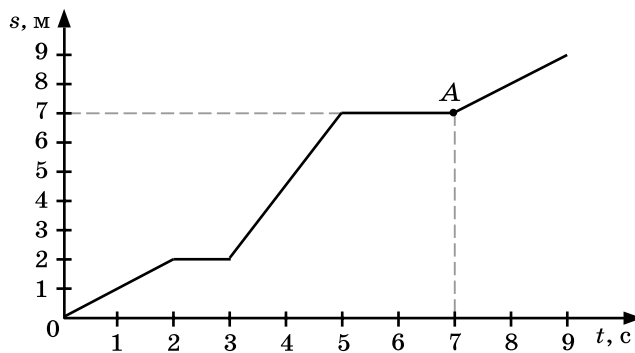


Рис. 98

ку буквой А. Чтобы найти путь, пройденный телом к моменту времени 7 с, проведем горизонтальную линию от точки А до пересечения с вертикальной осью. В результате получаем, что $s_7 = 7$ м. Аналогично находим, что $s_0 = 0$ м.

В результате получаем, что

$$s_{0-7} = 7 \text{ м} - 0 \text{ м} = 7 \text{ м},$$

т. е. в интервале времени 0—7 с тело прошло путь 7 м.

7. Ответ 3.

Чтобы определить по графику зависимости пути от времени (рис. 99) модуль скорости v_{3-5} , нужно сначала определить, каким было движение в этом отрезке времени. На графике путь в интервале времени 3—5 с представлен отрезком наклонной прямой. Это означает, что движение было равномерным, т. е. скорость в этом интервале времени не изменялась. Скорость v_{3-5} равна:

$$v_{3-5} = s_{3-5}/t_{3-5}.$$

Путь s_{3-5} равен:

$$s_{3-5} = s_5 - s_3.$$

Чтобы найти точку графика, соответствующую моменту времени 5 с, проведем вертикальную прямую от точки 5 на оси времени до пересечения с графиком. Обозначим найденную точку буквой А. Чтобы найти путь, пройденный телом к моменту времени 5 с, проведем горизонтальную линию от точки А до пересечения с вертикальной осью. В результате получаем, что $s_5 = 7$ м. Аналогично находим, что $s_3 = 2$ м.

Откуда

$$s_{3-5} = 7 \text{ м} - 2 \text{ м} = 5 \text{ м},$$

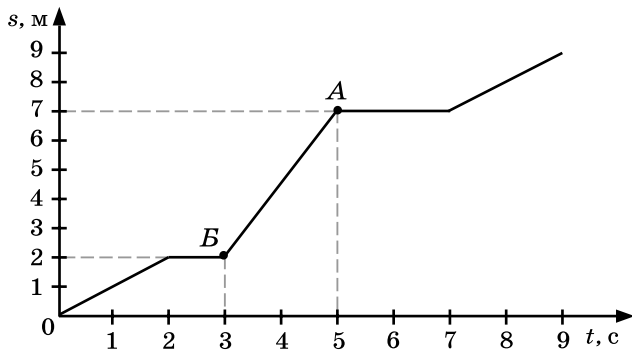


Рис. 99

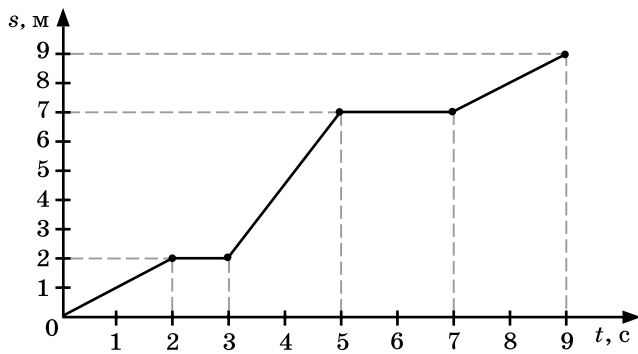


Рис. 100

т. е. в интервале времени 3—5 с тело прошло путь 5 м.

Найдем модуль скорости:

$$v_{3-5} = s_{3-5}/t_{3-5} = 5 \text{ м}/2 \text{ с} = 2,5 \text{ м}/\text{с}.$$

8. Ответ 3.

По графику (рис. 100) видно, что в интервале времени 0—9 с тело было неподвижным в течение одной секунды в интервале 2—3 с и в течение 2 с в интервале 5—7 с. На этих участках график представлен горизонтальными отрезками, пройденный путь не изменялся. В интервале времени 0—9 с тело было неподвижным 3 с.

9. Ответ 2.

Явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел называется инерцией.

10. Ответ 3.

Плотностью вещества называется отношение массы m тела из данного вещества к объему V тела: $\rho = m/V$. Так как массы всех шаров одинаковы, а наименьший объем имеет шар 3, то шар 3 обладает наибольшей плотностью.

11. Ответ 1.

По условию задачи при подвешивании груза неизвестной массы на пружину динамометра показания на шкале динамометра равны 1 Н. Показания на шкале динамометра снимаются при условии, что пружина динамометра прекращает растягиваться под действием силы тяжести, действующей на подвешенный груз со стороны Земли. При этом устанавливается равновесие двух сил — силы упругости пружины и силы тяжести груза. Значит, сила F_T тяжести равна 1 Н.

Так как сила тяжести F_T пропорциональна массе m тела:

$$F_T = 9,8m,$$

то масса груза равна:

$$m = F_T/9,8, \quad m = 1/9,8 \text{ кг} \approx 0,102 \text{ кг}.$$

12. Ответ 1.

Показания весов по условию задачи 10 кг. Это означает, что весы проградуированы в килограммах и с помощью этих весов измерили массу ребенка. Весом P называется сила, с которой тело в результате действия на него силы тяжести действует на опору, препятствующую падению тела. Поскольку в этой задаче рассматривается случай равновесия, когда ребенок стоит на неподвижных весах, то вес P равен по модулю силе F_T тяжести:

$$P = F_T = 9,8m = 98 \text{ Н}.$$

Вектор веса приложен к весам и направлен в ту же сторону, что и сила тяжести, т. е. к Земле.

13. Ответ 3.

Чтобы ответить на вопрос задачи, нужно рассмотреть подробно каждый из перечисленных случаев движения.

При движении автомобиля по дороге участок шины автомобиля, соприкасающийся с дорогой, неподвижен относительно земли. Но колесо вращается, действуя с определенной силой вдоль поверхности на дорогу. В ответ возникает сила трения покоя, равная ей по модулю, направленная в противоположную сторону и приложенная к колесу. В результате дорога «толкает» колесо вперед. Таким образом, в процессе нормального движения машины, если колеса катятся, а не проскальзывают по поверхности дороги, движение происходит при участии силы трения покоя. Сила трения скольжения не участвует, когда автомобиль едет по дороге.

При ходьбе человека подошва ноги в момент соприкосновения с поверхностью дороги неподвижна относительно поверхности дороги и в то же время отталкивается от этой поверхности. Отталкиваясь, нога действует на дорогу с некоторой силой. Горизонтальная составляющая этой силы направлена вдоль поверхности дороги и приложена к дороге. В тот же момент возникает сила трения покоя, равная этой силе по модулю, противоположная по направлению

и приложенная к ноге человека. Человек делает шаг. Сила трения скольжения не участвует в этом движении.

Когда груз скользит по наклонной плоскости, то, кроме скатывающей силы, на груз в противоположном направлении действует сила трения скольжения. Она направлена вдоль поверхности соприкосновения тел и противоположна вектору скорости относительного движения. Это правильный ответ.

14. Ответ 2.

Вектор равнодействующей силы \vec{F}_3 двух векторов находится по правилу сложения двух векторов \vec{F}_1 и \vec{F}_2 : к концу вектора \vec{F}_1 нужно приставить начало вектора \vec{F}_2 . В этом случае модуль искомого вектора \vec{F}_2 равен отрезку, соединяющему конец вектора \vec{F}_1 и конец вектора \vec{F}_3 (рис. 101). Модуль искомого вектора \vec{F}_2 с учетом масштаба рисунка равен 3 Н.

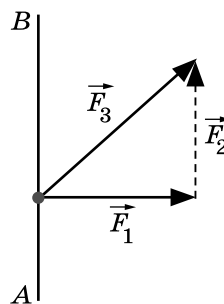


Рис. 101

15. Ответ 4.

Давлением p называется физическая величина, равная отношению модуля силы F , действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности S . На поверхность снега действует вес сноубордиста вместе с доской. Вес по модулю равен силе тяжести. Искомое давление равно:

$$p = F_n/S = m9,8/S = 100 \cdot 9,8 \text{ Н}/0,2 \text{ м}^2 = 4900 \text{ Па}.$$

16. Ответ 2.

Давление внутри жидкости на глубине h от ее поверхности складывается из давления ρgh столба жидкости высотой h и внешнего атмосферного давления $p_{\text{атм}}$: $p_{\text{атм}} + \rho gh$.

17. Ответ 1.

В условии задачи сказано, что когда горлышко бутылки, наполовину заполненной водой, опустили в сосуд с водой и под водой вынули пробку, то увидели, что не вся вода вылилась.

По условию задачи h — высота столба оставшейся воды в бутылке, $p_{в}$ — давление воздуха над водой в бутылке. Вода перестала выливаться из бутылки, когда сумма давления воздуха над водой в бутылке $p_{в1}$ и давления столба воды ρgh_1 , оставшейся в бутылке, стала равна атмосферному давлению $p_{атм1}$:

$$p_{в1} + \rho gh_1 = p_{атм1}.$$

При понижении атмосферного давления до нового значения $p_{атм2}$ давление столба воды в бутылке превышает внешнее давление и часть воды вытекает из бутылки. Вода перестает вытекать из бутылки, когда сумма давления воздуха над водой в бутылке $p_{в2}$ и давления столба воды ρgh_2 , оставшейся в бутылке, становится равной атмосферному давлению $p_{атм2}$. Уровень воды в бутылке понижается.

18. Ответ 4.

Когда оба колена трубки открыты, давление на воду со стороны воздуха в обоих коленах одинаково и равно атмосферному давлению $p_{атм}$, уровни воды в коленах одинаковы (рис. 102). Когда один конец трубки закрыли пробкой, а другой конец оставили открытым и правое колено опустили, то

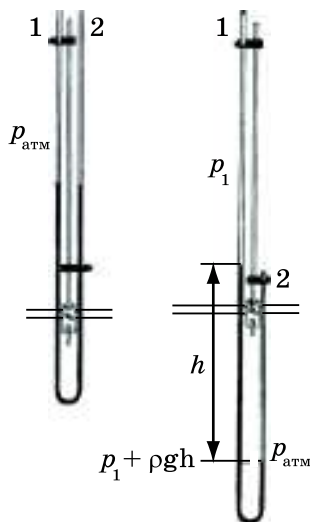


Рис. 102

Рис. 103

уровни воды в коленах трубки стали отличаться на высоту h (рис. 103). Давление на воду со стороны воздуха в колене 1 обозначим p_1 , давление столба воды h обозначим p , давление на воду со стороны воздуха в колене 2 обозначим p_2 . В этом опыте уровни воды в коленах трубки перестали изменяться, когда сумма давления p_1 в колене 1 со стороны воздуха на воду и давления p столба h воды стала равна давлению p_2 на воду со стороны воздуха в колене 2:

$$p_1 + p = p_2. \quad (1)$$

Давление столба h воды равно $p = \rho gh$, а давление на воду со стороны воздуха в колене 2 равно $p_2 = p_{атм}$. Подставим эти значения в формулу (1):

$$p_1 + \rho gh = p_{атм}. \quad (2)$$

Из формулы (2) получим

$$p_1 = p_{атм} - \rho gh.$$

19. Ответ 2.

На плавающее в любой среде тело действуют равные по модулю сила тяжести и сила Архимеда. По условию задачи мыльный пузырь опускается вниз, т. е. равнодействующая этих двух сил направлена вниз. Это возможно в том случае, если модуль силы тяжести больше модуля силы Архимеда:

$$mg > F_A.$$

20. Ответ 4.

При подвешивании диска за отверстие A на горизонтальный стержень в положении равновесия диска его центр тяжести оказывается на вертикали, проходящей через точку подвеса, а нить AB подвеса проецируется на линию внутри диска, на которой находится точка — центр тяжести.

В результате второго опыта мы находим второе положение нити отвеса, отмеченное точками C и D . Одна из точек этой нити проецируется на точку положения центра тяжести диска.

Двум линиям AB и CD одновременно принадлежит точка их пересечения — точка M . За этой точкой внутри диска находится центр тяжести диска.

21. Ответ 4.

Кинетическая энергия тела прямо пропорциональна произведению массы тела на квадрат скорости, деленному пополам:

$$E = mv^2/2.$$

Так как скорости кошки и собаки одинаковы, а масса m_c собаки вдвое больше массы m_k кошки: $m_c = 2m_k$, то кинетическая энергия собаки вдвое больше кинетической энергии кошки:

$$E_c = m_c v^2 / 2 = 2m_k v^2 / 2 = 2E_k = 2 \cdot 100 \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$

22. Ответ 4.

Полезная мощность $N_{\text{п}}$ равна отношению полезной работы $A_{\text{п}}$ к времени t ее совершения:

$$N_{\text{п}} = A_{\text{п}} / t.$$

В этой задаче полезной работой можно считать работу $A_{\text{п}}$, которая затрачена человеком на увеличение скорости от $v_0 = 0$ км/с до $v_1 = 10$ км/с за 10 с бега. Результат совершенной полезной работы — увеличение кинетической энергии человека от E_{k0} до E_{k1} :

$$A_{\text{п}} = E_{k1} - E_{k0} = mv_1^2 / 2 - mv_0^2 / 2 = (m/2) (v_1^2 - v_0^2),$$

$$A_{\text{п}} = 50 \cdot (10^2 - 0^2) = 5000 \text{ Дж}.$$

Найдем полезную мощность:

$$N_{\text{п}} = 5000 \text{ Дж} / 10 \text{ с} = 500 \text{ Вт}.$$

23. Ответ 1.

Коэффициент полезного действия любого механизма равен отношению полезной работы $A_{\text{п}}$ к затраченной работе A_3 :

$$\eta = A_{\text{п}} / A_3.$$

При подъеме тела весом mg по наклонной плоскости на высоту h полезная работа $A_{\text{п}}$ равна работе по преодолению силы тяжести mg при перемещении вертикально вверх на расстояние h :

$$A_{\text{п}} = mgh,$$

а затраченная работа A_3 равна работе силы F , направленной параллельно наклонной плоскости и перемещающей брусок равномерно и прямолинейно на расстояние l :

$$A_3 = Fl.$$

Коэффициент полезного действия наклонной плоскости в этом случае равен:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} = \frac{mgh}{Fl}.$$

24. Ответ 3.

Если за время t произошло n колебаний, то период колебаний T , равный времени одного колебания, равен:

$$T = t/n, T = 50/10 \text{ с} = 5 \text{ с}.$$

Частотой колебаний называется число колебаний за одну секунду:

$$\nu = n/t = 10/50 = 0,2 \text{ Гц}.$$

25. Ответ 4.

Диффузией называется процесс проникновения атомов или молекул одного вещества в промежутки между атомами или молекулами другого вещества. Этот процесс происходит при соприкосновении тел в результате теплового движения атомов веществ.

Так как в тепловом движении участвуют частицы вещества независимо от того, в газообразном, жидком или твердом состоянии оно находится, то процесс диффузии возможен во всех телах.

26. Ответ 4.

В тепловом движении участвуют атомы и молекулы вещества в любом состоянии этого вещества — в газообразном, жидком и твердом.

27. Ответ 3.

Внутреннюю энергию вещества можно изменить путем совершения работы и теплопередачей.

28. Ответ 2.

Переносом вещества сопровождается конвекция — нагретое вещество становится легче, поднимается вверх, передает тепло окружающей среде и за счет этого охлаждается, становится тяжелее, опускается вниз и т. д.

29. Ответ 2.

Лучшим теплоизолятором является вакуум, так как в пустом пространстве невозможны такие виды теплопередачи, как теплопроводность и конвекция. Теплопередача в вакууме осуществляется лишь путем излучения.

30. Ответ 1.

Роль одежды на время прогулки под солнечными лучами в жаркий день заключается в защите человека от перегревания. Для защиты от солнечного излучения одежда должна хорошо отражать солнечное излучение. Таким свойством обладает одежда белого цвета.

31. Ответ 1.

Числовое значение удельной теплоемкости вещества c равно количеству

теплоты, которое вызывает повышение температуры тела массой 1 кг на 1 °С:

$$c = Q/(m \cdot t), \\ c = 20\,000 \text{ Дж}/(5 \text{ кг} \cdot 4 \text{ °С}) = \\ = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{°С}).$$

32. Ответ 2.

При теплообмене некоторое количество теплоты переходит от горячей воды к холодной до тех пор, пока между ними не установится тепловое равновесие. Этот момент характерен тем, что температура перестает изменяться. Обозначим температуру смеси в состоянии теплового равновесия t и составим уравнение теплового баланса:

$$cm_1(t_1 - t) = cm_2(t - t_2),$$

где c — удельная теплоемкость воды; $t_1 = 100 \text{ °С}$ — температура горячей воды, $t_2 = 40 \text{ °С}$ — температура холодной воды; $cm_1(t_1 - t)$ — количество теплоты, отданное в результате охлаждения в процессе теплообмена горячей водой холодной воде; $cm_2(t - t_2)$ — количество теплоты, полученное холодной водой в процессе теплообмена от горячей воды.

Для вычисления температуры смеси выразим массу воды в килограммах:

$$m_1 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}, \\ m_2 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}.$$

Подставим числовые данные в уравнение теплового баланса:

$$0,1(100 - t) = 0,05(t - 40), \\ 200 - 2t = t - 40, t = 80 \text{ °С}.$$

Температура смеси после наступления теплового равновесия равна 80 °С.

33. Ответ 3.

Процесс кристаллизации воды, т. е. процесс превращения воды в кристаллы льда, происходит при 0 °С. Процесс кристаллизации не является мгновенным.

После начала кристаллизации образуется смесь воды и льда. Температура этой смеси остается неизменной и равной 0 °С до тех пор, пока вся вода не превратится в лед. На графике процессу кристаллизации соответствует горизонтальный отрезок и показано, что процесс при 0 °С продолжался 333 с.

34. Ответ 4.

При высыхании белья молекулы воды с поверхности белья переходят в окружающий воздух. Этот процесс происходит тем интенсивнее, чем меньше молекул воды находится в воздухе, окружающем белье, т. е. чем меньше влажность окружающего воздуха.

В дождливый день относительная влажность близка к 100%, т. е. белье окружено воздухом, содержащим большое количество паров воды. Испарение в таких условиях затруднено и в холодный, и в жаркий день.

При испарении с поверхности вырываются самые быстрые молекулы. В жаркий день температура воздуха и белья высокая, быстрых молекул воды много, процесс испарения более интенсивный, чем в холодный день.

Таким образом, белье на открытом балконе высохнет быстрее всего в жаркий день без осадков.

35. Ответ 3.

Небольшой слой воздуха между внутренним и внешним стаканами калориметра является хорошим теплоизолятором. Это нужно для того, чтобы термоизолировать внутренний стакан и его содержимое. В этом случае можно свести до минимума потери тепла за счет теплопередачи, так как внутренний стакан не касается предметов вокруг него и под ним — он лишь стоит на тонкой подставке на дне внешнего стакана.

Приложение

Для получения представлений о том, как именно высказывали и обосновывали свои идеи ученые, создававшие науку физику, здесь представлены небольшие отрывки из трудов древнегреческих

философов и одной из работ первого русского физика и астронома М. В. Ломоносова, также краткие сведения об авторах этих трудов.

ДЕМОКРИТ

Демокрит родился в греческом городе Абдеры около 460 г. до н. э. В молодости он получил большое наследство и истратил его на научные поездки. В Афинах Демокрит познакомился с учением Анаксагора и слушал Сократа, совершил путешествия в Вавилон, Персию, Египет, Индию. Как утверждают, он сказал о себе: «Из всех моих современников я обошел наибольшую часть Земли; я делал исследования более глубокие, чем кто-либо другой; я видел много разнообразных климатов и стран и слышал многих ученых людей, и никто еще меня не превзошел в сложении линий, сопровождаемом логическим доказательством».

Познакомившись с научными достижениями своих современников в Европе, Африке и Азии, Демокрит разработал собственную систему взглядов по вопросам этики, логики, теории познания, математики, астрономии, физики, биологии, техники, языкознания. Поэтому Демокрита называют первым энциклопедическим умом среди греков.

Сохранилось предание, что в родном городе Демокрит был привлечен к суду за растрату наследства. На суде вместо оправдательной речи Демокрит прочитал одно из своих научных сочинений как результат научных поездок по всему миру. И суд оправдал его.

Одной из важнейших работ Демокрита была книга «Великий мирострой», в которой излагалось учение о строении мира. До наших дней не дошла ни одна из книг Демокрита. Об их существовании и содержании известно лишь по цитатам и пересказам в трудах современников и ученых, живших позднее и изучавших его труды. Ниже приводятся высказывания Демокрита

об атомах и строении Вселенной, приводимые в трудах других ученых.

Изложение учения Демокрита

Учение об атомах

Гален. «Лишь в общем мнении существует цвет, в мнении — сладкое, в мнении — горькое, в действительности же существуют только атомы и пустота». Так говорит Демокрит, полагая, что все ощущаемые качества возникают из соединения атомов, существуя лишь для нас, воспринимающих их, по природе же нет ничего ни белого, ни черного, ни желтого, ни красного, ни горького, ни сладкого. Весь смысл самого этого учения должен быть таков. Лишь у людей признается что-либо белым, черным, сладким, горьким и всем прочим в этом роде, поистине же все есть «что» и «ничто». И это опять — его собственные выражения, а именно, он называл атомы «что», а пустоту «ничто». Итак, атомы суть всевозможные маленькие тела, не имеющие качеств, пустота же — некоторое место, в котором все эти тела, в течение всей вечности носясь вверх и вниз, или сплетаются каким-нибудь образом между собой, или наталкиваются друг на друга и отскакивают, расходятся и сходятся снова между собой в такие соединения, и таким образом они производят и все прочие сложные тела и наши тела, и их состояния и ощущения. ...первотела не могут ни в каком отношении изменяться, они не могут подвергаться изменениям, в существование которых верят все люди на основании чувственного опыта; так, например, ни один из атомов не нагревается, не охлаждается,

равным образом не делается ни сухим, ни влажным и тем более не становится ни белым, ни черным и вообще не принимает никакого иного качества вследствие полного отсутствия изменения.

Диоген. По Демокриту — начало вселенной — атомы и пустота... Миров бесчисленное множество, и они имеют начало и конец во времени. И ничто не возникает из небытия, ни разрешается в небытии. И атомы бесчисленны по разнообразию величин и по множеству; носятся же они во вселенной, кружась в вихре, и таким образом рождается все сложное: огонь, вода, воздух, земля. Дело в том, что последние суть соединения некоторых атомов. Атомы же не поддаются никакому воздействию и неизменяемы вследствие твердости.

Симплций. Демокрит полагает, что вечные начала по своей природе суть маленькие сущности, бесконечно многие по числу... Он полагает, что сущности настолько малы, что недоступны восприятию наших органов чувств. У них разнообразные формы и разнообразные фигуры, и они различны по величине. И вот из них, как из элементов, возникают вследствие их соединения видимые и осязаемые массы. Вследствие несходства и прочих указанных различий они пребывают в беспорядочном движении и носятся в пустоте, носясь же, они встречаются и переплетаются друг с другом, так что переходят в соприкосновение и располагаются рядом.

Однако, по его мнению, из них при их сплетении отнюдь не образуется поистине единая природа. Ибо совершенно нелепо, чтобы два или большее число могли бы когда-либо стать одним. Причиной же того, что эти сущности в течение некоторого времени «держатся вместе» друг с другом, он считает то, что между ними образуются связи и что тела захватывают друг друга. Дело в том, что одни из них кривые, другие — крючковидные, третьи — впалые, четвертые — выпуклые, прочие имеют другие бесчисленные различия.

Платон. Огонь, вода, земля и воздух — все они существуют, как говорят, от природы и благодаря случаю, и ничто из них не существует благодаря искусству. Также и тела, следующие за ними, — это относится к Земле, ее Солнцу, Луне и звездам, — возникли через посредство этих совершенно неодушевленных веществ. Каждое из последних носилось по случайной, присущей ему силе, и там, где они сталкивались, они как-то надлежащим образом прилаживались друг к другу... . Вот таким-то способом возникло и небо в целом и все, что на небе, равно как и все животные и растения. От этого же возникла и смена времен года. И все это произошло, по учению Демокрита, не по причине ума и не благодаря какому-нибудь богу и не через искусство, но, как мы подчеркиваем, от природы и случайно.

ЛУКРЕЦИЙ

Наиболее полное и подробное изложение взглядов атомистов дано в поэме Тита Лукреция Кара «О природе вещей». Тит Лукреций Кар жил в Риме в I в. до н. э. Это было время восстания Спартака, триумvirата Цезаря, Помпея и Красса. Лукреций в поэтической поэме изложил философские взгляды афинского философа Эпикура (341—270 гг. до н. э.). Эпикур в области физики принял основные положения атомистического учения Демокрита, внося в него

лишь небольшие изменения. У Демокрита число форм атомов так же бесконечно, как и число атомов, а у Эпикура бесконечно число атомов каждой формы, число же форм атомов конечно. Эпикур придавал большое значение наблюдениям природных явлений: «Ибо исследовать природу не должно на основании пустых предположений и законоположений, но должно исследовать ее так, как взывают к этому видимые явления».

ЛУКРЕЦИЙ О ПРИРОДЕ ВЕЩЕЙ

Книга первая

...Должно ведь было бы все, чему смертное тело присуще,
Быть истребленным давно бесконечного времени днями.
Если ж в теченье всего миновавшего ранее века

- Были тела, из каких состоит этот мир, обновляясь,
 То, несомненно, они обладают бессмертной природой
 И потому ничему невозможно в ничто обратиться.
 И, наконец, от одной и той же причины и силы
 Гибла бы каждая вещь, не будь материя вечной

 чтоб к словам моим ты с недоверием всё ж не отнесся
 Из-за того, что начала вещей недоступны для глаза,
 Выслушай то, что скажу, и ты сам, несомненно, признаешь,
 270 Что существуют тела, которых мы видеть не можем.
 Ветер, во-первых, морей неистово волны бичует,
 Рушит громады судов и небесные тучи разносит,
 Или же, мчась по полям, стремительным кружится вихрем,
 Мощные валит стволы, неприступные горные выси,
 Лес низвергая, трясет порывисто: так, налетая,
 Ветер, беснуясь, ревет и проносится с рокотом грозным.
 Стало быть, ветры — тела, но только незримые нами,
 Море и земли они вздымают, небесные тучи
 Бурно крутят и влекут внезапно поднявшимся вихрем;

 Далее, запахи мы обоняем различного рода,
 Хоть и не видим совсем, как в ноздри они проникают.
 Также палящей жары или холода нам не приметить
 Но это все обладает, однако, телесной природой,
 Если способно оно приводить наши чувства в движение:
 Ведь осязать, как и быть осязаемым, тело лишь может.
 И, наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
 Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
 Видеть, однако, нельзя, как влага на нем оседает,
 Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
 Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
 310 Что недоступны они совершенно для нашего глаза.
 Так и кольцо изнутри, что долгое время на пальце
 Носится, из году в год становится тоньше и тоньше;
 Капля за каплей долбит, упадая, скалу; искривленный
 Плуга железный сошник незаметно стирается в почве;
 И мостовую дорог, мощеную камнями, видим
 Стертой ногами толпы; и правые руки у статуй
 Бронзовых возле ворот городских постепенно хudeют
 От припадания к ним проходящего мимо народа,
 Нам очевидно, что вещь от стирания становится меньше,
 320 Но отделение тел, из нее каждый миг уходящих,
 Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво.

 при всей своей видимой плотности, вещи
 Всё ж, как увидишь сейчас, всегда будут пористы телом:
 Так, сквозь камень пещер сочится текучая влага
 Вод, и слезятся они обильными каплями всюду;
 360 Ведь, коль в клубке шерстяном содержится столько же тела
 Сколько и в слитке свинца, то и весить он столько же должен
 Ибо всё книзу давить является признаком тела,
 Наоборот: пустота по природе своей невесома.
 Так что, коль что-нибудь легче другого того же размера,
 Больше в себе пустоты заключает оно очевидно.
 Наоборот: если что тяжелее, то, стало быть, больше
 Тела имеется в нем, а порожнего меньше гораздо.
 Значит, бесспорно к вещам примешано то, что стремимся
 Разумом чутким найти и что мы пустотой называем...

Книга вторая

-
- 80 Если же думаешь ты, что стать неподвижно способны
Первоначала вещей и затем возродить в них движенье,
Бродишь от истины ты далеко в заблуждени глубоком.
Ведь, в пустоте находясь и витая по ней, неизбежно
Первоначала вещей уносятся собственным весом
Или толчками других. И часто, в движеньи столкнувшись
Вместе, одни от других они в сторону прядают сразу.
И удивляться нельзя: ведь они в высшей степени крепки,
Плотны и вески, и вспять отскочить им ничто не мешает.
-
- 380 Первоначала вещей, — раз они порожденья природы,
А не при помощи рук на один образец создавались, —
В формах различных летать и несхожими быть по фигурам.
..... через рог фонаря проникает свободно
Свет, но не дождь. Почему? Ибо света тела основные
- 390 Мельче, чем те, из каких состоит благодатная влага.
И хоть мгновенно вино, когда цедишь его, протекает,
Но потихоньку идет и сочится ленивое масло;
Иль потому, что его, очевидно, крупней элементы,
Иль крючковатей они и спутаны больше друг с другом;
И получается так, что не могут достаточно быстро
Связь меж собой разорвать по отдельности первоначала
И вытекать, проходя чрез отверстие каждое порознь.
Надо добавить еще, что и мед и молочная влага
На языке и во рту ощущаются нами приятно;
- 400 Наоборот же, польнь своей горечью или же дикий
Тысячелистник уста нам кривят отвратительным вкусом.
Так что легко заключить, что из гладких и круглых частичек
То состоит, что давать ощущение приятное может;
Наоборот, то, что нам представляется горьким и терпким,
Из крючковатых частиц образуется, тесно сплетенных,
А потому и пути к нашим чувствам оно раздирает,
Проникновеньем своим нанося поранения телу.
Всё, наконец, что для чувств хорошо или кажется плохо,
Разнится между собой и несходные формы имеет;

АРИСТОТЕЛЬ

Аристотель был одним из величайших мыслителей древности. Он родился в 384 г. до н. э. в городе Стагире во Фракии, в 367 г. до н. э. приехал в Афины и стал учеником школы Платона, называемой Академией. После смерти Платона в 347 г. до н. э. он покинул Академию. В 343 г. до н. э. македонский царь Филипп пригласил Аристотеля стать воспитателем сына Александра. Аристотель согласился и на протяжении нескольких лет был учителем юноши, который после смерти отца стал сначала царем Македонии, а затем, после завоеваний Египта, Персии и Индии, получил имя Александра Великого или Александра Македон-

ского. В 335 г. до н. э. Аристотель открыл свою школу в Афинах, названную позднее Лицеем. По названию этой школы стали называть и другие школы лицеями.

Аристотель изучил и критически проанализировал все достижения древнегреческих ученых, затем в систематизированном виде изложил свои взгляды по всем вопросам науки своего времени. Список трудов Аристотеля содержит названия 146 работ. Наука физика получила свое название по названию одного из его сочинений.

В средние века труды Аристотеля были признаны христианской церковью соответствующими Священному Писа-

нию и для большинства ученых служили источником непрерываемых истин по всем вопросам науки.

После смерти Александра Македонского в 323 г. до н. э. Аристотеля стали преследовать как друга покорителя Греции и он был вынужден покинуть Афины. Умер он в 322 г. до н. э. на острове Эвбея.

АРИСТОТЕЛЬ

ФИЗИКА

КНИГА СЕДЬМАЯ

Глава первая

Все движущееся необходимо приводится в движение чем-нибудь. Если оно в самом себе не имеет начала движения, то ясно, что оно приводится в движение другим...

Глава шестая

...Люди подразумевают под пустотой протяжение, в котором нет никакого воспринимаемого чувствами тела; полагая, что все существующее есть тело, они говорят: в чем вообще ничего нет, это и есть пустота, и то, что наполнено воздухом, есть пустота. Ведь не то следует доказывать, что воздух есть нечто,

а что не существует протяжения, отличного от тел, делимого от них и имеющегося в действительности, которое разнимает всякое тело, делая его не сплошным, как утверждают Демокрит и Левкипп и многие другие «физиологи», или находится вне тела Вселенной, если это тело сплошное.

...Они утверждают, во-первых, что иначе не было бы движения по отношению к месту (каково перемещение и увеличение): ибо нет движения, если не будет пустоты, так как наполненное не имеет возможности воспринять что-либо...

Глава седьмая

...Однако нет никакой необходимости, если существует движение, признавать пустоту..., так как тела могут уступать друг другу место одновременно. ...Возможно также и уплотнение тела не путем вхождения в пустоту, а вследствие вытеснения находящегося внутри (например, при сдавливании воды находящегося внутри воздуха)...

Итак, что легко опровергнуть сообщения, с помощью которых доказывается существование пустоты, — это ясно...

М. В. ЛОМОНОСОВ

Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) родился вблизи Холмогор в семидесяти километрах от Архангельска. Отец его занимался рыбным промыслом. В 1730 г. Ломоносов девятнадцатилетним юношей отправился в Москву и поступил учиться в Московскую духовную академию. В 1735 г. как наиболее способный студент он был взят для обучения в Петербургскую академию наук, а затем отправлен за границу для продолжения образования.

В 1742 г. Ломоносов вернулся в Петербург. В 1745 г. он стал профессором Академии наук по кафедре химии и затем был произведен в академики.

Ломоносов вел научные исследования в области физики, химии, астрономии, геологии, географии, занимался русской историей, писал стихи, организовал производство мозаичных картин. А. С. Пушкин писал о нем: «Соединяя необыкновенную силу воли с необыкно-

венной силой понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения. Жажда науки была сильнейшей страстью сей души, исполненной страстей. Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец — он все испытал и все проник».

В середине XVIII в. большинство ученых рассматривали теплоту как некую тонкую невесомую материю, присутствие которой в теле обуславливает его нагретость. М. В. Ломоносов был сторонником атомистического учения и в своих трудах разработал основы кинетической теории теплоты и газов.

Из работы М. В. Ломоносова

«Размышления о причине теплоты и холода»

§ 1. Очень хорошо известно, что теплота возбуждается движением: от взаимного трения руки согреваются, дерево

загорается пламенем; при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаливается от проковывания частыми и сильными ударами, а если их прекратить, то теплота уменьшается и производенный огонь в конце концов гаснет. Далее, восприняв теплоту, тела или превращаются в нечувствительные частицы и рассеиваются по воздуху, или распадаются в пепел, или в них настолько уменьшается сила сцепления, что они плавятся. Наконец, зарождение тел, жизнь, произрастание, брожение, гниение ускоряются теплотою, замедляются холодом. Из всего этого совершенно очевидно, что *достаточное основание теплоты заключается в движении*. А так как движение не может происходить без материи, то необходимо, чтобы *достаточное основание теплоты заключалось в движении какой-то материи*.

§ 2. И хотя в горячих телах большей частью на вид не заметно какого-либо движения, такое все-таки очень часто обнаруживается по производимым действиям. Так, железо, нагретое почти до накаливания, кажется на глаз находящимся в покое; однако одни тела, придвинутые к нему, оно плавит, другие — превращает в пар; т. е., приводя частицы их в движение, оно тем самым показывает, что и в нем имеется движение какой-то материи. Ведь нельзя отрицать существование движения там, где его не видно: кто, в самом деле, будет отрицать, что когда через лес проносится сильный ветер, то листья и сучки деревьев колышутся, хотя при рассматривании издали и не видно движения. Точно так же, как здесь вследствие расстояния, так и в теплых телах вследствие малости частиц движущейся материи движение ускользает от взора; в обоих случаях угол зрения так остр, что нельзя видеть ни самих частиц, расположенных под этим углом, ни движения их. Но мы считаем, что никто — разве что он приверженец скрытых качеств — не будет теплоту, источник стольких изменений, приписывать материи спокойной, лишенной

всякого движения, а следовательно, и двигательной силы.

§ 3. Так как тела могут двигаться двояким движением — *общим*, при котором все тело непрерывно меняет свое место при покоящихся друг относительно друга частях, и *внутренним*, которое есть перемена места нечувствительных частиц материи, и так как при самом быстром общем движении часто не наблюдается теплоты, а при отсутствии такового движения наблюдается большая теплота, то очевидно, что *теплота состоит во внутреннем движении материи...*

§ 26. Далее, нельзя назвать такую большую скорость движения, чтобы мысленно нельзя было представить себе другую, еще большую. Это по справедливости относится, конечно, и к теплотворному движению; поэтому невозможна высшая и последняя степень теплоты как движения. Наоборот, то же самое движение может настолько уменьшиться, что тело достигает, наконец, состояния совершенного покоя и никакое дальнейшее уменьшение движения невозможно. Следовательно, по необходимости должна существовать наибольшая и последняя степень холода...

§ 34. На основании всего изложенного выше мы утверждаем, что нельзя приписывать теплоту тел сгущению какой-то тонкой, специально для того предназначенной материи, но что теплота состоит во внутреннем вращательном движении связанной материи нагретого тела. Тем самым мы не только говорим, что такое движение и теплота свойственны и той тончайшей материи эфира, которой заполнены все пространства, не содержащие чувствительных тел, но и утверждаем, что материя эфира может сообщать полученное от Солнца теплотворное движение нашей Земле и остальным телам мира и их нагревать, являясь той средой, при помощи которой тела, отдаленные друг от друга, сообщают теплоту без посредничества чего-либо осязаемого...

Оглавление

Глава 1. Методические пути реализации принципов развивающего обучения в преподавании физики. 3

- 1. Цели обучения физике в основной школе и способы их достижения —
- 2. Проблемное обучение 6
- 3. Демонстрационный эксперимент и опыты учащихся 9
- 4. Личностно ориентированное обучение 15
- 5. Содержание личностно ориентированной деятельности учащихся и методика ее организации 19
- 6. Содержание обучения физике в 7 классе 28

Глава 2. Механические явления 31

- § 1. Физические явления —
- § 2. Физические величины. Измерение длины 32
- § 3. Измерение времени —
- § 4. Механическое движение. 33
- § 5. Скорость 35
- § 6. Методы исследования механического движения. 37
- § 7. Таблицы и графики. 39
- § 8. Явление инерции. Масса 41
- § 9. Плотность вещества. 43
- § 10. Сила 44
- § 11. Сила тяжести. Вес. 47
- § 12. Сила упругости. 50
- § 13. Сложение сил. 52
- § 14. Равновесие тел 53
- § 15. Центр тяжести тела. 54
- § 16. Давление 55
- § 17. Закон Архимеда 57

- § 18. Атмосферное давление 62
- § 19. Сила трения 63
- § 20. Энергия 65
- § 21. Работа. Мощность 67
- § 22. Простые механизмы. 69
- § 23. Механические колебания 74
- § 24. Механические волны 76

Глава 3. Строение вещества 77

- § 25. Атомное строение вещества —
- § 26. Взаимодействие частиц вещества . 78
- § 27. Свойства газов 80
- § 28. Свойства твердых тел и жидкостей 84

Глава 4. Тепловые явления 86

- § 29. Температура —
- § 30. Внутренняя энергия. 87
- § 31. Количество теплоты. Удельная теплоемкость 89
- § 32. Теплопроводность. Конвекция. Теплопередача излучением 91
- § 33. Плавление и кристаллизация . . . 93
- § 34. Испарение и конденсация. Кипение. 97
- § 35. Теплота сгорания 98

Глава 5. Тестовый контроль знаний и умений учащихся по физике 99

- Тематические и итоговый тесты 104
- Коды правильных ответов на задания тематических тестов. 115
- Ответы и решения задач итогового теста 116
- Приложение 122