

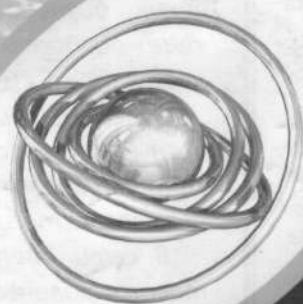


научно-методический журнал

1
2008

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



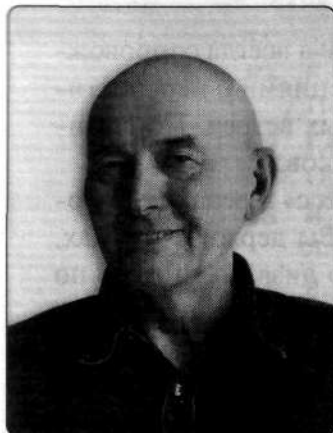
**Новые подходы к итоговой аттестации
учащихся IX класса**

Преподавание «Астрономии» в старшей школе

Обзор педагогических технологий



АКТУАЛЬНОЕ ИНТЕРВЬЮ



ОБУЧЕНИЕ ДОЛЖНО БЫТЬ ТРУДНЫМ, НО ОБЯЗАТЕЛЬНО ПОБЕДНЫМ ДЛЯ ВСЕХ ШКОЛЬНИКОВ

5 февраля 2008 г. исполняется 75 лет со дня рождения видного ученого, методиста, к.ф.-м.н., д.п.н., профессора, главного научного сотрудника РАО Кабардина Олега Федоровича.

Первая его книга «Практикум по ядерной физике» была выпущена издательством «Просвещение» в 1965 г. и рекомендована в качестве учебного пособия для студентов педагогических институтов. В последующие годы О.Ф.Кабардин создал более 30 книг для учащихся и учителей физики. Комплект пособий для факультативных занятий

по физике, созданный под его руководством, выдержал три издания на русском языке и переведен на пять языков. На базе факультативных курсов под руководством О.Ф. Кабардина и А.А.Пинского были созданы учебники для X–XI классов с углубленным изучением физики, выдержавшие 9 переизданий и популярные в школах страны.

Большое внимание О.Ф.Кабардин уделяет проблемам развития школьного физического эксперимента. Свою научную работу он совмещал с работой учителя в экспериментальной средней школе (ЭСШ) № 82 РАО. Созданный им физический практикум в этой школе на протяжении многих лет служил экспериментальной базой для подготовки школьников к Международным физическим олимпиадам. В том, что команда школьников СССР успешно выступала на Международных олимпиадах по физике, есть и его заслуга.

Задолго до введения ЕГЭ под руководством О.Ф.Кабардина были организованы регулярные тестовые измерения уровня знаний учащихся по физике и ряду других учебных предметов с целью получения объективных критериев для сравнения качества различных учебников.

Его заслуги отмечены знаками «Отличник народного просвещения РСФСР», «Отличник просвещения СССР», медалью К.Д.Ушинского, медалью «За трудовую доблесть».

Редакция журнала «Физика в школе» попросила Олега Федоровича ответить на ряд вопросов по проблемам физического образования в России.

Олег Федорович! Учителя физики знают Вас как ведущего автора учебно-методического комплекта учебников физики для классов с углубленным изучением физики. В последнее время в кругу Ваших интересов на первом месте оказалось создание школьных учебников физики нового поколения для учащихся основной школы. Каким, по Вашему мнению, должен быть учебник физики для основной школы?

Мне представляется одним из перспективных направлений разработки учебника физики нового поколения на основе личностно ориентированного подхода к процессу обучения. Принципом личностно ориентированного обучения я называю такой подход к процессу обучения, при котором

объем содержания обучения по каждому предмету и уровень его сложности в значительной мере должен определять для себя учащийся в соответствии со своими интересами и способностями. При таком подходе процесс обучения в школе сможет в какой-то мере приблизиться к выполнению требования постулата, выдвинутого Кантом еще в XIX в.: человек является самоцелью и ни при каких условиях не должен рассматриваться как средство для какой бы то ни было иной цели.

Для реализации принципа личностно ориентированного обучения физике на практике нужен учебник нового типа. Первое его существенное отличие от традиционных учебников заключается в том, что в нем должен быть четко выделен учебный материал для обязательного изучения все-

ми школьниками и объем этого материала примерно в два раза меньше, чем в традиционных учебниках. Например, в таком учебнике физики VII класса для обязательного изучения предлагается не более 35 параграфов вместо 64 в традиционном учебнике.

Вторая особенность лично ориентированного учебника связана с новой формой предъявления учебного материала учащимся. Обязательный материал по каждой теме должен представляться на одном развороте учебника, на двух страницах. Тогда весь материал для изучения 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. Существующие учебники задачу определения объема учебного материала на урок в значительной мере перекладывают на учителя и порой ставят его в довольно трудное положение тем, что один параграф учебника имеет объем 1 страницу, а другой — 3 или 4 страницы.

Третья особенность учебника в том, что он должен быть **ориентирован на организацию систематической самостоятельной экспериментальной деятельности учащихся на уроках**. В традиционном учебнике физики VII класса даны описания 10 лабораторных работ, и эти описания помещены в конце учебника. Тем самым учебник как бы дает сигнал, что лабораторные работы не являются обязательной, необходимой частью при изучении каждой темы. Если у учителя останется свободное время и будет желание, можно выполнить и лабораторные работы.

В лично ориентированном учебнике фиксированного формата вместо 10 лабораторных работ можно предложить 24, каждая из которых является органичной частью какого-то из уроков и помещена на соответствующем развороте для обязательного изучения.

Четвертая особенность учебника заключается в том, что **кроме обязательного материала каждый параграф учебника должен содержать второй разворот**, где на двух страницах дается дополнительный

материал, изучаемый учащимися по желанию. Этот материал может изучаться в классе или дома.

Дополнительные материалы могут содержать сведения из истории научных открытий, примеры применений изученных физических явлений в технике и в повседневной жизни, задачи повышенной трудности, экспериментальные задания.

Как же изменяются цели изучения физики в основной школе при лично ориентированном подходе к процессу обучения?

Обучение физики в основной школе имеет целью знакомство с физическими явлениями и методами научного познания природы, формирование на основе этого знакомства представлений о физической картине мира. Процесс обучения физике должен быть ориентирован на развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей школьников, формирование умений самостоятельного приобретения новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами.

В практике работы школы задачи развития познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей учащихся обычно отодвигаются на второй план, а на первом плане оказывается задача овладения «суммой знаний». Однако овладение «суммой знаний» невозможно без развития умственных способностей, а любая «сумма знаний», признанная сегодня необходимой каждому, завтра будет признана неполной или в значительной части бесполезной. Актуальной задачей современной российской школы является перенос основного внимания с процесса «передачи знаний» на развитие интеллектуальных и творческих способностей школьников, формирование умений самостоятельного приобретения новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами учащихся.

Каковы же необходимые условия достижения этих 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 развития обучаемого. Если предлагаемые сегодня проблемы учащихся 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

развития 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. Как коня можно силой привести к реке, но нельзя заставить напиться, так и ученика можно заставить сидеть на уроке физики, но невозможно принудительно чему-то научить и развить его способности. Конь пьет воду тогда, когда хочет пить, ученик учится, когда хочет учиться. Для достижения успехов 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 небольшой. В этом возрасте большинство учащихся еще не задумываются всерьез о «далеком будущем» после окончания школы. Практически единственное действенное средство мотивации учения в этом возрасте — возбуждение интереса к изучаемому предмету. Общей закономерностью человеческой психики является непроизвольное внимание ко всему новому, ранее невиданному, неизвестному, яркому, эффективному. Физика как учебный предмет обладает возможностью привлечения внимания учащихся почти на каждом уроке демонстрацией нового, неизвестного им природного явления, физического эффекта. Нужно использовать это преимущество на каждом уроке.

Долго ли может удерживаться внимание учащихся к изучаемой теме, возбужденное на уроке наблюдением нового явления и обсуждением возможных его объяснений?

Непроизвольное внимание, возбужденное эффективным опытом, затухает через 5–10 минут. Главным 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, нужно стараться передать учащимся на самостоятельное выполнение.

Использование деятельностного подхода к про-

цессу обучения при поверхностном взгляде может показаться простым делом. Вместо долгих объяснений учитель предлагает учащимся прочитать самостоятельно очередную 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. Но 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.

Эффективным средством повышения уровня мотивации к познавательной и творческой деятельности может служить использование метода проблемного обучения. 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 это те же самые ученики, которые не хотели приложить минимальных усилий для запоминания двух предложений определения физической величины и единицы ее измерения, вдруг захотят выполнять самостоятельное экспериментальное исследование зависимости этой величины от другой величины?

Нужно осознать, что школьники не выучивают и не запоминают что-то из предлагаемого учителем не назло ему, а просто потому, что им это не интересно. Главная причина скуки и апатии учащихся на уроках — это не лень, а безделье. Бульшую 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 школьниками очередную учебную проблему не в виде привычного задания, «урока», 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 придумываемые проблемы не сравнимы 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.

Какие еще мотивы могут побуждать учащихся к изучению физики?

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 может быть лишь ее имитация. Поэтому обучение должно быть успешным, победным.

Как можно сделать победным для всех проблемное обучение с постановкой задач, выходящих за край достигнутого уровня развития?

Для успешного обучения нужно не только ставить перед школьниками трудные проблемы, но и незаметно помогать им найти «самостоятельно» решение этих проблем. Успех на каждом уроке является стимулом к дальнейшему обучению. **Обучение должно быть трудным, но обязательно победным для всех школьников.**

Принцип обязательной успешности процесса обучения для всех школьников 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, требующий владения школьным курсом физики. Если учитель физики в основной школе будет руководствоваться принципом победного обучения, то увеличится число его учеников, выбирающих такие профили дальнейшего обучения.

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 практически общепринят в современной практике работы школы. Он вполне 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, сравниваем качества 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 — государственным контролем.

В чем же 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 должна сформировать человека по заданным параметрам, а субъект, равный любому другому человеку.

Если ученик — цель, то школа, учителя, 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. Неудача 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.

Можно ли принять принцип личностно ориентированного обучения 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 впервые 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 первым 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 принять позицию о соотношении целей и средств в процессе школьного обучения, согласно которой цель — это максимальное развитие индивидуальных способностей учащихся, а школа, учебные предметы, учителя — 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 — развития познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей школьников, формирования умений самостоятельного приобретения новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами. Этот свод материалов должен быть заново рассмотрен и проанализирован с позиций пригодности его элементов для использования в организации процесса обучения на основе проблемного метода и деятельностного подхода к организации процесса обучения.

В результате должно произойти существенное сокращение объема учебного материала, обязательного для изучения. 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. Для развития способностей учащихся необходимо время для занятий по интересам, нужны интеллектуальные проблемы и организация самостоятельной поисковой деятельности учащихся.

Особо необходимо подчеркнуть, что тезис 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 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.

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ

УКРОТИТЕЛЬ СВЕТА

Выдающийся отечественный ученый, участник Великой Отечественной войны, лауреат Нобелевской и Государственной премий, один из основоположников квантовой радиофизики, выполнивший ряд исследований, оказавших огромное влияние на многие направления техники, Николай Геннадьевич Басов родился 14 декабря 1922 г. в Усмани (тогда — Тамбовская обл.).

Его отец был специалистом в области мелиорации и гидрологии (позже стал профессором Воронежского лесотехнического института). Вспоминая об отце, Н.Г.Басов писал: «Пожалуй, ему я обязан всем. Умел он без нажима и палки повернуть туда, куда нужно. Сам не знаю, как это ему удавалось. Классиков заставил полюбить. От мишуры избавил...» [1, с. 41].

У Николая Басова рано проявилась любовь к технике, он занимался конструированием на детской технической станции. В 1938 г. он сделал передвижную ветроэлектростанцию. Ее экспонировали на ВСХВ. За этот экспонат его наградили грамотой и путевкой на Кавказ.

В 1941 г. Н.Г.Басов после окончания школы был призван в армию и направлен на учебу в Военно-медицинскую академию. Днем учился, а ночью разгружал поезда с ранеными. Через год его перевели в Киевское военно-медицинское училище, после окончания которого в 1943 г. лейтенант медицинской службы Басов был направлен на фронт в батальон химзащиты.

Н.Г.Басов вспоминал: «Случай у меня такой был. Значит, копают землю солдаты. Работа тяжелая, и у одного солдатика случился аппендицит. Его надо резать, я ведь всего один раз видел, как профессор удалял аппендикс, я ему чуть-чуть ассистировал, подавал разные инструменты. Я поставил четырех солдат, которые держали простыни сверху — с наката землянки сыпались грязь и



песок. Дал полстакана спирта вместо наркоза и сделал операцию! Кстати, этот паренек жив до сих пор» [4, с. 278].

«В вещевом мешке, рядом с коробкой тех самых медицинских инструментов, лежал Эйнштейн. «Четыре лекции по теории относительности». Физика шагала рядом с ним по дорогам войны. Но время физики еще не настало» [1, с. 47].

В конце войны Н.Басову пришлось демонтировать секретный подземный завод в Польше, где «научные эксперименты» проводились над людьми. Он вместе с солдатами разбирали оборудование этого завода. Однако вскоре он почувствовал, «что стал слабеть. Не мог ходить. Ослабло зрение. На койку положили совершенно ослепшим. Не видел девять долгих дней. Весь организм был разрушен. 5 процентов гемоглобина оставалось» [1, с. 46]. Но он не долго был в госпитале — сбежал на фронт.

В конце 1945 г. Н.Басов был демобилизован. Вскоре он поступил на инженерно-физический факультет Московского механического института, где готовили специалистов по радиолокационной технике для создания совершенных ускорителей заряженных частиц.

Н.Басов учился в институте и работал в ФИАНе (сначала лаборантом, потом техником-инженером лаборатории колебаний), под руководством М.А.Леонтовича и А.М.Прохорова в 1949 г. сделал дипломную работу на тему «Работа циклотрона на режиме кратного резонанса». После окончания в 1950 г. института Н.Г. Басов стал работать ассистентом на кафедре теоретической физики в инженерно-физическом институте.

В 1959—1963 г. Николай Геннадьевич Басов заведовал сектором молекулярных генераторов, а с 1963 г. — и лабораторией квантовой радиофизики. С 1958 г. он был заместителем директора по научной части, а с 1973 г. — директором ФИАНа.

Под руководством А.М.Проخورова он начал разработку нового научного направления — молекулярной спектроскопии. При исследовании спектров поглощения молекул представляется возможность расшифровать их строение и свойства. Исследователи пытались использовать молекулы для генерации радиоволн. Исходили они из того, что если молекула может поглощать радиоволны, то она может их и излучать. Если бы удалось реализовать эту идею, был бы создан стабильно работающий радиогенератор.

А.М.Проخورов и Н.Г.Басов задались целью заставить молекулу, поглощающую радиоволны, стать молекулярным генератором. Эта идея была высказана впервые в мае 1952 г. на Общесоюзной конференции по радиоспектроскопии. Первые результаты исследований Н.Г.Басова и А.М.Проخورова были опубликованы в октябре 1954 г. в 27-м томе «Журнала экспериментальной и теоретической физики». В небольшой статье шла речь об удивительном открытии — создании мазера, молекулярного генератора. (Хотя первое сообщение о создании ими квантового генератора на пучке молекул аммиака, работающего в радиодиапазоне на волне 1,25 м, было сделано еще в 1952 г.) Н.Басов и А.Проخورов внесли большой вклад в развитие квантовых оптических генераторов.

В 1956 г. Н.Г.Басов с успехом защитил докторскую диссертацию на тему «Молекулярный генератор».

Академик В.А.Гинзбург об этом исследовании сказал: «...для Н.Г.Басова, по-видимому, характерно стремление осмысливать физическую картину явлений по возможности до эксперимента, что позволяло ему идти, как правило, кратчайшим путем к цели. В то время как группа американских физиков натолкнулась, насколько я знаю, на идею молекулярного генератора случайно — при изучении работы другого прибора. Н.Г.Басов раньше всего выдвинул саму идею прибора». В отзыве А.М.Проخورова читаем: «Возможность создания молекулярного генератора была впервые указана Н.Г.Басовым в 1952 году... Как теоретическая, так и экспериментальная части работы, каждая в отдельности, представляют большую ценность, и любая из этих частей могла быть представлена докторской диссертацией». Академик Г.С.Ландсберг на защите диссертации говорил: «Я не сомневаюсь... в том, что это прибор, дающий очень высокую стабильность частоты, и сам метод проверки стабильности... является безупречным» [2, с. 4].

Н.Г.Басов своими идеями предвосхитил создание лазеров и тем самым определил, что научно-технический прогресс возможен лишь с освоением наиболее качественных форм энергии. Он ясно понимал те возможности, которыми располагают его открытия, и четко определил те направления, по которым могут и должны развиваться лазерная техника и квантовая электроника.

С 1958 г. в ФИАНе под руководством Басова создаются различные типы лазеров и лазерных систем: лазеры с тепловым возбуждением, химические лазеры, газодинамические лазеры, электроионизационные газовые лазеры с комбинированным возбуждением, многолучевые лазерные системы («Кальмар», «Дельфин»).

Многолучевые лазерные комплексы — это установочные лазеры, воплотившие все основные качества лазера для термоядерного синтеза.

В 1958 г. Басов предложил использовать в квантовых генераторах и усилителях полупроводники. Вскоре была опубликована работа Н.Басова, Б.Була и Ю.Помова, в которой были изложены проблемы, касающиеся создания полупроводниковых лазеров.

В конце 1960 г. в ФИАНе под руководством Н.Басова был создан газовый лазер, а потом (в 1962–1963 гг.) и полупроводниковый лазер, на арсениде галлия.

В 1961 г. Н.Г.Басов и О.Н.Крохин высказали идею управляемого термоядерного синтеза с помощью лазерного луча. Вскоре на этой основе возникло новое направление в физике и технике управляемого лазерного термоядерного синтеза (ЛТС).

Н.Г.Басов стал родоначальником лазерного направления в управляемом термоядерном синтезе. Он руководил созданием лазерной электронно-лучевой трубки, что открыло путь проекционно-телевидению. Большое внимание он уделял и вопросам информационной проблемы — оптоэлектронике, т.е. хранению, передаче и обработке информации.

Бывший медик, он прекрасно понимал, что удивительное качество лазерного излучения должно проявляться при взаимодействии с биологическими объектами. По его инициативе первые работы по применению лазера в медицине были посвящены проблеме «Влияние лазерного излучения на свертываемость плазмы крови человека». Лазер стал широко применяться в медицине.

В 1983 г. в Париже, выступая на Конференции нобелевских лауреатов, посвященной проблеме влияния научно-технического прогресса на условия жизни человека и роли ученых мира в борьбе за мир, Н.Г.Басов сказал: «Давно уже не секрет, что сделанное во благо человеку, ради утоления его вечной жажды познания можно обратить ему же во зло... Поэтому долг ученого, каждого человека, кому дорога мирная жизнь на Земле, призвать, пока не поздно, к разуму, апеллировать к высшим духовным началам, составляющим, как мы верим, основную ценность человеческой сущности. Только таким способом можно отстоять мир. И тогда человек никогда не остановится на достигнутом...» [2, с. 14].

Для Басова отдыхом служило чтение, за время отпуска он обычно прочитывал несколько десятков книг. Он говорил: «Из каждой прочитанной книги стараюсь извлечь прежде всего философское, рациональное, полезное для жизни и понимания жизни» [2, с. 12]. Его интересовали вопросы психологии творчества, вопросы воздействия искусства на человека.

Много внимания и сил отдавал он воспитанию молодежи. Фиановская молодежь — это был предмет особой заботы Н.Басова. Он создал научную школу, насчитывающую многих исследователей в области квантовой электроники и физики твердого тела.

С 1978 г. Н.Г.Басов был председателем правления Всероссийского общества «Знание». Он был инициатором и руководителем созданной на базе ФИАНа и МИФИ Высшей школы физиков, где готовили молодых физиков для работы на предприятиях.

Активно участвовал Н.Г.Басов в общественно-политической жизни страны, был членом Всемирного Совета Мира, председателем Правления общества «Знание», вице-президентом Всемирной федерации научных работников, главным редактором журналов «Природа» и «Квантовая электроника».

За открытие нового принципа генерации и усиления электромагнитного излучения на основе квантовых систем в 1959 г. ему и А.М.Прохорову была присуждена Ленинская премия, а в 1964 г. эти ученые получили Нобелевскую премию за фундаментальные исследования в области квантовой электроники, приведшей к созданию мазеров и лазеров.

В 1962 г. Н.Г.Басов был избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1966 г. — академиком, а в 1967 г. — членом президиума АН СССР.

Н.Г.Басов был дважды Героем Социалистического Труда (1969 и 1982 гг.), был награжден пятью орденами Ленина, Золотой медалью им. М.В.Ломоносова, чехословацкой золотой медалью «За заслуги перед наукой и человечеством», Золотой медалью им. А.Вольты, болгарским орденом Кирилла и Мефодия I степени и другими иностранными наградами.

Н.Г.Басов был иностранным членом академии наук Германии, Болгарии, Польши, Чехословакии, шведской Королевской Академии инженерных наук, заслуженным членом Американского оптического общества, почетным членом физического общества Болгарии, почетным доктором Военно-Технической академии Польши, Йенского университета, Пражского политехнического института, университета города Павия Италии... Он был членом 22 зарубежных академий и научных обществ.

Умер Н.Г.Басов 1 июля 2002 г.

Литература

1. Аникеев В. Возьми Эверест. — Воронеж: Центральное-Черноземное кн. изд., 1967.
2. Афанасьев Ю. Честь и слава по труду. Сборник. — М.: Политиздат, 1987.
3. Белецкая В. Изменять, что изменить еще возможно// Огонек. — 1990. — № 35.
4. Лусский С. 100 великих нобелевских лауреатов. — М.: Вече, 2003.

Ю.А.Королев
(г. Тамбов)

КРАТКИЙ ОБЗОР НЕКОТОРЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВЕТЕ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНОЙ ШКОЛЫ

Н.В.Кошелева
(г. Москва, ГОУ СОШ № 252)

Все течет, все изменяется: изменяется мир вокруг нас, изменяется наша жизнь, изменяются потребности общества и меняется взгляд на современное образование, а как следствие, меняется школа.

В поиске направлений совершенствования массового образовательного учреждения значительная роль принадлежит идее построения **адаптивной школы**, учитывающей возможности всех учащихся, ориентированной на удовлетворение их разнообразных познавательных потребностей и интересов, обеспечивающей условия их жизненного самоопределения и самореализации.

Цель адаптивной школы состоит в создании образовательной среды, способствующей тому, чтобы каждый ученик мог реализовать себя как субъект собственной жизни, деятельности и общения.

Создание адаптивной школы связано с решением следующей задачи — расширение практики применения развивающих адаптивных образовательных технологий, которые помогут каждому учителю идти в ногу со временем.

Прежде чем начать внедрять новые образовательные технологии в образовательный процесс, в школе должна быть проведена большая подготовительная работа.

Все начинается с изучения ученика. В зависимости от психосоциотипа человек по-разному воспринимает информацию, мыслит и принимает решения. Именно поэтому ученики отдают предпочтения разным стилям обучения и общения. Отсюда вытекает необходимость знать психосоциотип каждого ученика и учитывать его особенности в процессе преподавания. В этом учителю должен помочь психолог школы.

Движущая сила деятельности — мотив, поэтому их тоже необходимо изучать и знать. Это следующ-

ий этап на пути внедрения инновационных образовательных технологий. Для создания мотивационной сферы можно предлагать учебные задания в игровой форме, включать ученика в познавательные игры и соревнования. Создать условия для появления внутренних потребностей к учению. Раскрыть ценность знаний и самостоятельности. Обеспечить условия для творческой самореализации индивида. Предлагать систему творческих заданий.

Далее необходимо спланировать всю деятельность и разработать комплексно-целевую программу, в которой отразить основные направления деятельности педагогического коллектива по данной проблеме.

В педагогической деятельности учителя физики могут найти применение такие технологии, как: разноуровневого и модульного обучения, коллективных способов обучения, метод учебного проекта.

Естественно, начинать надо с одной технологии. Рассмотрим подробнее особенности разноуровневого обучения — это основополагающая педагогическая технология, которая является основой других инновационных технологий.

Цель разноуровневого обучения — обеспечить усвоение учебного материала каждым учеником в зоне его ближайшего развития на основе его субъективного опыта.

Учителю предписывается осуществлять следующие ведущие действия:

- мотивацию и стимулирование познавательной деятельности учащихся;
- организацию самостоятельной работы школьников на различных уровнях (все, что дети могут усвоить самостоятельно или с дозированной помощью, должно быть отдано им);

• сведение фронтальных и общеклассных форм работы к необходимому минимуму.

Применяя технологию разноуровневого обучения, создаются условия, при которых каждый ученик работает на своем уровне, в зоне своего ближайшего развития. Задания составляются таким образом, чтобы он с ними обязательно справился, что помогает каждому ученику совершенствоваться и развивать свои индивидуальные особенности.

Учитель должен внимательно следить за развитием ученика, чтобы вовремя перевести его на следующий уровень, в зону его актуального развития.

Разноуровневое обучение предоставляет шанс каждому ученику организовать свое обучение таким образом, чтобы максимально использовать свои возможности, прежде всего учебные.

В структуре уровневой дифференциации по обучению выделяют **три уровня**.

1 уровень (базовый) предполагает воспроизведение и запоминание содержания изученного материала. Ученик этого уровня должен уметь показывать, называть, распознавать, узнавать, давать определения, пересказывать.

2 уровень (программный) включает организацию практических действий: применение знаний в знакомой ситуации и по образцу, выполнение действий с четко обозначенными правилами, применение знаний на основе алгоритма, схемы. Ученик должен уметь объяснять, составлять что-то по определенной схеме, соотносить, характеризовать, сравнивать, соблюдать правила (например при измерении) и т.п.

3 уровень (продвинутый) предлагает применение знаний в незнакомой ситуации. Ученик должен уметь составлять устный и письменный ответы на проблемный вопрос, высказывать суждения, выделять существенные признаки, анализировать информацию, приводить собственные примеры и давать обоснование своей оценки и т.п.

Ученик сам выбирает уровень, на котором он будет работать. Здесь учителю нужно особо смотивировать ученика, чтобы он реально оценил свои возможности, не завысил и не занизил их. С этим легко справляется учитель, регулярно применяющий эту технологию.

При разработке уроков с применением любых инновационных педагогических технологий вначале целесообразно составить технологическую таблицу по данному разделу курса.

Начинать надо с фрагментарного использова-

ния технологии на отдельных этапах урока, постепенно увеличивая объем самостоятельно-познавательной деятельности учеников. Ученики должны привыкнуть к особенностям технологии: научиться осмысленно выполнять предложенные действия, работать во времени, контролировать свои действия.

А учителю необходимо овладеть методикой составления разноуровневых заданий.

Есть определенные **требования к составлению разноуровневых заданий**.

Во-первых, задания должны быть направлены на совершение какого-либо действия, выполнение которого учитель мог бы проконтролировать (подчеркни, обведи, впиши, допиши...).

Во-вторых, в карточках с разноуровневыми заданиями должны быть предугаданы возможные затруднения ученика и должна быть предоставлена помощь по их преодолению (в форме подсказок, разъяснений, ссылок на литературу...).

В-третьих, в карточке обязательно должна быть предусмотрена самопроверка в явной или скрытой (зашифрованной) форме.

В-четвертых, задания должны соответствовать уровню сложности. Карточка 1 уровня — это карточка-самоучитель.

Отметим **достоинства урока** с применением технологии разноуровневого обучения:

- каждый ученик добывает знания самостоятельно, работая на своем уровне усвоения знаний, в зоне своего ближайшего развития; знания, добытые самостоятельно, более глубоко усваиваются учеником;

- растет мотивация ученика и, следовательно, интерес к предмету;

- ни один ученик на уроке не получит «2» (если задания составлены правильно, то справиться с ними должен каждый ученик, если ученики не справляются с самостоятельным выполнением заданий, то, значит, задания были составлены неправильно);

- присутствие рефлексии (самопроверки) на каждом этапе урока;

- рост познавательной активности, стремление ученика перейти на более высокий уровень;

- рост знаний и умений учащихся;

- рост профессиональной компетенции учителя;

- пересмотр педагогической концепции учителя;

- и как следствие, ученик и учитель получают удовольствие от образовательного процесса.

Следующая технология, которую можно начать изучать, — это **технология модульного обучения**, которая преобразует образовательный процесс так, что учащийся самостоятельно (полностью или частично) обучается по целевой индивидуальной программе.

Сердцевина модульного обучения — учебный модуль, включающий: законченный блок информации, целевую программу действий учащегося; рекомендации (советы) преподавателя по ее успешной реализации.

Модульная технология обеспечивает индивидуализацию обучения: по содержанию обучения, по темпу усвоения, по уровню самостоятельности, по методам и способам учения, по способам контроля и самоконтроля.

Цель модульного обучения — содействие развитию самостоятельности учащихся, их умению работать с учетом индивидуальных способов проработки учебного материала. В его основе лежат следующие **исходные научные идеи**.

1. Модульное обучение базируется на деятельностном принципе: только тогда учебное содержание осознанно усваивается, когда оно становится предметом активных действий обучающегося, причем не эпизодических, а системных. Поэтому, разрабатывая задания, преподаватель опирается на состав учения, ориентирует школьников на цель учебной деятельности, мотивирует ее принятие, определяет систему ученического самоконтроля и самооценки, обеспечивая, таким образом, самоуправляемый рефлексивный образовательный процесс.

2. Модульная технология строится на идеях развивающего обучения: если школьник выполняет задание с дозированной помощью преподавателя или одноклассников (подбадривание, указание ориентира и т.п.), он находится в зоне своего ближайшего развития. Такой подход способствует созреванию функций психики ребенка: то, что сегодня он делает с помощью других, завтра сможет сам, т.е. один цикл завершается, учащийся переходит в зону актуального развития, и виток раскручивается на новом уровне.

3. В модульном обучении это реализуется посредством дифференциации содержания и дозы помощи учащемуся, а также организации учебной деятельности в различных формах (индивидуальной, групповой, в парах при постоянном и сменном составе).

4. В основании модульной технологии находят-

ся и программированное обучение. Ему присущи: четкость и логичность действий, активность и самостоятельность обучающегося, индивидуализированный темп работы, регулярная сверка результатов (промежуточных и итоговых), самоконтроль и взаимоконтроль.

Интенсивный характер технологии требует оптимизации процесса обучения, т.е. достижения наилучшего результата с наименьшей затратой сил, времени и средств.

Последовательность действий преподавателя при составлении модуля.

При разработке модулей следует исходить из известных принципов:

- Частные дидактические цели учебных элементов в своей совокупности обеспечивают достижение интегрированной цели модуля; реализация интегрированных целей всех модулей в свою очередь приводит к комплексной дидактической цели модульной программы.

- Реализованная обратная связь — основа управляемости и контролируемости процесса усвоения знаний. При этом входной и выходной контроль более жесткий, осуществляется преподавателем, а текущий и промежуточный (на стыке учебных элементов) — мягкий, проходит в виде само- и взаимоконтроля учащихся.

- Учебный и дидактический материал излагается доступно, конкретно, выразительно, в диалоговой форме.

- При построении модуля соблюдается логика усвоения учащимися знаний: восприятие, осмысление, запоминание, применение, обобщение и систематизация.

- Структура модуля должна соответствовать логике учебного занятия того или иного типа.

- Система действий преподавателя и учащегося заключается в последовательности действий при составлении модульной программы.

Сначала действует преподаватель.

Первый шаг — определение интегрирующей цели модуля.

Второй шаг — разбиение на учебные элементы в соответствии с логикой того или иного типа учебного занятия.

Третий шаг — формулирование цели каждого учебного элемента.

Четвертый шаг — определение содержания каждого учебного элемента.

Пятый шаг — формулирование рекомендаций (советов) учащимся.

Опыт показал, что наиболее удобна следующая форма учебного элемента (УЭ):

№ УЭ	Учебный материал с указанием заданий	Советы преподавателя

Создание учебных модулей подчиняется системе общих требований к заданиям, к деятельности учащихся и преподавателя.

Требования к заданиям:

- осуществляют непрерывность внутрипредметных и межпредметных связей; дифференцированы по содержанию и уровню познавательной самостоятельности; ориентируют на поиск проблем и их решений; отражают механизм усвоения знаний; включают повторение изученного (составление таблиц, сравнительных характеристик, история т.п.); интегрируются целью модуля.

Требования к деятельности учащихся:

- проходит в зоне его ближайшего развития; ориентирована на самоуправление и взаимопомощь, формирует навыки общения; дает возможность рационально распределять время; реализует рефлексивные способности учащегося на каждом занятии.

Изменяется принципиально деятельность преподавателя. Его главная задача — разработать модульную программу, сами модули, а на занятии он мотивирует, организует, координирует, консультирует.

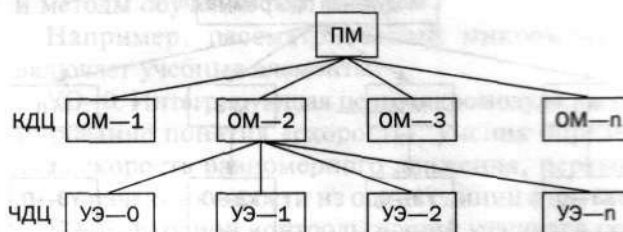
МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Несомненным достоинством модульной технологии обучения является ее сочетаемость с другими технологиями, позволяющая варьировать подходы к обучению — проблемный, активный, деятельностный, развивающий.

Кроме этого она характеризуется опережающим изучением теоретического материала укрупненными блоками модулями, проектированием учебной деятельности и представляющая собой совокупность средств, форм и методов обучения, с помощью и посредством которых достигается

рует, контролирует, т.е., используя потенциал модульного обучения, осуществляет рефлексивное управление обучением.

Схематически полученную модульную программу можно представить в следующем виде:



Принятые обозначения:

КДЦ — комплексно-дидактическая цель;

ПМ — предметный модуль;

ОМ — обучающий модуль (этап урока);

УЭ — учебный элемент (задания).

Применяя новые инновационные педагогические технологии на своих уроках, каждый учитель способствует созданию адаптивной образовательной среды в своей школе.

Примечание от редакции: для тех, кого заинтересовали данные идеи, следите за дальнейшими публикациями Н.В.Кошелевой, реализующей их в рамках городской научно-экспериментальной площадки под руководством профессора МПГУ Т.К.Чекмаревой (Москва).

Н.А.Шермадина

(Армавирский государственный педагогический университет)

конечная цель — формирование знаний и умений учащихся по теме, разделу, курсу физики.

Одним из основных компонентов данной технологии является **модульная программа**, которая составляется учителем и представляет собой программу деятельности учащегося по изучению определенной темы в виде блоков-модулей. Структура модульной программы представлена на схеме 1 (M1, M2, M_n — это блоки-модули, УЭ-0, ..., УЭ-n — учебные элементы модуля). Всей модульной программой реализуется комплексная дидак-

тическая цель, которая объединяет интегрирующие дидактические цели.

Схема 1.

Структура модульной программы



Как правило, модуль необходимо открывать блок-схемой, в которой отражено его содержание и которая позволяет представить изучаемое целостно, с логическими связями. Далее следуют основные учебные элементы, в которых осуществляется входной контроль знаний (позволяющий актуализировать знания, необходимые для изучения нового), алгоритмы действий ученика (не во всех учебных элементах) и проверочные задания для контроля и коррекции усвоения знаний.

Кроме основных учебных элементов, модуль имеет 2–3 дополнительных. **Первый** дополнительный учебный элемент обозначается УЭ-0 и предназначен для раскрытия интегрирующей дидактической цели модуля.

Вторым дополнительным элементом модуля является учебный элемент «Резюме», он идет сразу за последним элементом основного содержания модуля и содержит конспект-схему, представляющую в компактной и удобной для усвоения форме весь теоретический материал модуля.

Третий дополнительный элемент, следующий за «Резюме», предназначен для выходного контроля усвоения учебного материала и представляет собой контрольную работу, тестовые задания или вопросы для устного контроля знаний. Входной, промежуточный и выходной контроль реализуют принцип обратной связи в модуле.

Вторым компонентом модульной технологии является **модульный урок** как элемент модульной программы (это не означает, что все уроки при работе по этой программе должны быть модульными, обычно в качестве таковых выступают уроки обобщения и систематизации знаний или уроки, основанные на ранее изученном материале, на изучении явлений, связанных с жизнью).

При составлении плана модульного урока учитель может придерживаться следующей последовательности:

1. Формулировка темы урока.
2. Определение и формулировка цели урока через конечные результаты обучения.
3. Мотивация изучения материала.
4. Разбиение учебного материала на отдельные логически завершённые учебные элементы и определение цели изучения каждого из них.
5. Подбор необходимого дополнительного материала по физике.
6. Определение способов учебной деятельности учащихся.
7. Выбор форм и средств обучения и контроля.
8. Составление информационной карты модуля.
9. Составление модуля данного урока.

Внутри каждого модульного урока материал структурируется в виде системы учебных элементов, которые взаимозаменяемы и подвижны. Примерами учебных элементов могут быть: входной контроль знаний по усвоению нового материала, перевод величин, творческие задания, решение задач и т.п.

Структура модуля позволяет учащимся работать в индивидуальном темпе, возвращаться к отдельным вопросам, которые усвоены хуже. Вариативность и гибкость модульной технологии обеспечиваются наличием резервных учебных элементов, которые могут быть предложены успешно занимающимся школьникам.

Так как изучение физики в VII классе только начинается, переход на полное модульное обучение на этом этапе мы считаем нецелесообразным. Сначала необходимо в традиционный урок вводить микромодули, затем — переходить к модульным урокам (2 академических часа), модулям-блокам (системам уроков с «домашними уроками» с большой долей самостоятельной работы — в IX классе), то есть переход на самостоятельное обучение совершать постепенно. Это позволит учащимся адаптироваться к новой технологии обучения.

Микромодуль — это модуль, состоящий из 2–3 основных учебных элементов и направлен на усвоение отдельных элементов знаний. Он занимает только часть традиционного урока.

Наиболее эффективно начинать внедрение модульного обучения при обобщении и закреплении изученного материала, выполнении лабораторных работ, при изучении новых понятий или явлений, связанных с жизнью.

Вначале при переходе к модулям-урокам темп движения по усвоению материала определяется учеником вместе с учителем, затем — самостоятельно.

На первом этапе модульного обучения важной задачей является организация совместной учебной деятельности учащихся. Целесообразно использовать взаимопроверку выполнения заданий, работу в динамических парах, бригадное выполнение лабораторных работ; творческие задания, проблемные ситуации и т.п.

Применение различных способов контроля (самоконтроля, взаимоконтроля) поможет ученикам объективно оценивать свои знания и умения.

При построении модулей-уроков необходимо учитывать специфику предмета, т.е. при изучении физики переход полностью на самообучение невозможен, так как демонстрационный и лабораторный эксперимент является неотъемлемым компонентом обучения физике (физика — наука экспериментальная, и многие знания ученик получает из опытов и наблюдений), а у учащихся VII класса умения самостоятельной работы (в том числе исследовательской) еще не сформированы. Кроме того, нужен выход из модуля для обучения учащихся решению задач.

В качестве примеров рассмотрим микромодуль «Скорость равномерного движения» и модульный урок «Сила трения» (VII класс).

Микромодуль «Скорость равномерного движения» состоит из трех основных учебных элементов и двух дополнительных. Учебная информация в

модуле передается с помощью информационной карты, в которой представлен основной и дополнительный материал, имеются теоретические и практические задания, даются рекомендации по усвоению материала, а также предлагаются формы и методы обучения (см. табл.).

Например, рассматриваемый микромодуль включает учебные элементы:

УЭ—0. Интегрирующая *цель* микромодуля: формирование понятия «скорость», умения определять скорость равномерного движения, переводить значения скорости из одних единиц в другие.

УЭ—1. Входной контроль знаний учащихся после изучения теоретического материала темы «Скорость равномерного движения».

УЭ—2. Перевод единиц скорости.

УЭ—3. Сравнение скоростей.

УЭ—4. Выходной контроль.

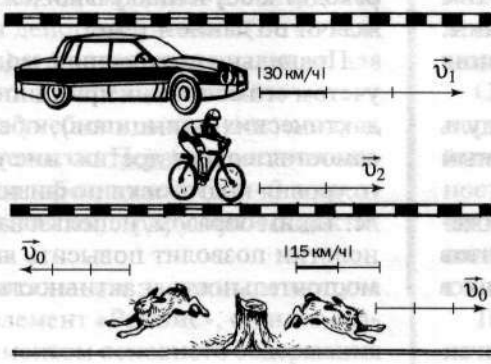
К работе с этим микромодулем (с УЭ—1) учащиеся приступают сразу после объяснения учителем нового материала. А по окончании — учитель переходит к обучению учащихся решать физические задачи по данной теме.

Правильно построенное модульное обучение (с учетом его основных принципов, а также общедидактических принципов), обеспечит осознанное самостоятельное достижение учащимися высокого уровня подготовки по физике в основной школе. Таким образом, использование модульной технологии позволит повысить качество знаний, самостоятельность и активность учащихся.

Таблица

Информационная карта микромодуля «Скорость равномерного движения»

№ УЭ	Учебный материал с указанием заданий	Учебник (стр.), рабочая тетр. (стр., № задан.)	Рекомендации к выполнению заданий
	<p>Изученный материал</p> <p><i>Скорость тела при равномерном движении показывает, какой путь проходит тело в единицу времени.</i></p> <p><i>Скорость — это физическая величина. Ее обозначают буквой v.</i></p> <p><i>Скорость — величина векторная (v), так как, кроме значения, имеет направление, которое совпадает с направлением движения тела.</i></p> <p><i>Чтобы определить скорость равномерно движущегося тела, нужно разделить путь, пройденный телом, на время, в течение которого этот путь пройден.</i></p> <p><i>Скорость можно определить по формуле: $v = s/t$</i></p> <p><i>Основной единицей измерения скорости является метр в секунду (1 м/с).</i></p> <p><i>Возможны и другие: сантиметр в секунду (1 см/с), километр в час (1 км/ч).</i></p> <p><i>Скорость измеряется специальным прибором — спидометром</i></p>		

УЭ-0	Интегрирующая цель: формирование понятия «скорость», умение определять скорость равномерного движения, переводить единицы скорости		Внимательно прочитайте цели урока								
УЭ-1	Входной контроль <ul style="list-style-type: none"> Запишите формулу для вычисления скорости равномерного движения и укажите, какие величины обозначены использованными буквами. Заполните таблицу. <table border="1" data-bbox="267 372 950 655"> <thead> <tr> <th>Физическая величина</th> <th>Скорость</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Условное обозначение</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Единицы измерения: основная единица другие единицы</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Как измерить скорость (способ измерения)?</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Физическая величина	Скорость	Условное обозначение		Единицы измерения: основная единица другие единицы		Как измерить скорость (способ измерения)?		Рабочая тетрадь: стр. 22, № 44. Рабочая тетрадь стр. 22, № 45	Индивидуальная работа Ответьте на вопросы и запишите ответы в рабочую тетрадь
Физическая величина	Скорость										
Условное обозначение											
Единицы измерения: основная единица другие единицы											
Как измерить скорость (способ измерения)?											
УЭ-2	Перевод единиц скорости: $5,4 \text{ км/ч} = \text{_____ м/с}$; $18 \text{ км/ч} = \text{_____ см/с}$; $45 \text{ м/мин} = \text{_____ км/ч}$; $10 \text{ м/с} = \text{_____ км/ч}$	Рабочая тетрадь стр. 74–75, № 173, 174, 172	Выполните предложенные задания самостоятельно и дайте на проверку товарищу по парте								
УЭ-3	 <p>Сравнение скоростей</p> <ol style="list-style-type: none"> Первая птица пролетает за 1 мин 60 м, а вторая — 30 км за 1 ч. У какой из птиц скорость больше? В каком направлении и с какой скоростью разбегаются зайцы относительно пенька? На сколько километров легковой автомобиль обгонит велосипедиста за 1 час? 	Рабочая тетрадь стр. 23 № 48, 49, 50	Ученик выполняет работу индивидуально, заносит ответы в рабочую тетрадь и дает на проверку товарищу по парте								
УЭ-4	Рефлексия <ul style="list-style-type: none"> В каких учебных элементах ты сделал(а) ошибки? Над чем тебе еще надо поработать? Как ты собираешься решить вышеуказанные проблемы? а) разберусь сам(а); б) попрошу помощи учителя; в) попрошу помощи у знающего ученика; г) попрошу помощи у родителей; д) найду другой способ 										
УЭ-5	Выходной контроль <ul style="list-style-type: none"> Что показывает скорость при равномерном движении? По какой формуле можно рассчитать скорость равномерно движущегося тела? Каковы единицы скорости? Каким прибором измеряют скорость? Почему скорость — векторная величина? 		Фронтальный опрос								

ние экспериментального задания — 35 минут, на решение задач с развернутым ответом — по 15 минут.

Ниже приводится демонстрационный вариант

экзаменационной работы 2008 г., который отражает структуру работы, уровень сложности отдельных заданий и требования к оцениванию различных частей работы.

Экзаменационная работа для проведения государственной итоговой аттестации выпускников IX классов общеобразовательных учреждений 2008 г. (по новой форме) по ФИЗИКЕ

Демонстрационный вариант 2008 г.

Пояснение к демонстрационному варианту

При ознакомлении с Демонстрационным вариантом 2008 г. следует иметь в виду, что приведенные в нем задания не отражают всех вопросов содержания, которое будет проверяться на государственной (итоговой) аттестации выпускников IX классов по новой форме в 2008 г. Полный перечень вопросов, контролируемых на итоговой аттестации в IX классе в 2008 г., приведен в кодификаторе, помещенном на сайте www.fipi.ru.

Назначение демонстрационного варианта состоит в том, чтобы дать возможность любому выпускнику, сдающему экзамен, и широкой общественности составить представление о структуре вариантов экзаменационной работы по числу, разнообразию форм, уровней сложности заданий. Приведенные критерии оценки выполнения заданий с развернутым ответом (части 3), включенные в демонстрационный вариант, позволят составить представление о требованиях к полноте и правильности записи развернутого ответа.

Эти сведения позволят выпускникам выработать стратегию подготовки к сдаче выпускного экзамена в соответствии с целями, которые ставятся перед ними.

Инструкция по выполнению работы

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 2,5 часа (150 минут). Работа состоит из 3 частей и включает 26 заданий.

Часть 1 содержит 18 заданий (A1–A18). К каждому заданию приводится 4 варианта ответа, из которых только один верный. При выполнении задания части 1 обведите кружком номер выбранного ответа в экзаменационной работе. Если вы обвели не тот номер, то зачеркните этот обведенный номер крестом, а затем обведите номер правильного ответа.

Часть 2 включает 4 задания с кратким ответом (B1–B4). Для заданий части 2 ответ записывается в экзаменационной работе в отведенном для этого месте. В случае записи неверного ответа зачеркните его и запишите рядом новый.

Часть 3 содержит 4 задания (C1–C4), на которые следует дать развернутый ответ. Ответы на задания части 3 записываются на отдельном подписанном листе со штампом образовательного учреждения. Задание C1 экспериментальное, и для его выполнения необходимо воспользоваться лабораторным оборудованием.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. С целью экономии времени пропускайте задание, которое не удастся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у вас останется время, то можно вернуться к пропущенным заданиям.

За каждый правильный ответ в зависимости от сложности задания дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за все выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать как можно большее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
мега	М	10^6	санти	с	10^{-2}
кило	к	10^3	милли	м	10^{-3}
гекто	г	10^2	микро	мк	10^{-6}

Константы

ускорение свободного падения на Земле ----- $g = 10 \text{ м/с}^2$
 гравитационная постоянная ----- $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
 скорость света в вакууме ----- $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
 элементарный электрический заряд ----- $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Плотность

бензин -----	710 кг/м ³	древесина (сосна) -----	400 кг/м ³
спирт -----	800 кг/м ³	парафин -----	900 кг/м ³
масло машинное -----	900 кг/м ³	алюминий -----	2700 кг/м ³
вода -----	1000 кг/м ³	сталь -----	7800 кг/м ³
молоко цельное -----	1030 кг/м ³	медь -----	8900 кг/м ³
вода морская -----	1030 кг/м ³	мрамор -----	2700 кг/м ³
ртуть -----	13600 кг/м ³		

Удельная

теплоемкость воды -----	4200 Дж/(кг · °С)
теплоемкость спирта -----	2400 Дж/(кг · °С)
теплоемкость железа -----	640 Дж/(кг · °С)
теплоемкость меди -----	380 Дж/(кг · °С)
теплоемкость свинца -----	130 Дж/(кг · °С)
теплота парообразования воды -----	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления свинца -----	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления льда -----	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$
теплота сгорания спирта -----	$2,9 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$

Удельное электрическое сопротивление, Ом · мм²/м (при 20°С)

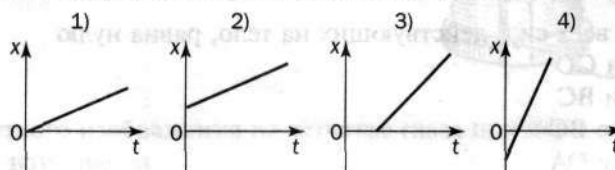
алюминий -----	0,028	нихром (сплав) -----	1,1
железо -----	0,10	серебро -----	0,016
медь -----	0,017	фехраль -----	1,2

Нормальные условия давление 10^5 Па , температура 0°C

Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа (это задания А1–А20) обведите кружком номер правильно-го ответа в экзаменационной работе.

А1 На рисунках представлены графики зависимости координаты от времени для четырех прямо-линейно движущихся тел. Какое из тел движется с наибольшей скоростью?



A2 Известно, что масса Луны примерно в 81 раз меньше массы Земли. Сила, с которой Земля притягивает Луну, равна примерно $2 \cdot 10^{20}$ Н. Сила, с которой Луна притягивает Землю, будет

- 1) равна $2 \cdot 10^{20}$ Н
- 2) равна $81 \cdot 10^{20}$ Н
- 3) меньше в 9 раз
- 4) меньше в 81 раз

A3 Тело свободно падает на Землю. Как изменяются в процессе падения импульс тела и его потенциальная энергия?

- 1) импульс тела и потенциальная энергия уменьшаются
- 2) импульс тела уменьшается, потенциальная энергия увеличивается
- 3) импульс тела увеличивается, потенциальная энергия уменьшается
- 4) импульс тела не изменяется, потенциальная энергия уменьшается

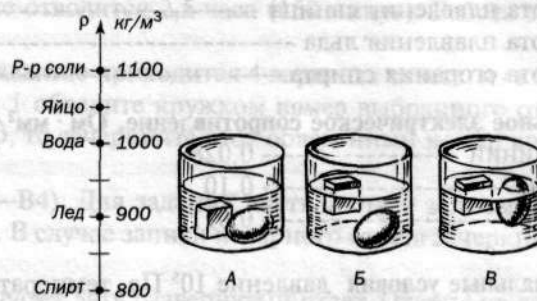
A4 Тело движется по окружности по часовой стрелке. Какой из изображенных векторов совпадает по направлению с вектором скорости в точке А?

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

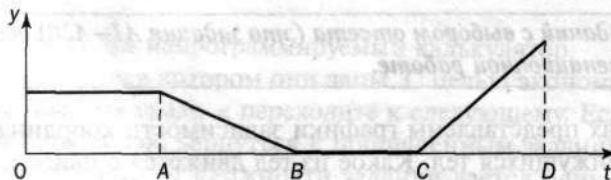


A5 Ученик опускал кубик льда и яйцо поочередно в сосуды А, Б и В, в которых находились три жидкости: вода, спирт и раствор соли в воде. На диаграмме указаны плотности этих жидкостей, льда и яйца. В каких сосудах находятся спирт и вода?

- 1) в сосуде А — спирт, в сосуде Б — вода
- 2) в сосуде А — спирт, в сосуде В — вода
- 3) в сосуде В — спирт, в сосуде А — вода
- 4) в сосуде В — спирт, в сосуде Б — вода



A6 На рисунке представлен график зависимости модуля скорости тела от времени для прямолинейно движущегося тела.



Равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю

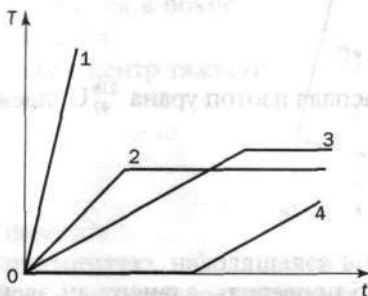
- 1) на участках АВ и CD
- 2) на участках ОА и ВС
- 3) только на участке ВС
- 4) только на участке ОА

A7 Удельная теплоемкость меди равна $380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Это означает, что

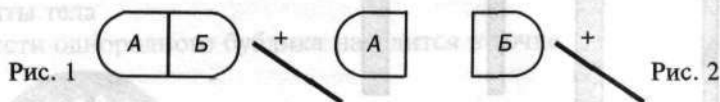
- 1) при температуре 0°C 1 кг меди выделяет 380 Дж энергии
- 2) при плавлении куска меди в 1 кг потребляется 380 Дж энергии
- 3) для нагревания 1 кг меди на 1°C необходимо 380 Дж энергии
- 4) для нагревания 1 кг меди на 380°C затрачивается 1 Дж энергии

A8 На одинаковых спиртовках нагревают одинаковые массы воды, спирта, льда и меди. Какой из графиков соответствует нагреванию воды?

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

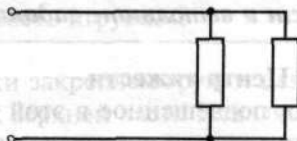


A9 К незаряженному проводнику АВ поднесли, не касаясь его, положительно заряженную стеклянную палочку (рис. 1). Затем, не убирая палочку, разделили проводник на две части (рис. 2). Какое утверждение о знаках зарядов частей А и В после разделения будет верным?



- 1) обе части будут иметь положительный заряд
- 2) обе части будут иметь отрицательный заряд
- 3) часть В будет иметь положительный заряд, часть А — отрицательный
- 4) часть В будет иметь отрицательный заряд, часть А — положительный

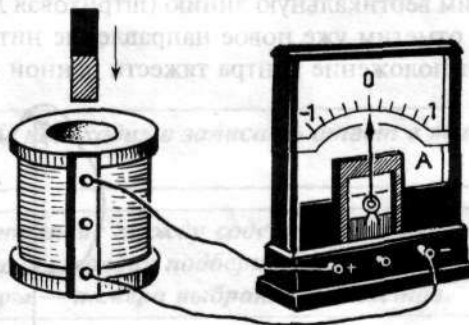
A10 Сопротивление каждого резистора на участке цепи, изображенном на рисунке, равно 3 Ом . Найдите общее сопротивление участка.



- 1) $\frac{2}{3} \text{ Ом}$ 2) $1,5 \text{ Ом}$ 3) 3 Ом 4) 6 Ом

A11 При внесении южного полюса магнита в катушку амперметр фиксирует возникновение индукционного тока. Что необходимо сделать, чтобы увеличить силу индукционного тока?

- 1) увеличить скорость внесения магнита
- 2) вносить в катушку магнит северным полюсом
- 3) изменить полярность подключения амперметра
- 4) взять амперметр с меньшей ценой деления



A12 Для получения четкого изображения на сетчатке глаза при переводе взгляда с удаленных предметов на близкие изменяется

- 1) диаметр зрачка
- 2) форма хрусталика
- 3) соотношение палочек и колбочек на сетчатке
- 4) глубина глазного яблока

A13 При ремонте электроплитки ее спираль укоротили в 2 раза. Как изменилась мощность электроплитки?

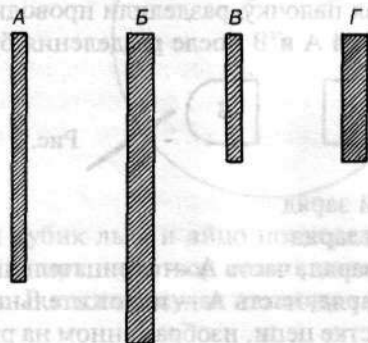
- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) увеличилась в 4 раза
- 3) уменьшилась в 2 раза
- 4) уменьшилась в 4 раза

A14 В результате радиоактивного распада изотоп урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ превращается в изотоп тория ${}_{90}^{234}\text{Th}$. При этом испускается ядро

- 1) изотопа водорода ${}^1_1\text{H}$
- 2) изотопа водорода ${}^2_1\text{H}$
- 3) изотопа гелия ${}^3_2\text{He}$
- 4) изотопа гелия ${}^4_2\text{He}$

A15 Необходимо экспериментально проверить, зависит ли электрическое сопротивление круглого угольного стержня от его диаметра. Какие стержни нужно использовать для такой проверки?

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



Прочитайте текст и выполните задания A16–A18.

Центр тяжести

У каждого тела есть центр тяжести. Тело, подвешенное в этой точке, остается в покое и сохраняет первоначальное положение. В физике центр тяжести определяется как точка, через которую проходит равнодействующая всех сил тяжести, действующих на отдельные элементы тела.

Чтобы определить центр тяжести плоской фигуры, надо подвесить ее поочередно в двух произвольных точках так, чтобы фигура могла раскачиваться, как маятник. С помощью отвеса из нити с грузом отметим вертикальную линию (штриховая линия на рисунке 1). Затем подвесим фигуру в другой точке и снова отметим уже новое направление нити отвеса. Точка пересечения вертикальных линий (точка О) укажет положение центра тяжести данной фигуры (см. рисунок 2).

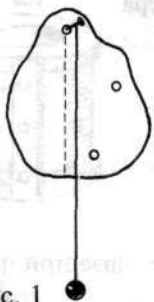


Рис. 1

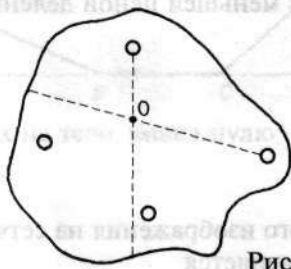


Рис. 2

Определение центра тяжести тел важно при решении конструкторских задач, при расчете устойчивости сооружений.

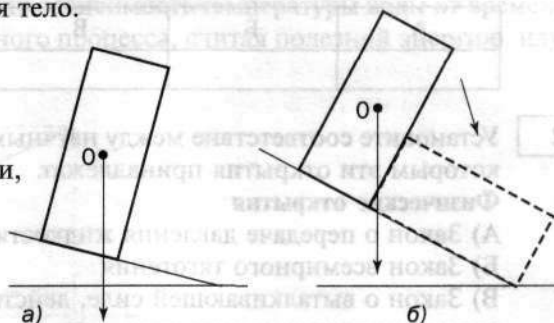
Леонардо да Винчи, размышляя об устойчивости Пизанской башни, пришел к следующему выводу: равновесие тела устойчиво (т.е. тело не опрокинется), если вертикаль, проведенная через центр тяжести, находится внутри площадки, на которую опирается тело.

Точка O — центр тяжести бруска.

В первом случае (а) брусок остается в покое,

а во втором (б) — опрокидывается.

Чем ближе к опоре расположен центр тяжести, тем сложнее опрокинуть тело.

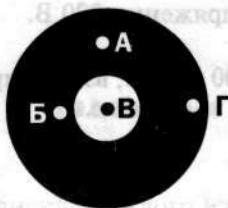


A16 Центром тяжести тела называется

- 1) область с наибольшей плотностью, находящаяся внутри тела
- 2) точка, при подвешивании в которой возникающие колебания тела постепенно затухают
- 3) точка, через которую проходит равнодействующая всех сил, под действием которых движется тело
- 4) точка, через которую проходит равнодействующая всех сил тяжести, действующих на отдельные элементы тела

A17 Центр тяжести однородного бублика находится в точке

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г



A18 Если игрушку Невалюшку (или Ваньку-встаньку) положить на бок, то она поднимется. Как можно объяснить устойчивость игрушки?

- 1) в верхней части игрушки закреплен груз, и центр тяжести максимально приближен к верхней части Невалюшки
- 2) в нижней части игрушки закреплен груз, и центр тяжести максимально приближен к нижней части Невалюшки
- 3) игрушка имеет неправильную форму
- 4) игрушка внутри полая и частично заполнена сухим песком



Часть 2

При выполнении заданий с кратким ответом (B1–B4) необходимо записать ответ в месте, указанном в тексте задания.

При выполнении заданий B1 и B2 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов. Для этого каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу внизу задания цифры — номера выбранных ответов.

B1 Установите соответствие между техническими устройствами и физическими явлениями, лежащими в основе принципа их действия.

Технические устройства

- А) ванна для электролиза
 Б) двигатель постоянного тока
 В) лампа накаливания

А	Б	В

Физические явления

- 1) взаимодействие постоянных магнитов
 2) действие магнитного поля на проводник с током
 3) явление электромагнитной индукции
 4) тепловое действие тока
 5) химическое действие тока

B2

Установите соответствие между научными открытиями в области механики и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

Физические открытия

- А) Закон о передаче давления жидкостями и газами
 Б) Закон всемирного тяготения
 В) Закон о выталкивающей силе, действующей на тело, погруженное в жидкость или газ

Имена ученых

- 1) Б.Паскаль
 2) Э.Торричелли
 3) Архимед
 4) Евклид
 5) И.Ньютон

Ответом к заданиям B3 и B4 будет некоторое число. Это число надо записать в отведенное место после слова «Ответ». Численный ответ должен быть выражен в тех единицах, которые указаны в скобках после слова «Ответ». Единицы физических величин писать не нужно.

B3

Сопrotивление нагревательного элемента электрического чайника 20 Ом. Определите мощность тока, проходящего через нагревательный элемент при напряжении 220 В.

Ответ: _____ (Вт)

B4

Какое количество теплоты потребуется, чтобы испарить 200 г воды, взятой при температуре кипения?

Ответ: _____ (кДж)

Часть 3

Для ответа на задания части 3 (C1–C4) используйте отдельный подписанный лист. Запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем ответ на соответствующее задание.

Задание C1 представляет собой экспериментальное задание, для выполнения которого необходимо использовать лабораторное оборудование.

C1

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, линейку и 2 груза массой по 100 г каждый, соберите экспериментальную установку для определения жесткости пружины. Определите жесткость пружины, подвесив к ней два груза.

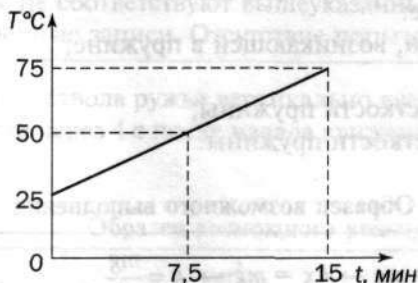
В бланке ответов запишите:

- 1) значение силы упругости, возникающей в пружине
 2) удлинение пружины, выразив его в метрах (м)
 3) формулу для расчета жесткости пружины
 4) численное значение жесткости пружины

Задания C2 и C3 представляют собой задачи, для которых необходимо записать полное решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. Полное правильное решение задач должно включать запись краткого условия задачи (Дано), запись формул, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчеты, приводящие к числовому ответу. При необходимости следует сделать рисунок, поясняющий решение.

C2 Пуля массой 50 г вылетает из ствола ружья вертикально вверх со скоростью 40 м/с. Чему равна потенциальная энергия пули через 4 с после начала движения? Сопротивлением воздуха пренебречь.

C3 Воду массой 900 г налили в стакан и стали нагревать на электрической плитке мощностью 300 Вт. При этом экспериментально исследовали зависимость температуры воды от времени нагревания (см. рисунок). Определите КПД данного процесса, считая полезной энергию, идущую на нагревание воды.



Задание C4 представляет собой вопрос, на который необходимо дать письменный ответ. Полный ответ должен включать не только ответ на вопрос, но и его развернутое, логически связанное обоснование.

C4 Дима рассматривает красные розы через зеленое стекло. Какого цвета будут казаться ему розы? Объясните наблюдаемое явление.

Ответы к заданиям демонстрационного варианта по физике

Часть 1

За верное выполнение каждого из заданий A1–A18 выставляется 1 балл.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A7	3	A13	1
A2	1	A8	3	A14	4
A3	3	A9	4	A15	4
A4	3	A10	2	A16	4
A5	1	A11	1	A17	3
A6	2	A12	2	A18	2

Часть 2

Задания B1 и B2 оцениваются в 2 балла, если верно указаны все три элемента ответа, в 1 балл, если правильно указаны один или два элемента, и в 0 баллов, если ответ не содержит элементов правильного ответа. Задания B3 и B4 оцениваются в 1 балл.

№ задания	Ответ
B1	524
B2	153
B3	2420
B4	460

Часть 3

Критерии оценки выполнения заданий с развернутым ответом

С1

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, линейку и 2 груза массой по 100 г каждый, соберите экспериментальную установку для определения жесткости пружины. Определите жесткость пружины, подвесив к ней два груза. Для измерения веса грузов воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов запишите:

- 1) значение силы упругости, возникающей в пружине;
- 2) удлинение пружины;
- 3) формулу для расчета жесткости пружины;
- 4) численное значение жесткости пружины.

Ответ:

Образец возможного выполнения

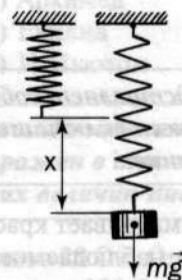
$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяж}}; F_{\text{упр}} = kx; F_{\text{тяж}} = mg \rightarrow kx = mg \rightarrow k = \frac{mg}{x}$$

$$m = 2100 \text{ г} = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$x = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$F_{\text{упр}} = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ (Н)}$$

$$k = \frac{0,2 \cdot 10}{0,05} = \frac{2}{0,05} = 40 \text{ (Н/м)}$$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) записанные законы или положения (определения), необходимые для определения искомой величины по доступным для измерения величинам; 2) выведенную формулу для расчета искомой величины; 3) правильно записанные значения прямых измерений и самостоятельно определенных величин (здесь: удлинения пружины и массы грузов); 4) полученное правильное численное значение искомой величины. 	4
<p>Приведены элементы правильного ответа 1–3, но — допущена(ы) ошибка(и) при переводе значения одной из самостоятельно определенных величин в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена(ы) ошибка(и) при вычислении значения искомой величины.</p>	3
<p>Приведены элементы правильного ответа 1–3, но допущены ошибки при переводе значения одной из самостоятельно определенных величин в СИ и при вычислении значения искомой величины.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, есть попытка вывода формулы для расчета искомой величины, но формула не получена и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, получен правильный ответ, но формула для расчета искомой величины представлена без обоснования или вывода.</p>	2
<p>Записано только правильное значение прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	

Представлена только правильно записанная формула для расчета искомой величины. ИЛИ Приведено только правильное значение не всех необходимых величин, определяемых самостоятельно, и записана формула для расчета искомой величины.	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания.	0

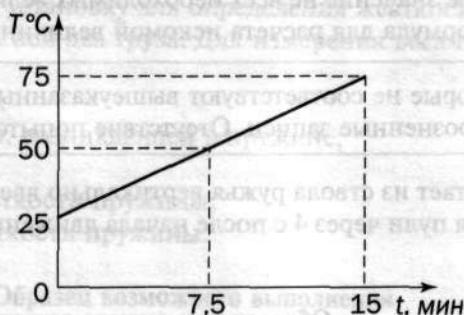
C2 Пуля массой 50 г вылетает из ствола ружья вертикально вверх со скоростью 40 м/с. Чему равна потенциальная энергия пули через 4 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.
 Ответ:

Образец возможного решения

Дано: $m = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$ $v_0 = 40 \text{ м/с}$ $t = 4 \text{ с}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$	$E_n = mgh \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ $h = 40 \cdot 4 - \frac{10 \cdot 16}{2} = 160 - 80 = 80 \text{ (м)}$ $E_n = 0,05 \cdot 10 \cdot 80 = 40 \text{ (Дж)}$
$E_n = ?$	Ответ: $E_n = 40 \text{ Дж}$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (<i>в данном решении — формула для расчета потенциальной энергии поднятого над землей тела, уравнение для перемещения при равноускоренном движении</i>); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
— Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ — Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ — Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2
— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ — Записаны все исходные формулы, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

- С3** Воду массой 900 г налили в стакан и стали нагревать на электрической плитке мощностью 300 Вт. При этом экспериментально исследовали зависимость температуры воды от времени нагревания (см. рисунок). Определите КПД данного процесса, считая полезной энергию, идущую на нагревание воды.



Ответ:

Образец возможного решения

<p>Дано: $m = 900 \text{ г} = 0,9 \text{ кг}$ $P = 300 \text{ Вт}$ $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$</p>	$\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{затраченное}}} \cdot 100\%$ $Q_{\text{полезное}} = cm\Delta T \quad Q_{\text{затраченное}} = P\Delta T$ $\eta = cm\Delta T / P\Delta T$ <p>если $\Delta t = 15 \text{ мин}$, то $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ $15 \text{ мин} = 900 \text{ с}$</p> $Q_{\text{полезное}} = 4200 \cdot 0,9 \cdot 50 = 189000 \text{ (Дж)}$ $Q_{\text{затраченное}} = 300 \cdot 900 = 270000 \text{ (Дж)}$ $\eta = \frac{189000}{270000} \cdot 100\% = 70\%$ <p>Ответ: $\eta = 70\%$</p>	
<p>Критерии оценки выполнения задания</p>		<p>Баллы</p>
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (<i>в данном решении — формулы для расчета КПД, количества теплоты при нагревании тела и выделяющейся при протекании электрического тока</i>); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>		<p>3</p>
<p>— Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>		<p>2</p>
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p>		<p>1</p>

— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ — Записаны все исходные формулы, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С4 Дима рассматривает красные розы через зеленое стекло. Какого цвета будут казаться ему розы? Объясните наблюдаемое явление.
 Ответ:

Образец возможного ответа

Розы будут казаться черными. Их цвет зависит от света, который попадает к Диме в глаза. Красные розы поглощают все цвета, кроме красного, а красный цвет отражают. Зеленое стекло, поглощает весь свет, кроме зеленого. Но зеленого цвета нет в свете, который отражают розы — они его поглотили. К Диме в глаза через зеленое стекло не попадет никакого света от красных роз — они покажутся черными.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Представлен правильный ответ и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
Представлен правильный ответ, но его обоснование некорректно или отсутствует. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован	1
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют.	0

Е.Е.Камзеева, Н.Е.Важеевская, Н.С.Пурешева, М.Ю.Демидова
 (Москва, Федеральный институт педагогических измерений)

ПРОДУКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Н.М.Павлуцкая
 (г. Улан-Удэ, Восточно-Сибирский ГТУ)

Л.В.Скокова
 (г. Улан-Удэ, Бурятский ГУ)

В школьном образовании знания, полученные самостоятельно, чаще всего, предполагают субъективную новизну и составляют основную сущность продуктивного подхода к обучению. Поэтому представляется возможным организация продуктивного подхода к обучению на основе ре-

шения экспериментальных задач. Под экспериментальными мы понимаем такие задачи, решение которых невозможно без постановки эксперимента.

Приведем пример темы «Интерференция света», где предложенные задачи позволяют учащим-

ся получить субъективно новые знания о том, что в результате интерференции света в тонких пленках цвет, в местах интерференционных максимумов, зависят от толщины пленки.

Задача 1. Нанесите на стекло с помощью ваты тонкий слой спирта. Пронаблюдайте за изменением цветов и выявите закономерность их изменения.

Задача 2. Выдуйте мыльный пузырь и выявите закономерность изменения цвета в верхней и нижней его частях с течением времени.

Задача 3. Натяните мыльную пленку на каркас, расположите его вертикально и наблюдайте закономерность изменения цветов сверху вниз с течением времени.

Задача 4. Капните каплю скипидара на поверхность воды и установите закономерность изменения цветов по мере растекания капли по поверхности воды.

Задача 5. Установите закономерность изменения цветов, образовавшихся в результате прокали-

вания бритвенных лезвий на пламени спиртовки в зависимости от длительности нагревания.

Учащимся предлагается работа в группах, каждая из которых решает одну из задач. После проделанной работы учащиеся внутри групп обмениваются мнениями, отвечая на вопрос: «Почему при изменении толщины пленки происходит изменение цвета в интерференционной картине?»

В конце занятия каждая группа публично отчитывается о проделанной работе по следующему плану.

- Цель работы.
- Используемое оборудование.
- Действия, предпринимаемые в работе.
- Результаты работы.
- Вывод на основе полученных результатов.

Несмотря на то что данный подход требует достаточно больших временных затрат, необходимо отметить, что знания, полученные учащимися при такой организации решения экспериментальных задач, являются более глубокими и прочными.

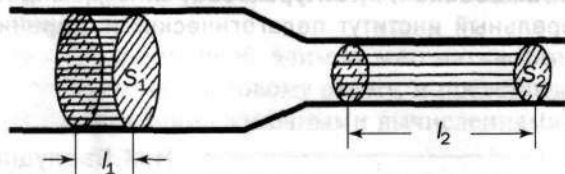
ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ ПО ТРУБАМ

М.А.Казакова

(КЧР, п. Эркин-Шахар)

В тексте учебника по теме «Движение жидкостей (и газов) по трубам» показывается зависимость давления жидкости, движущейся по трубам, от площади ее поперечного сечения. Зависимость же скорости течения жидкости (или газа) от площади поперечного сечения трубы не совсем убедительна.

Пусть сечение трубы в ее широкой части S_1 , а в узкой части — S_2 .



Через разные сечения трубы за равные промежутки времени перемещаются одинаковые объемы жидкости (или газа), поскольку жидкость (или газ) нигде не накапливается. Выделим эти равные объемы: $V_1 = V_2$, или $S_1 l_1 = S_2 l_2$.

Тогда имеет место равенство: $\frac{S_1 l_1}{t} = \frac{S_2 l_2}{t}$.

Преобразуя эту формулу, получим:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2, \text{ или } Sv = \text{const}$$

Для полноты картины движения жидкости (или

газа) напомним формулу, связывающую все рассмотренные физические величины: $\frac{\Delta V}{\Delta t} = Sv$.

Выделенный объем ΔV жидкости (или газа) пройдет по трубе сечением S со скоростью v за время Δt . (Как это ни удивительно, в учебнике пространственные рассуждения на эту тему с участием величин S , v и t не сопровождаются никакими формулами. Полученная в итоге величина не имеет в учебнике названия, что очень неудобно при рассмотрении материала. Можно назвать ее *расходом* жидкости (за время t) — бытовым термин, знакомый школьникам. — Прим. ред.) Заключительная формула является достаточной для решения всех вышеупомянутых задач. Приведем пример.

Задача. Камера шлюза имеет длину $l = 300$ м, ширину $d = 30$ м и высоту $h = 8$ м. Для наполнения камеры воду подают по двум галереям квадратного сечения со сторонами $a = 4,5$ м со средней скоростью $2,5$ м/с. За какое время камера заполнится водой?

Решение: $\frac{V}{t} = Sv$, где $V = ldh$, $S = 2a^2$
 $t = \frac{ldh}{2a^2 v} = 711 \text{ с} \approx 12 \text{ мин.}$

ФРОНТАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ПРОВЕРКЕ ЗАКОНА ОМА И УРАВНЕНИЙ КИРХГОФА ДЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.А.Сеин,
Ю.А.Тимошенко
(г. Москва, МИИТ)

Эффективная фронтальная лабораторная работа стимулирует познавательный интерес учащихся к физическим явлениям и может быть применена на факультативных занятиях, а также при обучении дистанционным методом. Задачей физического эксперимента являются установление и изучение связей между различными физическими величинами. Одновременно учащиеся осваивают методы прямого и косвенного измерений электрических величин и закрепляют навыки работы с мультиметром.

В качестве демонстрационного макета выбрана универсальная электрическая схема, составленная из пяти сопротивлений в форме буквы **H**, собранная на панели из диэлектрического материала и позволяющая провести лабораторную работу по проверке закона Ома и дополнительную работу для любознательных учащихся по усвоению правил Кирхгофа (рис. 1).

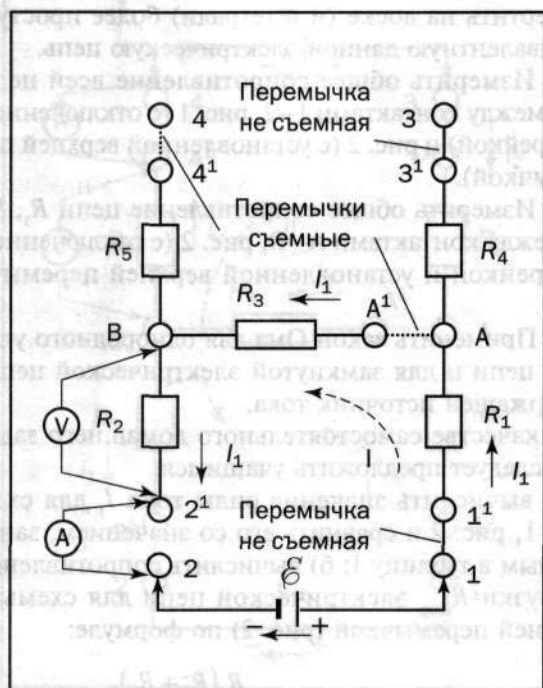


Рис. 1

Реализация участков электрической цепи на контактной макетной панели и применение перемычки из медного провода между соседними контактами позволяет избавиться от необходимости использования пайки во время монтажа демонстрационного макета и удобна для подключения измерительного прибора. Простота сборки позволяет оперативно изменять отдельные участки схемы. Кроме того, ввиду наличия достаточного количества свободных контактов, появляется возможность детального измерения электрических величин подключением мультиметра в различных звеньях собранной схемы — до и после подключения к схеме источников электрического тока.

При демонстрации используются два источника тока 9В — батарейки типа «Крона»; сопротивления типа МЛТ: $R_1 = 4700 \text{ Ом}$, $R_2 = 4700 \text{ Ом}$, $R_3 = 3000 \text{ Ом}$, $R_4 = 2200 \text{ Ом}$, $R_5 = 2200 \text{ Ом}$ (величины внешних сопротивлений выбраны с учетом



Рис. 2

увеличения длительности срока службы батарейки: $R_{\text{нагр}} > 10-15 R_{\text{вн}}$, внутреннее сопротивление батарейки $R_{\text{вн}} \sim 15 \text{ Ом}$; пять перемычек из гибкого медного провода в изоляции; мультиметр типа ДТ-832.

Набор сопротивлений для комплектования схемы рис. 1 может быть взят другим, в зависимости от имеющегося запаса сопротивлений у учителя.

Демонстрационные опыты Закон Ома

Тема: Постоянный электрический ток.

Литература: 1. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б.* Физика: Учебник для 11 кл. сред. шк. — М., 2001.

2. *Трофимова Т.И.* Справочник школьника по физике. 7–11 кл. — М., 2006.

3. *Никифоров Г.Г.* Погрешности измерений при выполнении лабораторных работ по физике. 7–11 кл. — М.: Дрофа, 2004.

Цель опыта: определение значений сопротивлений, напряжений и токов в звеньях разветвленной электрической цепи опытным путем и обоснование их с помощью теории постоянного тока.

Порядок выполнения опыта

1. Учащимся показывают прием прямого измерения сопротивлений R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 мультиметром по схеме рис. 1 (без подключения батарейки).

Для этого переключатель режимов мультиметра устанавливают в положение измерения сопротивлений — (Ω), потом кончиками проводов измерительного прибора касаются из пяти сопротивлений (измерительный прибор подключают параллельно сопротивлению).

Результаты измерений записываются на доске и в тетради учащихся в виде таблицы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

№ опыта	1	$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	$R_4 =$	$R_5 =$
	2 (рис. 1)	$U_{R1} =$ $I_1 =$	$U_{R2} =$	$U_{R3} =$		
3 (рис. 2)		$U_{R1} =$	$U_{R2} =$	$U_{R3} =$	$U_{R4} =$	$U_{R5} =$
		$I_1 =$	$I_2 =$	$I_3 =$		

2. Далее демонстрируется прием прямого измерения напряжений U_{R1}, U_{R2}, U_{R3} (напряжения на сопротивлениях R_1, R_2, R_3 соответственно) и прямого измерения силы тока I_1 , при подключенной батарейке по схеме рис. 1. Для этого мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения (DCV) подключают параллельно соответствующим

сопротивлениям R_1, R_2, R_3 при условии наличия всех перемычек схемы. Затем мультиметр в режиме измерения силы тока (DCA) подключают последовательно с сопротивлением R_2 и ЭДС \mathcal{E} в разрыв контактов 2–2 по схеме рис. 1. Результаты измерения также заносятся в таблицу 1.

3. Демонстрируется прием прямого измерения напряжений $U_{R1}, U_{R2}, U_{R3}, U_{R4}, U_{R5}$ (напряжения на сопротивлениях R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 соответственно) и прямого измерения силы токов I_1, I_2, I_3 по схеме рис. 2 (с установленной верхней перемычкой). С этой целью мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения (DCV) подключают параллельно соответствующим сопротивлениям R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 . Затем мультиметр в режиме измерения силы тока (DCA) подключают последовательно звеньям электрической цепи в разрыв контактов 2–2¹, 4–4¹ и А–А¹ по схеме рис. 2 (вместо соответствующих коротких перемычек). Результаты измерений записывают в таблицу 1.

Эти опыты могут быть полезны для дальнейшего решения задач по теме «Законы постоянного тока». Приведем схему решения задач с использованием результатов демонстрационных опытов.

1. Выделить на схеме интересующие нас участки цепи (контур I, рис. 1 и контур II, рис. 2).

2. Определить характер соединения сопротивлений в схеме (последовательное или параллельное). Начертить на доске (и в тетради) более простую эквивалентную данной электрическую цепь.

3. Измерить общее сопротивление всей цепи $R_{\text{нагр}}$ между контактами 1–2, рис. 1 (с отключенной батарейкой) и рис. 2 (с установленной верхней перемычкой).

4. Измерить общее сопротивление цепи R_3, R_4, R_5 между контактами А–В, рис. 2 (с отключенной батарейкой и установленной верхней перемычкой).

5. Применить закон Ома для однородного участка цепи и для замкнутой электрической цепи, содержащей источник тока.

В качестве самостоятельного домашнего задания следует предложить учащимся:

а) вычислить значение силы тока I_1 для схем рис. 1, рис. 2 и сравнить его со значением, занесенным в таблицу 1; б) вычислить сопротивление нагрузки $R_{\text{нагр}}$ электрической цепи для схемы с верхней перемычкой (рис. 2) по формуле:

$$R_{\text{нагр}} = R_1 + R_2 + \frac{R_3(R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5};$$

в) найти абсолютные и относительные погрешности измеренных значений.

Дополнительные лабораторные работы для любознательных

Экспериментальная проверка правил Кирхгофа

4. Измерить значения силы токов I_1, I_2, I_3 в цепях схемы рис. 3. Для этого мультиметр в режиме измерения силы тока (DCA) подключить последовательно в разрыв цепи между контактами 2—2¹, 4—4¹ и А—А¹, устраняя разрыв между соседними контактами с помощью коротких перемычек. Затем с помощью мультиметра измерить напряжения на участках цепи $U_{R1}, U_{R2}, U_{R3}, U_{R4}, U_{R5}$ (с присутствием всех коротких перемычек в цепи).

5. Измерить токи I_1, I_2, I_3 в цепях схемы и напряжения на участках цепи $U_{R1}, U_{R2}, U_{R3}, U_{R4}, U_{R5}$ (рис 4). Для этого повторить измерения, описанные в пункте 4.

Результаты измерений записать в таблицу 2.

6. Определить значения силы токов I_1, I_2, I_3 для двух вариантов подключения батареек с ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 в схемах рис. 3 и рис. 4 с помощью вычислений.

С этой целью предположительно обозначим на-

Таблица 2

№ опыта	4 (рис. 3)	$U_{R1} =$	$U_{R2} =$	$U_{R35} =$	$U_{R4} =$	$U_{R5} =$
		$I_1 =$	$I_2 =$	$I_3 =$		
5 (рис. 4)		$U_{R1} =$	$U_{R2} =$	$U_{R35} =$	$U_{R4} =$	$U_{R5} =$
		$I_1 =$	$I_2 =$	$I_3 =$		

правление токов в каждом сопротивлении и произвольно выберем направление обхода: для контура 1AB2 — против хода часовой стрелки, для контура 1342 — также против хода часовой стрелки. Действительное направление токов определяется при решении задачи: если искомый ток получится положительным, то его направление было выбрано правильно, если отрицательным — его истинное направление противоположно выбранному.

Для каждого контура I и II рис. 3 и 4 запишем уравнение по второму правилу Кирхгофа:

для контура 1AB2 рис. 3 и 4 имеем

$$\mathcal{E}_1 = I_3 R_3 + I_1 (R_1 + R_2) \quad (1),$$

для контура 1342 рис. 3 имеем

$$\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = I_2 (R_4 + R_5) - I_1 (R_1 + R_2) \quad (2),$$

для контура 1342 рис. 4 имеем

$$\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1 = I_2 (R_4 + R_5) + I_1 (R_1 + R_2) \quad (3).$$

Согласно первому правилу Кирхгофа для узла А (и узла В) имеем: $I_3 = I_1 + I_2$. (4).

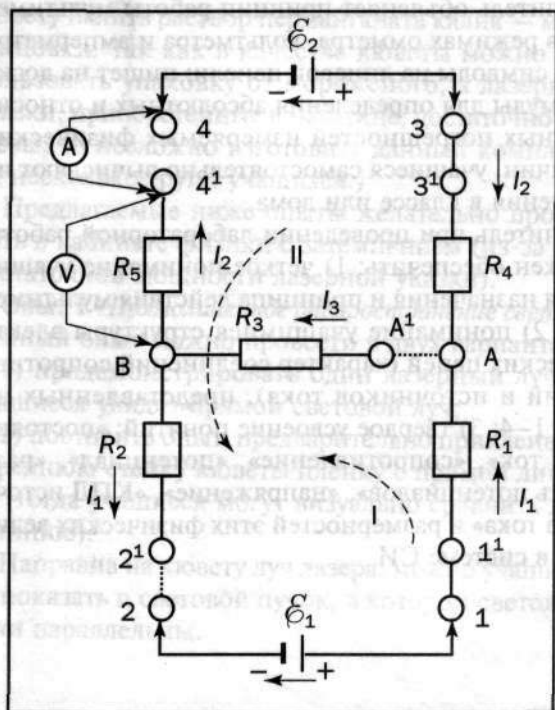


Рис. 1

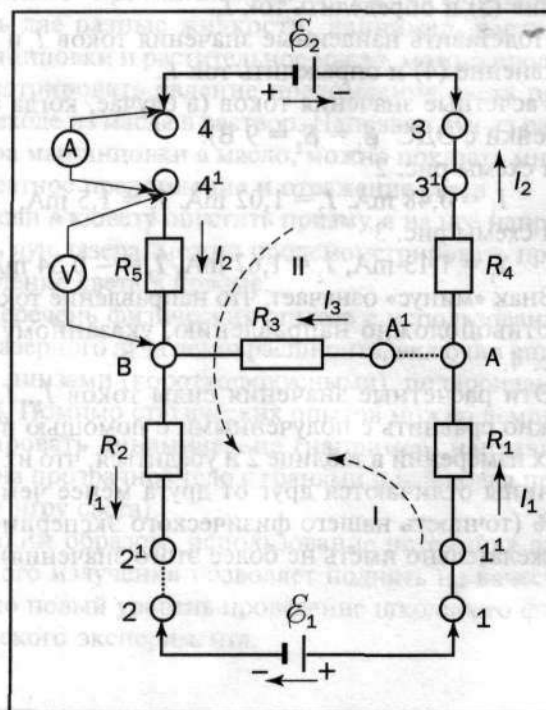


Рис. 2

Для схемы рис. 3 и 4, из уравнения (1) ток

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}_1 - I_1(R_1 + R_2)}{R_3} \quad (5).$$

Для схемы рис. 3, из уравнения (2) ток

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 + I_1(R_1 + R_2)}{(R_4 + R_5)} \quad (6).$$

Для схемы рис. 4, из уравнения (3) ток

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1 - I_1(R_1 + R_2)}{(R_4 + R_5)} \quad (7).$$

Ток I_1 определим из уравнения (4):

$$I_1 = I_3 - I_2; \\ I_1 = \frac{\mathcal{E}_1 - I_1(R_1 + R_2)}{R_3} - \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 + I_1(R_1 + R_2)}{(R_4 + R_5)} \quad (8).$$

Решаем систему уравнений методом подстановки, т.к. мы имеем три уравнения и три неизвестных величины. Окончательно выражение для тока I_1 имеет вид:

для схемы рис. 2

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_1(R_4 + R_5) - (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)R_3}{R_3(R_4 + R_5) + (R_1 + R_2)(R_4 + R_5) + R_3(R_1 + R_2)} \quad (9),$$

для схемы рис. 3

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_1(R_4 + R_5) + (\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1)R_3}{R_3(R_4 + R_5) + (R_1 + R_2)(R_4 + R_5) + R_3(R_1 + R_2)} \quad (2).$$

Подставить найденное значение тока I_1 в уравнение (5) и определить ток I_3 .

Подставить найденные значения токов I_1 и I_3 в уравнение (4) и определить ток I_2 .

Расчетные значения токов (в случае, когда батарейки с ЭДС $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 9$ В):

для схемы рис. 2

$$I_1 = 0,48 \text{ mA}, I_2 = 1,02 \text{ mA}, I_3 = 1,5 \text{ mA},$$

для схемы рис. 3

$$I_1 = 1,13 \text{ mA}, I_2 = 1,67 \text{ mA}, I_3 = -0,54 \text{ mA}.$$

Знак «минус» означает, что направление тока I_3 противоположно направлению, указанному на рис. 4.

Эти расчетные значения силы токов I_1 , I_2 , I_3 нужно сравнить с полученными с помощью прямых измерений в таблице 2 и убедиться, что их величины отличаются друг от друга менее чем на 10% (точность нашего физического эксперимента желательно иметь не более этого значения).

После проведения опытов можно предложить учащимся следующие вопросы:

1. В каком случае допустимо измерение ЭДС непосредственно вольтметром?
2. Можно ли считать закон Ома частным случаем уравнений Кирхгофа?
3. Чем отличаются прямые измерения от косвенных?
4. Как определяется приборная погрешность мультиметра?
5. От каких величин зависит КПД источника тока?

Методические рекомендации по проведению эксперимента

Для проведения фронтальной лабораторной работы учителем предварительно (совместно с двумя ассистентами из учащихся) собирается электрическая цепь (рис. 1), которая показывается учащимся класса для знакомства с ее устройством.

В начале проведения лабораторной работы учитель сообщает следующие сведения: тему лабораторной работы, цель работы, оборудование, литературу, затем к доске вызываются два ассистента. Всем учащимся раздаются листы бумаги с изображением четырех электрических схем (рис. 1–4) и двух незаполненных таблиц.

Учитель объясняет принцип работы мультиметра в режимах омметра, вольтметра и амперметра и их символы на лицевой панели; пишет на доске формулы для определения абсолютных и относительных погрешностей измеряемых физических величин, учащиеся самостоятельно вычисляют их значения в классе или дома.

Учитель при проведении лабораторной работы должен обеспечить: 1) четкое понимание учащимися назначения и принципа действия мультиметра; 2) понимание учащимися структуры электрических цепей (характер соединений сопротивлений и источников тока), представленных на рис. 1–4; 3) твердое усвоение понятий: «постоянный ток», «сопротивление», «потенциал», «разность потенциалов», «напряжение», «КПД источника тока» и размерностей этих физических величин в системе СИ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРА В ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

К.К.Ким
(Томская обл.,
Красноярская средняя школа)

При изучении оптических явлений можно успешно использовать лазерный луч. Это позволяет применить в эксперименте узкий, практически параллельный световой пучок. Кроме того, лазерный луч слабо рассеивается (поглощается) в средах, имеющих малую плотность. А за счет рассеяния в жидкости можно сделать лазерный луч «видимым».

Для проведения физических опытов в комплект оборудования можно включить следующее: источник лазерного излучения (в данном случае используются две спаренные обычные лазерные указки), кювета (задняя стенка которой заклеена черной бумагой), набор зеркал (плоское и с неровной поверхностью), набор прозрачных пленок (на которые нанесены вспомогательные линии (с изображением транспортной сетки), набор по оптике. (Примечание. Поскольку лазерная указка излучает свет в красном диапазоне, необходимо в кювету налить раствор перманганата калия — марганцовки. Так как в качестве кюветы можно использовать упаковку от мороженого, а лазерные указки, приобретенные в магазине, достаточно дешевы, то несложно изготовить данный комплект на несколько групп учащихся.)

Предлагаемые ниже опыты желательно проводить в кабинете физики с затемнением (из-за недостаточной мощности лазерной указки).

Опыт 1 «Прямолинейное распространение света». Данный опыт можно провести в двух вариантах:

1) продемонстрировать один лазерный луч, и учащиеся увидят прямой световой луч;

2) повторить опыт, предварительно приклеив на переднюю стенку кюветы пленку с прямой линией (тогда учащиеся могут визуально сравнить луч и линию).

Направив на кювету луч лазера, можно учащимся показать и световой пучок, в котором световые лучи параллельны.

Опыт 2 «Закон отражения света». На дно кюветы опускают плоское зеркало, а на переднюю стенку кюветы приклеивают пленку с изображением транспортной сетки. Лазерный луч направляют под некоторым углом на зеркало. Учащиеся могут непосредственно убедиться в справедливости закона отражения.

Опыт 3 «Виды отражения света». Опустив на дно кюветы сначала плоское зеркало, а затем зеркало с неровной поверхностью, можно показать зеркальное и рассеянное отражение света. При этом нужно направлять два параллельных луча.

Направив два параллельных луча на внутреннюю поверхность жидкости, легко убедиться в том, что она представляет собой зеркальную поверхность.

Опыт 4 «Преломление света». Если в кювету налить две разные жидкости, например, раствор марганцовки и растительное масло, можно продемонстрировать явление преломления света при переходе из масла в раствор. Направив луч из раствора марганцовки в масло, можно показать многократное преломление и отражение света.

Если в кювету опустить призму, а на нее направить луч лазера, можно продемонстрировать преломление света в призме.

Перечень физических опытов с использованием лазерного луча легко расширить, включив опыты с линзами (короткофокусными), поляроидами и т.д. Помимо статических опытов можно продемонстрировать динамические (например, направив луч на прозрачное тело с гранями и наблюдая при этом игру света).

Таким образом, использование источника лазерного излучения позволяет поднять на качественно новый уровень проведение школьного физического эксперимента.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА ИЛИ ВОДЫ

Г.С.Тутова

(Республика Саха,

Витимская средняя школа)

В сельских школах не всегда есть оборудование, которое позволяет проводить лабораторные работы по описанию в учебниках. Приходится искать варианты использования подручного материала. Хочу поделиться своим опытом проведения одной из лабораторных работ по оптике.

Для определения показателя преломления стекла применяю такое оборудование: стеклянную пластинку (составленную из вырезанных одинакового размера кусков оконного стекла, сложенных вместе и склеенных обычным прозрачным скотчем), лист бумаги, линейку и остро отточенный карандаш (или ручку).

Лабораторная работа проводится следующим образом.

На стол кладут лист бумаги и проводят на нем прямую линию EF (рис. 1). Затем на эту линию под углом к ней помещают стеклянную пластинку и остро отточенным карандашом обводят ее преломляющие грани (рис. 2).

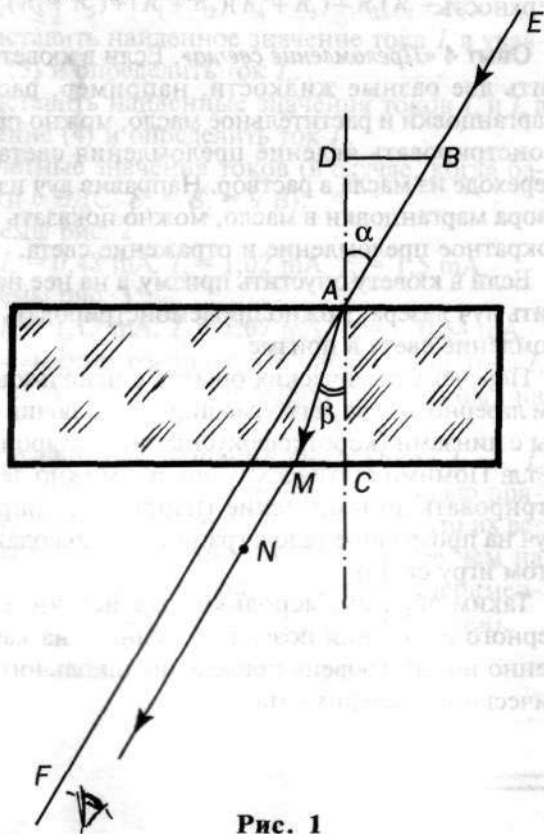


Рис. 1

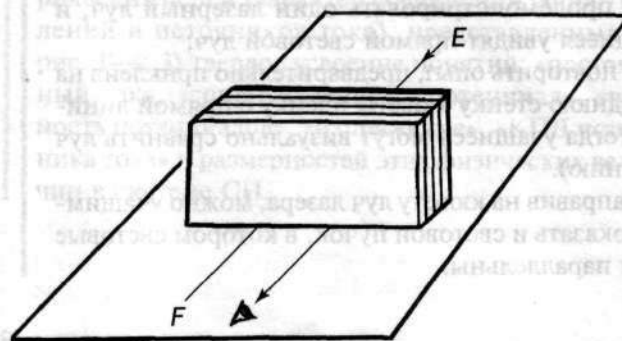


Рис. 2

Линия FF «входит» в грань пластины в точке A (EA — луч, входящий в стекло на грани «воздух — стекло»). Из-за преломления света наблюдается смещение линии EA через вторую грань «воздух — стекло».

Отметив на листе бумаги точкой N выход смещенного луча, убирают пластину и чертят линию MN , параллельную линии EF . Через точку A проводят перпендикуляр к преломляющим граням пластины и отмечают углы падения α и преломления β . Затем строят прямоугольные треугольники MAC и DAB , где $AM = AB$.

Показатель преломления n определяют по формуле

$$n = \sin\alpha / \sin\beta.$$

Поскольку в данном случае $\sin\alpha = DB/AB$, а $\sin\beta = MC/AM$, принимая во внимание, что $AB = AM$, окончательно получают:

$$n = DB/MC.$$

Измерив DB и MC , находят показатель преломления стекла n . (Расчет погрешностей в этой работе можно провести по описанию, данному в учебнике «Физика-11» авторов Г.Я.Мякишева и Б.Б.Буховцева.)

Если вместо стеклянной пластины использовать прозрачную ванночку с параллельными гранями, налив туда воду, то аналогичным образом можно определить показатель преломления воды.

Как свидетельствует опыт работы, значения показателей преломления, найденные таким путем, мало отличаются от табличных значений.

ЛАЗЕРНЫЕ УКАЗКИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ОПТИКЕ

И.А.Климовских
(г. Екатеринбург,
школа № 97)

Традиционные лабораторные работы и демонстрационные опыты по оптике предполагают затемнение учебного кабинета, что не всегда возможно и оправданно. Появившиеся в продаже недорогие лазеры-указки позволяют значительно расширить возможности педагога по демонстрациям и фронтальным лабораторным работам без затемнения кабинета.

В нашей школе вот уже несколько лет успешно применяются подобные приборы. Для этого силами учащихся кружка «Физика» были изготовлены модели простейших оптических элементов: плоские зеркала, полусферические линзы, собирающие и рассеивающие линзы, плоскопараллельные пластинки (трапециевидной формы) и другие. Также были приобретены лазеры.

Технология изготовления моделей достаточно проста и не требует особых навыков. При этом не используются вредные или опасные вещества. Из бесцветного прозрачного плексигласа толщиной от 6 до 15 мм вырезается лобзиком (в старших классах электролобзиком) профиль будущей модели. Затем модель доводится до необходимых размеров (шлифовальными шкурками с последовательно уменьшающимся зерном) и полируется на войлочном круге. Одна из плоскостей каждой модели матируется для того, чтобы луч лазера контрастно «прорисовывался» при прохождении внутри модели.

Кружковцами были разработаны лабораторные работы:

1. Изучение закона отражения света.
2. Изучение закона преломления света.
3. Изучение свойств линз.
4. Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки (см. приложение).
5. Изучение преломления света плоскопараллельной пластинкой.

Кроме того, были предложены следующие демонстрационные опыты и эксперименты:

1. Двумерная дифракционная картина.
2. Дифракция на щели переменной ширины.
3. Дифракция на нити (при затемнении).
4. Пятно Пуассона (рис. 1).
5. Пятно Эйри и другие.

Интерес учащихся при изучении вышеуказанных тем значительно активизируется. Ребята предлагают все новые опыты по составлению оптических конструкторов, изучению аберрации линз, интерференции и дифракции света.

Особый интерес проявляется к получению фотографических изображений с помощью фотокамер. Накоплен положительный опыт видеосъемок.

Результаты работ неоднократно представлялись на научно-практических конференциях в виде докладов и мультимедийных презентаций.



Рис. 1. Пятно Пуассона

Лабораторная работа

Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

Цель работы: определить длину световой волны, излучаемой лазером.

Приборы и материалы: штатив, планшет, лазер, дифракционная решетка, миллиметровая бумага.

I. Последовательность работы:

1. Укрепить лазер, дифракционную решетку и шаблон с миллиметровой бумагой в лапках штатива.

2. Включить лазер, направив луч через дифракционную решетку на миллиметровую бумагу.

3. Зарисовать положение центрального и боковых ярких максимумов (пятен) (рис. 2).

4. Измерить расстояние от центра главного максимума до центров первых боковых максимумов h_1 и h_2 , вычислить среднее h .

5. Измерить расстояние от дифракционной решетки до экрана (планшета) L .

6. Вычислить длину световой волны, излучаемой лазером, используя формулу дифракционной решетки.

7. Оценить погрешность измерения, результат представить в виде $\lambda = \lambda \pm \Delta\lambda$.

8. Измерить расстояние от центра главного максимума до центров вторых максимумов.

9. Повторить вычисления длины световой волны для вторых максимумов.

10. Оценить погрешность измерения, результат представить в виде $\lambda = \lambda \pm \Delta\lambda$.

II. Определить постоянную дифракционного зеркала (расстояние между дорожками компакт-диска), самостоятельно спланировав последовательность эксперимента.

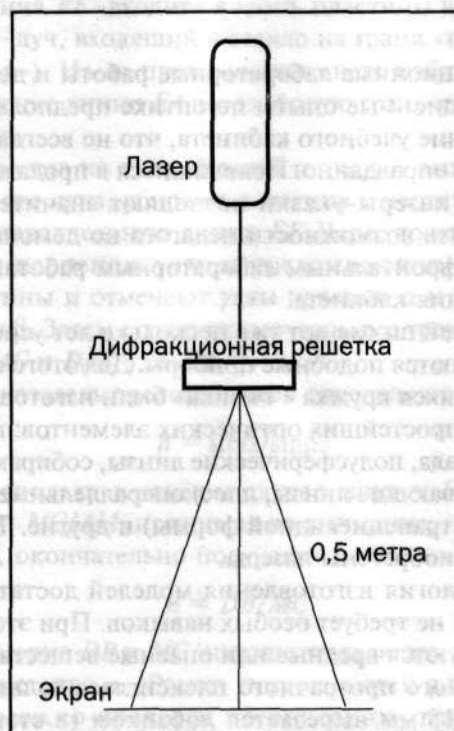


Рис. 2

III. Составить отчет о проделанной работе и сдать учителю.

СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Е.Д.Федянина

(Москва, школа № 187 ЮЗАО)

Новые модели фонаря Фарадея. Индукционный механический фонарь знаком нам с раннего детства — нажимаешь ручку как можно быстрее, и в темном лесу на тропинке образуется слабенькое желтоватое пятно света, в котором ничего не видно. Зато грохот от вращающегося маховика разда-

ется на весь лес. Фонарь довольно массивный, но ему не нужны элементы питания. В нем воплотилась мечта великого Фарадея — при вращении намагниченного круглого маховичка в двух крохотных медных катушечках возникает электрический ток и одноваттная лампочка едва светится,

подтверждая закон электромагнитной индукции. При остановке ручки свет сразу гаснет.

На сегодняшний день распространены два более современных вида фонарей Фарадея. Лампочки накаливания в них заменены маломощными, т.е. экономичными светодиодами белого света. В цепь с медными катушками добавлена микросхема, обеспечивающая подзарядку таблеток-аккумуляторов. Принципиальное различие в них только в кинематике движения магнита относительно катушек.

В одной модели корпус напоминает небольшую (иногда прозрачную) коробочку. Магнит-маховик вращается не сбоку, как раньше, а перпендикулярно торцам медных катушек. Работа ручки стала бесшумной и более легкой, вес уменьшился, а яркость заметно возросла. Свечение после механической подзарядки продолжается в несколько раз дольше времени подзарядки.

В другой модели с прозрачным трубчатым корпусом цилиндрический магнит совершает поступательные колебания внутри медной катушки. По инструкции фонарь надо трясти горизонтально около тридцати секунд, чтобы потом он светил три-четыре минуты. Есть три варианта фонаря — большой, средний и маленький. Но яркость маленького фонаря может превзойти яркость среднего и большого. Все дело в состоянии магнитных сердечников. Если сердечники подмагнитить в демонстрационной индукционной катушке, включенной в источник постоянного тока, например ВС-4-12, все фонари будут светить одинаково ярко.

Все три модели полезно демонстрировать на уроках физики для иллюстрации практического применения закона электромагнитной индукции Фарадея. Интересно подчеркнуть, что явление электромагнитной индукции возникает независимо от того, поступательно или вращательно движется магнит относительно катушек.

Кроме того, набор вышеописанных фонарей позволяет подчеркнуть преимущества светодиодов перед лампочками накаливания: экономичность, компактность, дешевизну, легкость, надежность полупроводниковых источников света.

Солнечные фонари. Уличный солнечный фонарь, который днем заряжается от солнечного света, а ночью слабенько светится в темноте, можно увидеть на многих дачных участках. Выстроенные в шеренгу, они указывают тропинку гостям, как взлетную полосу — самолетам. Кремниевые пластины соединены с микросхемой, которая позволя-

ет подзаряжать пальчиковые аккумуляторы и включать фонарь, как городское освещение, только при сумеречном свете. Такие фонари продаются на всех дачных развалах, ими пестрят рекламы супермаркетов, короче, их новинкой уже не назовешь. Когда показываешь его на уроке, некоторые ученики сразу говорят о том, что в Турции и других южных странах их уже давно используют для освещения улиц.

Но почти нигде не встретишь комнатный солнечный фонарь, который днем может подзарядиться на подоконнике, а ночью ярко освещать большое пространство благодаря наличию восьми светодиодов белого света. Он, как и все предыдущие, снабжен микросхемой для подзарядки аккумуляторов и кнопкой-выключателем. Солнечные батареи расположены на боковой поверхности фонаря. Их площадь примерно 20 см². Инструкция обещает при бережном обращении двадцать лет успешной эксплуатации.

Солевой фонарь. Самой последней новинкой среди фонарей является фонарь, черпающий энергию от металлических электродов, опущенных в соленую воду. Его выпускает Красногорский механический завод. К сожалению, фонарь до сих пор снабжен одной лампочкой накаливания, поэтому светит тускло. Но его полезно показать при прохождении темы «Электрический ток в электролитах. Законы электролиза Фарадея». При увеличении концентрации соли или температуры воды яркость свечения лампочки заметно возрастает. К фонарю можно дополнительно приобрести адаптер, позволяющий подзаряжать мобильный телефон, питать транзисторный радиоприемник. Он является идеальным источником электроэнергии для модели школьного демонстрационного звонка. Интересно также измерять напряжение на выходах как непосредственно фонаря, так и адаптера с помощью демонстрационного вольтметра.

«**Ручка агента 007**». Интересно также упомянуть ручку, заполненную так называемой жидкостью для штампов. При дневном свете записи, выполненные этой ручкой, не видны. Если стержень не продавливал бумагу, обывателю она покажется чистым листом. Однако торец ручки снабжен светодиодом, излучаемым голубые и ультрафиолетовые лучи, в которых легко читается невидимая ранее запись. Можно, конечно, приобрести жидкость для штампов и индикатор денег с аналогичным спектром для аналогичных экспериментов.

ПРИБОР СЕРЕЛИ

Представленный ниже прибор может быть использован для демонстрационных экспериментов и лабораторных работ по физике в общеобразовательных школах различного типа при изучении механического движения, оптики, гидро- и электростатики.

Совместно с прибором могут использоваться вспомогательные устройства, такие как капельница, стробоскоп, электронный секундомер.

Прибор для демонстрационных и лабораторных опытов по физике представляет собой закрепленную на стойке прозрачную трубку из эластичного материала, заполненную жидкостью, в которой находится пузырек воздуха. Трубка может использоваться как с закрытыми, так и с открытыми концами. Стойка имеет паз, ширина которого меньше диаметра трубки, предназначенный для фиксации трубки в прямом или в изогнутом положениях, и полку для установки бумажной полосы.

«Прибор Серели» позволяет проводить демонстрационные эксперименты и лабораторные работы, описанные ниже.

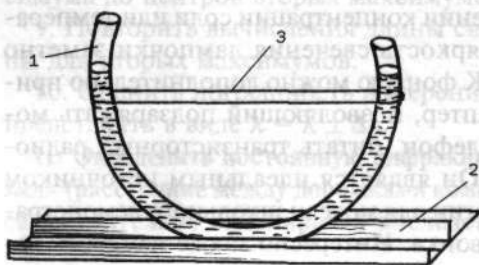


Рис. 1

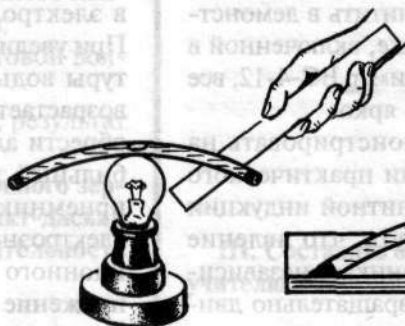


Рис. 2



Рис. 3

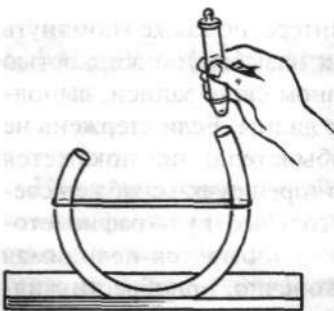


Рис. 4

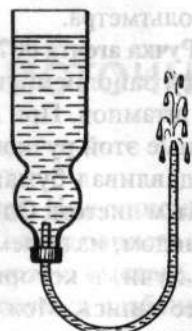


Рис. 5

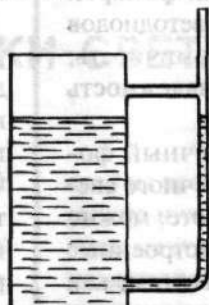


Рис. 6

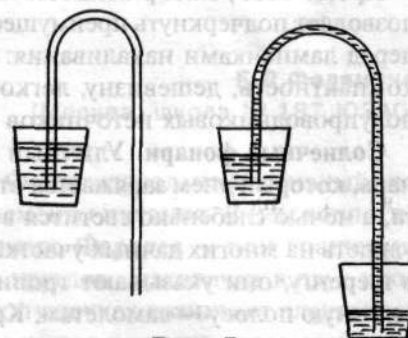


Рис. 7

Д.С.Кикнадзе

(г. Тбилиси)

Р.С.Кикнадзе

(г. Москва)

Демонстрационные эксперименты

Проверка закона сообщающихся сосудов

(рис. 1)

Полипропиленовая прозрачная эластичная трубка с открытыми концами и подкрашенной жидкостью, зафиксированная в пазу опоры в выгнутом состоянии в вертикальном положении, позволяет наблюдать свободные поверхности покоящейся жидкости в сообщающихся сосудах на одном уровне и неоднородной жидкости на разных уровнях. Изменяя форму сообщающихся сосудов раздвижением или сдвижением ветвей трубки, можно проверить закон сообщающихся сосудов [3].

Взаимодействие нагретых тел

(рис. 2)

Полипропиленовую трубку, пустую или с жидкостью, подвешивают или помещают над лампой накаливания в горизонтальном положении. Пластиковую опору при помощи трения заряжают

и приближают к трубке или линейке. Наблюдают за электрическим взаимодействием [2].

Также прибор может быть использован для демонстрации цилиндрического конденсатора. Для этого в полипропиленовую трубку помещают металлическую трубку или проволоку, а трубку оборачивают фольгой или помещают в металлическую трубку. Емкость конденсатора изменяется взаимным перемещением металлических элементов.

Принцип действия уровня

(рис. 3)

Закупоренную с обоих концов трубку с жидкостью и воздушным пузырьком достают из пазы, слегка выгибают и концами закрепляют в паз и наблюдают за местоположением пузырька воздуха [4].

Принцип действия световода

(рис. 4)

Пустую или с жидкостью полипропиленовую трубку, изогнутую в виде подковы, помещают в паз (или удерживают левой рукой), лазерной указкой освещают один из торцов трубки. Изогнутая трубка почти целиком освещается из-за явления полного внутреннего отражения света [9].

Принцип действия фонтана

(рис. 5)

У пластиковой бутылки отрезают дно. Колпачок бутылки просверливают и плотно пропускают в отверстие конец полипропиленовой трубки с открытыми концами. В бутылку заливают воду, а на другой конец трубки надевают стеклянную часть пипетки. Пальцем удерживают суженное отверстие. После освобождения отверстия начинается фонтанирование и продолжается до тех пор, пока уровень воды в бутылке не уравнивается с открытым концом трубки. Это явление объясняется законом сообщающихся сосудов [3], [5].

Принцип действия водомерной трубки

(рис. 6)

Прибор изготавливают таким образом, как и при проверке действия фонтана, но без стеклянной пипетки. В сосуде наблюдают установление одинакового уровня жидкости в бутылке и трубке, что является одним из примеров применения закона сообщающихся сосудов [5].

Принцип действия сифона

(рис. 7)

Полипропиленовую трубку с открытыми концами одним концом опускают в стакан с жидкостью,

а другой конец свешивают. Из этого конца отсасывают воздух до появления воды и опускают конец в пустой стакан, поднимают второй стакан, а первый опускают и т.д. Наблюдают перетекание воды из сосуда в сосуд [5].

Принцип действия фонтана Герона

(рис. 8)

Сквозь пробку плотно закупоренной толстостенной бутылки пропускают трубку и заливают воду в таком количестве, чтобы конец трубки оказался в воде. В другой конец трубки узким концом вставляют пипетку и вдуванием или насосом подают воздух в бутылку и закрывают пальцем. При отпуске пальца наблюдают фонтанирование воды. Получение фонтана возможно также в вакууме [1–3].

Опыт, доказывающий наличие воздуха

(рис. 9)

На воронку надевают полипропиленовую трубку, на другой ее конец — стеклянную часть пипетки. Воронку медленно опускают в сосуд с водой, а стеклянную трубку удерживают поверх сосуда с водой таким образом, чтобы суженный конец находился в воде на 1–2 мм ниже уровня воды. Наблюдают выделение из трубки пузырьков воздуха. В качестве воронки возможно применение пластмассовой бутылки, которую сжимают в руке, воздух выпускают наружу, об этом говорит выделение пузырьков воздуха в воде [5].

Расширение воздуха при нагревании

(рис. 10)

В пробку толстостенной стеклянной или пластмассовой бутылки пропускают трубку с открытыми концами. В бутылку заливают немного подкрашенной жидкости таким образом, чтобы конец трубки оказался под водой. Не пережимая пластмассовую бутылку, охватывают ее руками. Наблюдают, как жидкость поднимается в трубке. Такое же явление наблюдают с газовым термометром Галилея [3], [7].

Модель термометра Галилея

(рис. 11)

На одном конце открытой полипропиленовой трубки закрепляют маленькую колбу, другой конец трубки опускают в подкрашенную воду открытого сосуда таким образом, чтобы подкрашенная жидкость доходила до середины трубки. При нагреве колбы и содержащегося в ней воздуха, уровень жидкости в трубке понизится, а при остыва-

нии — повысится. Прибор очень чувствителен к температурным изменениям [6].

Расширение жидкости при нагревании

(рис. 12)

Сквозь пробку толстостенной стеклянной бутылки пропускают трубку с открытыми концами. Бутылку заполняют подкрашенной жидкостью. Жидкость, вытесненная пробкой, поднимается в трубке, но воздух, имеющийся в трубке, должен остаться. Бутылку помещают в емкость с водой на подставку или тряпку, чтобы была прослойка воды между дном емкости и бутылкой, т.е. водяная рубашка, и нагревают. Вначале наблюдают понижение уровня жидкости в трубке (пока нагревается сама бутылка), а затем поднятие уровня жидкости (когда нагревается жидкость). Опыт протекает более просто в случае нагрева огнеустойчивой колбы на огне спиртовки [3], [6–7].

Снижение давления в воздушном потоке

(рис. 13)

Стеклянную воронку надевают на трубку, перево-

рачивают и закрепляют на штативе. Вначале в воронке поддерживают целлулоидный шарик, а в трубку подают воздушный поток. Затем шарик отпускают. Он начинает подпрыгивать, но не падает [2].

Действие Ливера

(рис. 14)

На конец трубки надевают стеклянную трубку (пипетку) или корпус шариковой ручки и опускают в подкрашенную жидкость сосуда. Убеждаемся, что уровень воды в сосуде и трубке одинаков. Затем пальцем закрывают верхнее отверстие конца трубки и вынимают ее из воды, атмосферное давление удерживает воду в трубке. Затем открывают отверстие трубки, воздух проникает в трубку и вода вытекает из трубки в сосуд. Показывают, что ливером возможно доставать жидкость с различных глубин [1], [3].

Реактивное движение

(рис. 15)

На один конец трубки надевают стеклянную воронку или пластмассовую бутылку с водой. Во-

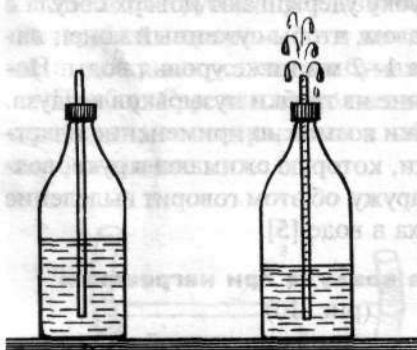


Рис. 8

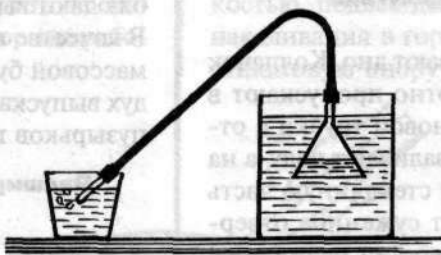


Рис. 9

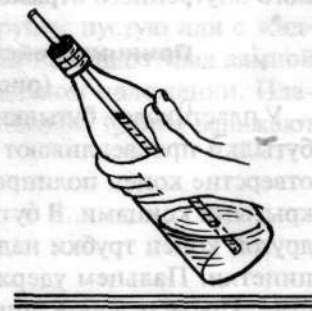


Рис. 10

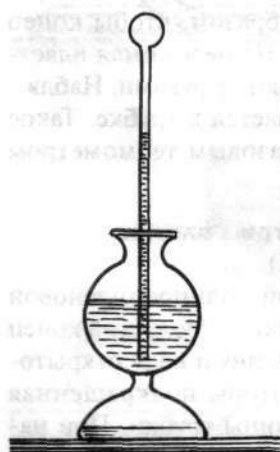


Рис. 11

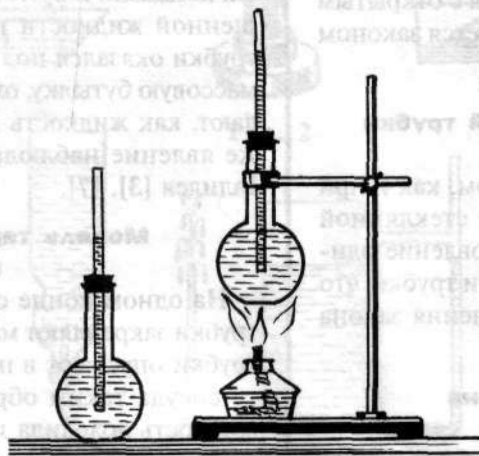


Рис. 12

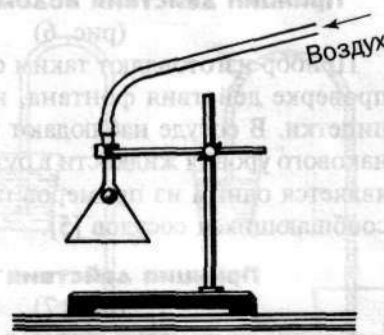


Рис. 13

ронку закрепляют на штативе таким образом, чтобы трубка приняла вертикальное положение, под ней ставят пустой сосуд. В воронку заливают воду и наблюдают за отклонением трубки, противоположным направлению вытекания струи из трубки. Отклонение трубки вызвано реактивным движением. Отклонение трубки станет более очевидным, если бутылку сжать рукой [2].

Лабораторные работы

Принцип определения размеров малых тел (рис. 16)

В пазу стойки размещают в ряд шарики или дробь. Измеряется длина ряда. Стенки пазу направляющей для шариков, что является несомненным удобством [4].

Изучение равномерного движения (рис. 17)

На полке стойки клипсами или скрепками закрепляют бумажную полосу, а в пазу размещают закрытую с обоих концов заполненную подкрашенной жидкостью трубку, в которой находится пузырек воздуха. Затем наклоняют ее на небольшой угол, пузырек движется вверх. Метроном ус-

танавливается на определенный промежуток времени, и на полоске бумаги отмечают положения пузырька через равные промежутки времени (опыт повторяют несколько раз). При помощи линейки измеряют пути, пройденные пузырьком. Изучают движение пузырька и отмечают, что движение пузырька равномерное. Определяют скорость пузырька. Опыты проводят при различных углах наклона прибора. По результатам измерений составляют таблицу и строят график зависимости скорости и пути (или координаты) от времени. Оценивают погрешности измерений [4].

Изучение равноускоренного движения (рис. 18)

При помощи штатива стойку с пазом помещают наклонно (для удлинения конструкции можно соединить два пазы клипсами). Для торможения катящегося в пазу шарика используют металлический цилиндр или брусок. Время отсчитывают метрономом или секундомером. Расстояния, пройденные шариком, измеряют мерной лентой или линейкой [8].

Изучение относительности движения — проверка закона суммирования перемещения и скоростей одного направления (рис. 19).

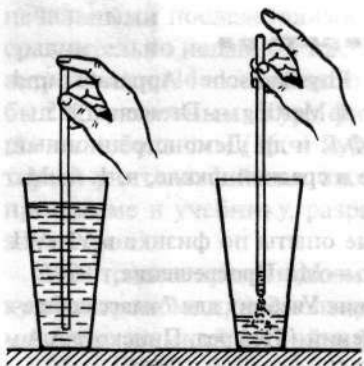


Рис. 14

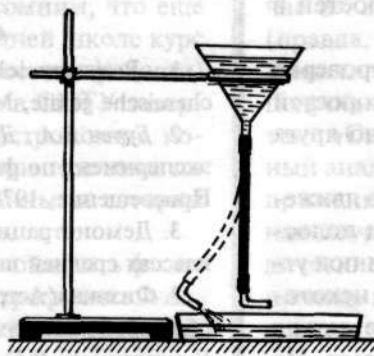


Рис. 15

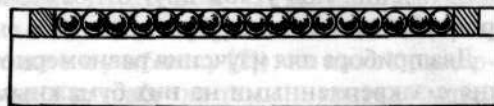


Рис. 16

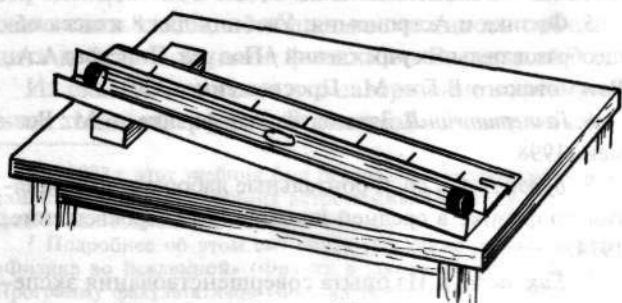


Рис. 17

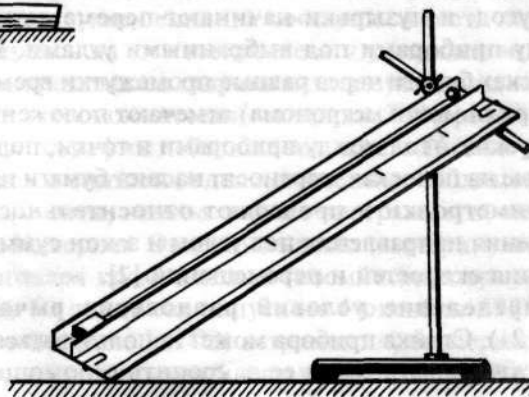


Рис. 18

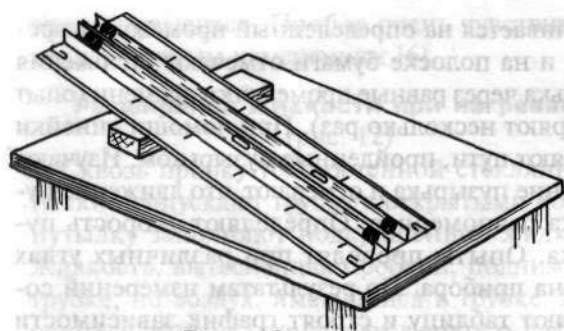


Рис. 19

Два прибора для изучения равномерного движения, содержащих в трубках жидкости различной вязкости, одинаково наклоняют. Пузырьки в трубках перемещаются с различными скоростями. Опыты повторяют несколько раз и отмечают положение пузырьков поочередно на двух бумажных полосках подобно изучению равномерного движения. По полученному на полосках отображению перемещения изучают относительность движения пузырьков и проверяют закон суммирования перемещений и скоростей в классической механике [2].

Изучение относительности движения — проверка закона суммирования перемещения и скоростей направления под углом друг относительно друга (рис. 20).

Два прибора для изучения равномерного движения с закрепленными на них бумажными полосками закрепляют на картонной плоскости под углом друг другу. Плоскость наклоняют на некоторый угол, и пузырьки начинают перемещаться между приборами под выбранными углами. На полосках бумаги через равные промежутки времени (при помощи метронома) отмечают положения пузырьков. Угол между приборами и точки, полученные на полосках, переносят на лист бумаги или миллиметровки и проверяют относительность движения направления под углом и закон суммирования скоростей и перемещений [2].

Определение условий равновесия рычага (рис. 21). Стойка прибора может использоваться в качестве рычага, если ее закрепить с помощью клипсы на штативе. Для закрепления на рычаге грузов и динамометра также применяют клипсы.

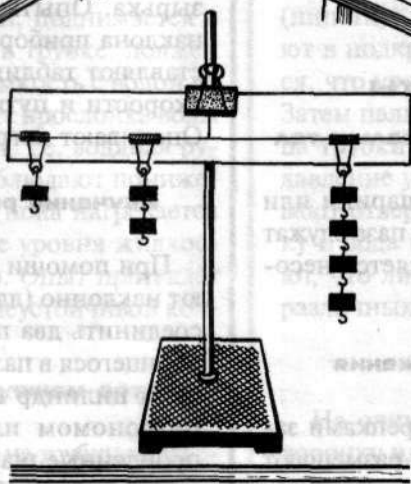


Рис. 21

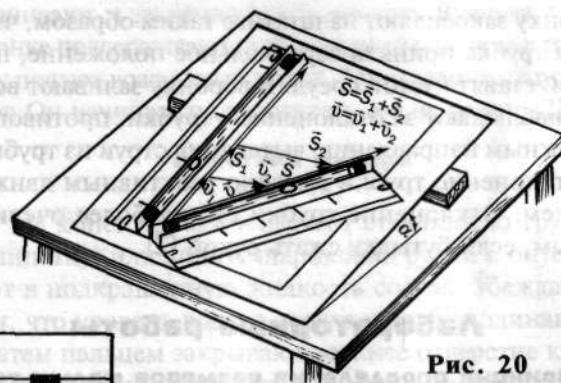


Рис. 20

На разных расстояниях от оси вращения рычага подвешивают грузы или динамометр до установления его равновесия. Измеряя силы и плечи рычага, проверяют правило моментов сил [4], [8].

Учебный и методический эффект прибора заключается в максимальном упрощении и безопасности проведения опытов, не требует большого времени на подготовительные работы. Время проведения опытов сокращается и расширяется их многоплановость.

Литература

1. Preisverzeichnis, Physikalische Apparate und chemische gerate, Meizer & Merting. — Dresden, 1905.
2. Буров В.А., Дубов Ф.Г. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе, ч. 1. — М.: Просвещение, 1978.
3. Демонстрационные опыты по физике в VI—VII классах средней школы. — М.: Просвещение, 1970.
3. Физика и Астрономия: Учебник для 7 класса общеобразовательных учреждений / Под ред. Пинского А.А., Разумовского В.Г. — М.: Просвещение, 2001.
4. Кикнадзе Д. Простые и безопасные эксперименты. Физика. — Тбилиси: Интеллект, 2004.
5. Физика и Астрономия: Учебник для 8 класса общеобразовательных учреждений / Под ред. Пинского А.А., Разумовского В.Г. — М.: Просвещение, 2001.
6. Галперштейн Л. Занимательная физика. — М.: Росмен, 1998.
7. Буров В.А. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1974.
8. Кикнадзе Д. Из опыта совершенствования эксперимента по физике // Физика в школе. — 1988. — № 1.

ОБ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ»

Е. П. Левитан
(г. Москва)

Многие читатели журнала, вероятно, обратили внимание на сообщение Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), появившееся в Интернете в конце апреля 2007 г. Экспертов интересовало состояние осведомленности наших соотечественников в вопросах, касающихся науки, включая астрономию. (Согласно стандартной общенациональной выборке опрашивали 1600 человек в возрасте от 18 до 65 лет из 153 населенных пунктов в 46 регионах России. Статистическая погрешность была в пределах 3,4%.) В частности, оказалось, что почти треть респондентов (28%) считают, что... «Солнце вращается вокруг Земли».

Вряд ли стоит относиться к таким ответам, как к «шутке», и не обращать внимания на тревожный сигнал. Все-таки превращение систематического курса астрономии в выпускном классе в «предмет по выбору» или даже в элективный курс чревато печальными последствиями. Напомним, что еще сравнительно недавно у нас в средней школе курс астрономии (34 ч с отметкой в аттестате зрелости) был обязательным. Курс физики в СПТУ завершался небольшим (16 ч) курсом астрономии, который учителя физики охотно преподавали по программе и учебнику, разработанными автором этих строк¹.

В настоящее время невозможно отделить физику от астрономии, поскольку в астрофизике, космологии, атомной физике и физике элементарных частиц воедино слились проблемы микро- и мегамира. Астрономия не только позволяет человеку определить свое место во Вселенной и ощутить свою связь с ней, но и дает возможность проследить действие законов физики во Вселенной².

Из сказанного ясно, что завершение курса физики темой «Строение Вселенной» в высшей сте-

пени актуально, так как позволяет, во-первых, дать ученикам определенное представление о строении и эволюции Вселенной, а во-вторых, раздвинуть рамки применения физики, продемонстрировав универсальность физических законов. При этом не надо создавать у учащихся иллюзии по поводу того, что астрономия есть часть физики. На самом деле современная астрономия представляет собой фундаментальную науку, имеющую только ей присущие предмет исследования (Вселенную), методы исследования (определение расстояний и физических характеристик небесных тел) и применяемые инструменты (разного рода телескопы).

Вместе с тем не будем скрывать трудности, с которыми неизбежно столкнутся учителя, которые со всей серьезностью подойдут к работе над темой «Строение Вселенной», поскольку им придется постараться обсудить с учащимися в очень ограниченное число учебных часов (в нашем случае их всего 10) большой объем информации (правда, исключительно интересной ученикам). Конечно, в рамках данной статьи невозможно подробно проанализировать каждый из уроков по теме «Строение Вселенной» (детальный поурочный анализ есть в книге [3], написанной автором применительно к учебнику [2]), но даже примерная поурочная разработка темы и краткие методические рекомендации могут оказать учителям помощь в их работе. Главное — не превращать эти уроки в сухие лекции, а постараться вести диалог, опираясь на уже имеющиеся у учащихся знания по астрономии и широко используя документальный астрономический материал. Это прежде всего фотографии небесных тел, имеющиеся в учебниках и энциклопедиях, настенные таблицы, видеофильмы, компьютерные программы и, конечно, Интернет. Особенно важно подчеркнуть, что благодаря космонавтике (космическая эра началась 50 лет назад запуском 4 октября 1957 г. в нашей стране I ИСЗ) астрономия, во-первых, из оптической превратилась во всеволновую и, во-вторых, в наблюдательной по своей природе науке стал возможен эксперимент (полеты АМС к

¹ В 2003 г. этот учебник был переиздан в виде пособия для самостоятельно изучающих астрономию (Краткая астрономия. — М.: Классикс Стиль).

² Подробнее об этом см. книгу [6], также статью автора «Физика во Вселенной» (Физика в школе. — 2006. — № 6) и Программу факультативов «Физика Вселенной» (Профильная школа. — 2006. — № 6; Земля и Вселенная. — 2005. — № 6).

Луне и планетам Солнечной системы, астероидам и ядрам комет).

В связи с дефицитом времени очень сложной становится проблема проверки качества усвоения учебного материала. От мастерства учителя и контингента учащихся зависит выбор форм этой работы. Предпочтение, по мнению автора, следует отдавать не фронтальной, а индивидуальной работе с применением карточек с заданиями и тестами, составленных на основе дидактического материала, включенного в учебник и сборники вопросов и задач. Кроме того, желающим можно предложить написать рефераты по темам отдельных параграфов учебника [1]. Для проверки знаний узловых вопросов темы можно также практиковать зачеты. Оптимизации процесса обучения будет способствовать применение современных дидактических и психологических идей и методических технологий.

Ниже представлен вариант поурочной разработки темы «Строение Вселенной».

Урок 1

Тема урока «Что такое астрономия» (1, § 62; 2, § 1; 3, с. 16–19).

Цель урока. Заинтересовать учащихся астрономией.

Вводимые и развиваемые понятия: астрономия, Вселенная, геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира, телескопы, всеволновая астрономия, Вселенная как «лаборатория» современной физики.

План урока. 1. Что изучает астрономия. 2. Астрономия — наблюдательная наука. 3. Важнейшие современные астрономические инструменты. 4. Роль космонавтики в развитии астрономии. 5. Эпохальные открытия в астрономии (Земля — рядовая планета Солнечной системы, открытие Галактики и других галактик, открытие невидимой составляющей Вселенной).

Методические замечания. В ходе беседы с учащимися выясняем следующее:

- астрономия изучает движение, природу и происхождение небесных тел (планеты, звезды, космические облака, а в последнее время также черные дыры и экзопланеты) и их систем (Солнечная система, Галактика, другие галактики и их скопления);

- наземные и оптические телескопы (основные инструменты астрономов) прошли огромный путь от телескопов Галилея до телескопов наших дней (примеры!);

- сейчас наземные астрономические обсерватории оснащены и радиотелескопами (примеры!), а кроме наземных применяются телескопы (оптические и рентгеновские), успешно работающие на борту космических аппаратов (примеры!);

- астрономия тесно связана (и взаимосвязана!) с физикой, химией, биологией, математикой и другими науками, а также с космонавтикой;

- астрономия — древнейшая из наук; данные о Вселенной по крупницам накапливались в дотелескопическую эпоху развития астрономии, а затем стали стремительно пополняться по мере вступления в строй новых наземных, а в последние десятилетия и космических телескопов;

- прогресс в области таких разделов астрономии, как астрофизика и космология, привел не только к современной картине строения и эволюции Вселенной, но и перспективен в отношении новых фундаментальных открытий в области физики (в связи с открытием гигантских масс невидимой материи, многократно превосходящих суммарную массу всего того, что входит в состав доступной наблюдениям Вселенной).

Цель урока можно будет считать достигнутой, если удастся убедить учащихся в том, что курс физики должен завершаться обзором современных представлений о Вселенной.

Урок 2

Тема урока «Строение Солнечной системы» (1, § 62; 2, § 9, 10; 3, с. 34, 35, 41–47).

Цель урока. Продолжить развитие способностей учащихся, показав на примере закономерностей в Солнечной системе, как были открыты в ней красота и гармония.

Вводимые и развиваемые понятия: астрономическая единица (а.е.), эллиптическая орбита, большая полуось орбиты планеты, радиус-вектор планеты, период обращения планеты, допланетные (протопланетные) диски, пояс астероидов.

План урока. 1. Общее устройство Солнечной системы. 2. Закономерности в Солнечной системе. 3. Понятие о происхождении Солнечной системы. 4. Законы Кеплера. 5. Уточнение Ньютоном законов Кеплера.

Методические замечания. Неожиданно в Солнечной системе стало 8 планет (а не 9), так как в 2006 г. астрономы лишили Плутона статуса планеты. Это было обусловлено, в частности, тем, что за орбитой Нептуна открыто не менее полутора

десятков подобных объектов, входящих во второй пояс астероидов («пояс Койпера»).

Напомним, что первый (Главный) пояс астероидов расположен между орбитами Марса и Юпитера (где астрономы искали «недостающую» планету). Во время полетов в космос люди видели нашу планету (в том числе и на небе Луны), но Солнечную систему ни один человек пока не видел (хотя впечатляющие фотографии нашей планетной системы удавалось получать с борта автоматических межпланетных станций, АМС). Тем не менее мы сейчас имеем достоверное представление о составе Солнечной системы и о закономерностях в ней. Эти закономерности, во-первых, воссоздают поражающую своей красотой картину Солнечной системы и, во-вторых, подсказывают нам мысль об общности происхождения небесных тел, входящих в нее.

Материал заключительных частей урока подтверждает сказанное, а также дает возможность сравнить два пути открытия законов Кеплера — эмпирический и аналитический. Последний, связанный с именем Ньютона, не только удивительно изящен (мы упрощенно демонстрируем его на примере вывода обычной формулы III закона Кеплера из закона всемирного тяготения), но и приводит к обобщенной формуле III закона Кеплера. Основываясь на ней, астрономы определяют массы небесных тел в Солнечной системе, компонентов двойных звезд и т.д.

Современная небесная механика — один из самых математизированных разделов астрономии, позволяющих решать множество разнообразных проблем, включая проблему точного предвычисления солнечных и лунных затмений, проблемы астродинамики (расчет орбит космических аппаратов), проблемы устойчивости Солнечной системы, проблемы внегалактической астрономии и космологии. В свое время триумфом небесной механики считалось открытие Нептуна, сделанное «на кончике пера». А сегодня небесная механика помогла открыть черные дыры в системах двойных звезд, сверхмассивную дыру в ядре нашей и других галактик, а также приблизиться к открытию невидимой материи во Вселенной.

Урок 3

Тема урока «Что такое Солнце» (1, § 64, с. 256, 257; 2, § 18, 19; 3, с. 71–77).

Цель урока. Посмотреть на наше дневное светило «умными очами» (М.В.Ломоносов), чтобы понять, что такое Солнце.

Вводимые и развиваемые понятия: Солнце — огромный, массивный самосветящийся газовый (плазменный) шар, вращение Солнца, светимость, магнитные поля (общее и локальное), фотосфера, солнечные пятна, гранулы, факелы, хромосфера, протуберанцы, корона, солнечные вспышки, солнечная активность, 11-летний цикл.

План урока. 1. Солнце как небесное тело. 2. Атмосфера Солнца. 3. Солнечная активность.

Методические замечания. Исключительно важно значение этого (и следующего за ним) урока. Перед учащимися предстает неизвестное им Солнце. Главное на данном уроке — формирование представления о Солнце как небесном теле, являющемся динамическим и энергетическим центром Солнечной системы, и его физической природе. (Не забудем подчеркнуть, что Солнце — единственная звезда в Солнечной системе!)

Материал надо представить в легко обозримом и воспринимаемом учащимися виде (таблицы с данными о Солнце; рисунки, позволяющие сравнить Солнце с нашей и другими планетами; фотографии Солнца с пятнами, гранулами, факелами, протуберанцами и вспышками, а также вид солнечной короны в эпохи максимума и минимума солнечной активности).

Необходимо отметить, что локальные магнитные поля играют решающую роль в образовании различных феноменов солнечной активности и связывают процессы, происходящие в фотосфере, хромосфере и короне. Солнечная активность циклична, причем 11-летний цикл — один из нескольких известных ныне циклов. Максимум последнего 11-летнего цикла оказался «двойным»: первый пик пришелся на начало 2000 г., а второй был в 2001 г. В настоящее время формально считается, что мы живем в эпоху минимума солнечной активности, но в 2006–2007 гг. на Солнце происходили весьма значительные вспышки. (Текущая информация о солнечной активности публикуется в журнале «Земля и Вселенная», там же даются ссылки на сайты в Интернете.)

Урок 4

Тема урока «Внутреннее строение Солнца. Солнечно-земные связи» (1, § 64, с. 258–260; 2, § 20, 21; 3, с. 78–85).

Цель урока. Выяснить, почему Солнце светит и только ли свет излучает оно в космическое пространство.

Вводимые и развиваемые понятия: ядро Солнца, подфотосферная зона (конвективная и зона переноса энергии излучения), протон-протонный цикл, нейтринное излучение, электромагнитное и корпускулярное излучения, магнитосфера, радиационный пояс Земли, магнитные бури на Земле, гелиотехника.

План урока. 1. Внутреннее строение Солнца. 2. Источник энергии Солнца. 3. Земные проявления солнечной активности. 4. Понятие о гелиотехнике.

Методические замечания. Приведенный в учебнике [1] рисунок 118 можно положить в основу обсуждения проблемы «Что происходит под фотосферой Солнца?». В ходе этого обсуждения (и, конечно, не только этого!) учащиеся встретятся со знакомыми им физическими процессами, происходящими в совершенно иной обстановке, отличной не только от лабораторной, но и от той, которую, обобщая, можно назвать «земной природой».

Тайну источника энергии Солнца удалось раскрыть не сразу. Идеи термоядерного синтеза, происходящего в недрах Солнца, предшествовали гипотезы о гравитационном, а затем и радиоактивном «происхождении» практически неисчерпаемой энергии Солнца. В учебнике [1, с. 259] подчеркивается, что лишь в начале XXI в., после открытия нейтринных осцилляций, удалось полностью объяснить данные, полученные с помощью нейтринных телескопов, и фактически подтвердить правильность представлений о протон-протонном цикле.

Солнце излучает как абсолютно черное тело. Его электромагнитное излучение охватывает все диапазоны длин волн, включая, разумеется, свет, освещающий Землю и другие планеты и непосредственно воспринимаемый нашими органами зрения. Но нам небезразлично невидимое излучение Солнца (инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское), которое, как и корпускулярное излучение, вызывает на Земле различные явления, наиболее ощутимые в годы возмущенного Солнца. Среди них магнитные бури особенно влияют на здоровье людей, находящихся на Земле или на борту орбитальной космической станции (например МКС). Ученые стремятся прогнозировать магнитные бури, следя за появлением и развитием солнечных вспышек. Не надо путать такие реальные явления, как магнитные бури, с вымышленными «геофизически опасными днями»³.

³ Подробнее об этом см., например, в статье автора «Все ли прогнозам можно верить?» // Наука и жизнь. — 1998. — № 12.

Урок 5

Тема урока «Планеты» (1, § 65; 2, § 12–14; 3, с. 52–63).

Цель урока. В ходе беседы с учащимися выяснить, в чем сходство и различие планет Солнечной системы, убеждаясь при этом в уникальности Земли.

Вводимые и развиваемые понятия: планеты земной группы, планеты-гиганты, системы спутников планет, система Земля — Луна, фазы Луны, затмения, кратеры (на планетах и их спутниках), лунные моря.

План урока. 1. Две группы планет. 2. Система Земля — Луна. 3. Луна — спутник Земли. 4. Природа Венеры. 5. Природа Марса. 6. Планеты-гиганты.

Методические замечания. Подготовим таблицу (слайд, «прозрачку» для кодоскопа и т.п.), позволяющую прежде всего сравнить и обсудить с учащимися бросающееся в глаза различие планет по размерам (планеты земной группы и планеты-гиганты). Однако разделение планет на две группы связано не только с разными размерами и массами планет. Различны, например, их средние плотности, периоды вращения (сравнить Венеру и Юпитер), число спутников (у Меркурия и Венеры их нет, а у Юпитера открыто уже 63 спутника) и, конечно, строение (например, у Юпитера оно не такое, как у Земли). Только у Земли есть спутник (Луна), соизмеримый с ней по массе и образующий вместе с ней двойную планету. С Луной связаны такие явления, как приливы (причем не только в океанах и открытых морях, но и в твердой Земле и атмосфере), солнечные и лунные затмения. В обозримом будущем начнется освоение Луны (создание баз для промышленных и научных целей). Заметим, что спустя всего несколько лет после первого полета человека в космос (Ю.А. Гагарин, 12 апреля 1961 г., СССР) была совершена первая экспедиция на Луну (16–24 июля 1969 г., США; первым человеком, нога которого ступила на поверхность Луны, был астронавт Нил Армстронг). Для создания лунных баз, а затем и баз на Марсе очень важным может оказаться недавнее открытие водяного льда на Луне и Марсе (причем льда на Марсе так много, что если бы он весь растаял, вся планета покрылась бы значительным слоем воды). Ни на одном другом внеземном небесном теле, кроме Луны, люди пока еще не бывали. Однако благодаря успешным полетам АМС удалось узнать много нового о природе всех планет и их спутниках.

Во внеурочное время постараемся показать учащимся в телескоп Луну, Юпитер с галилеевыми спутниками, Сатурн с кольцами.

Урок 6

Тема урока. Малые тела Солнечной системы (1, § 66; 2, § 16, 17; 3, с. 63–69).

Цель урока. Сформулировать представление о системах спутников планет и физической природе астероидов и комет.

Вводимые и развиваемые понятия: астероиды (малые планеты), Плутон — пример «карликовой» планеты, метеориты, метеорные тела, метеоры, кометы, комета Галлея, облако Оорта, метеорные потоки.

Методические замечания. У учащихся вызывают большой интерес фотографии, где запечатлены различные малые тела Солнечной системы (галилеевы спутники Юпитера, Титан, Миранда, астероид Гаспра, кометы Галлея и др.), полученные с близкого расстояния во время полетов АМС. Предметом увлекательных бесед могут стать Европа с ее подледным океаном, Ио с ее бурной вулканической активностью, спутник Сатурна Титан с обнаруженными на нем атмосферой и бассейнами из жидкого метана. Известно, что невозможны посадки космических аппаратов на планеты-гиганты, но зато спутники этих планет будут и в дальнейшем объектами космических экспериментов (показать на примере Титана). В Солнечной системе уже открыто около полутора сотен спутников. Больше всего их у планет-гигантов, имеющих к тому же кольца, состоящие из фрагментов разного размера. А счет астероидов и комет идет не на десятки, а на тысячи. Надо показать учащимся те места в Солнечной системе, где таких малых тел особенно много (два пояса астероидов, облако Оорта).

Подчеркнем научное и практическое (можно сказать «оборонное») значение исследования астероидов и комет. Они являются остатками «строительного материала», из которого более 4,5 млрд лет назад образовались планеты Солнечной системы и их спутники. В последние годы астрономы уделяют большое внимание обнаружению опасных астероидов (и комет), точному вычислению их орбит, двигаясь по которым эти небесные тела могут приблизиться к Земле. О возможных последствиях столкновений Земли с астероидами и ядрами больших комет многие учащиеся знают из популярных сейчас фильмов-катастроф. Однако

вероятность подобного рода катастроф очень мала, но о ней напоминают Тунгусское явление (1908) и эффектное падение на Юпитер обломков разорванного его притяжением ядра кометы Шумейкеров–Леви (1994).

Урок 7

Тема урока. Звезды (1, § 67; 2, § 2–4, 22–27; 3, с. 20–27, 86–104).

Цель урока. Совершить мысленный переход от созерцания величественной картины звездного неба к раскрытию многовековой тайны природы звезд, оказавшихся далекими солнцами.

Вводимые и развиваемые понятия: звездные величины, световой год, пространственные скорости звезд, эффект Доплера, стационарные звезды, звезды-гиганты, звезды-карлики, белые карлики, нестационарные звезды, цефеиды, сверхновые звезды, нейтронные звезды, звездные черные дыры, экзопланеты.

План урока. 1. Звездные величины. 2. Расстояния до звезд. 3. Пространственные скорости звезд. 4. Одиночные стационарные и нестационарные звезды. 5. Сверхновые звезды. 6. Звездные черные дыры.

Методические замечания. К изучению всей темы «Строение Вселенной», и в частности к данному уроку, желательно начать готовить учащихся в конце предыдущего учебного года (т.е. в X классе). Им нужно не только рассказать о том, что в XI классе предстоит изучать основы астрономии, но и объяснить, как во время каникул работать с подвижной картой звездного неба и Школьным астрономическим календарем. С учетом возможного выполнения такой предварительной работы сформулирована цель данного урока. § 67 довольно большой, он предельно насыщен интересной информацией и включает ряд формул (с выводом и без него). Поэтому по усмотрению учителя некоторые вопросы можно рекомендовать учащимся изучить самостоятельно во время выполнения домашней работы. На уроке необходимо выяснить, что такое «видимая звездная величина», «световой год», «пространственная скорость звезды», а также показать разнообразие звезд, сравнивая их массы, светимости, температуры фотосфер.

Все небесные тела рождаются, эволюционируют и в конце концов погибают. Эволюция небесных тел — процесс, длящийся миллиарды лет. Например, Солнце не всегда было таким, как сегодня, и совершенно иным станет через миллиар-

ды лет, когда превратится сначала в красный гигант, а затем в белого карлика. Эволюция звезд, более массивных, чем Солнце, завершается взрывами (сверхновые звезды) и превращением в нейтронные звезды (проявляющие себя как пульсары) или даже в звездные черные дыры, которые, по видимому, уже открыты в системах двойных звезд. (Обратите внимание на вклейку в [1], где представлено фото Крабовидной туманности — остаток вспышки Сверхновой 1054.) Важно подчеркнуть, что для изучения черных дыр недостаточно ньютоновской физики (требуется общая теория относительности Эйнштейна). И, наконец, мы не можем не подчеркнуть, что открытие экзопланет позволило сделать еще один шаг в решении увлекательной проблемы, касающейся Жизни и Разума во Вселенной.

Урок 8

Тема урока «Наша Галактика Млечный Путь» (1, § 68; 2, § 28; 3, с. 104–107).

Цель урока. В изучении этого материала начать переход от непосредственно наблюдаемых небесных тел к огромным космическим системам, о которых до XIX–XX вв. было неизвестно.

Вводимые и развиваемые понятия: Млечный Путь, Галактика, звездные скопления, межзвездный газ, галактический диск, вращение Галактики, ядро, сверхмассивные черные дыры.

План урока. 1. Что такое Млечный Путь. 2. Наша Галактика: состав и общее строение. 3. Положение Солнца в Галактике. 4. Центр Галактики — ядро и сверхмассивная черная дыра.

Методические замечания. Начиная с этого урока, мы постепенно введем учащихся в Мегамир, необъятный по масштабам пространства и времени и удивительный по своей природе. Наша Галактика — первый шаг на таком пути. Тысячелетиями люди даже не догадывались о существовании Галактики. Честь ее открытия принадлежит Уильяму Гершелю (1738–1822) — знаменитому любителю астрономии и телескопостроителю (профессиональному музыканту), открывшему в том числе Уран (1781)⁴. Совершенно неизвестно, когда земляне сумеют увидеть (и увидят ли вообще!) Галактику в иллюминаторы своих межгалактических космических кораблей. Но уже сегодня мы имеем четкое представление о том, как выглядит Галак-

тика, знаем, что входит в ее состав кроме множества звезд. Недавно даже узнали, что в центре Галактики находится сверхмассивная черная дыра (к счастью, как будто довольно спокойная...).

Учащимся получить необходимое представление о Галактике помогут рис. 120 учебника [1], а также имеющиеся во многих книгах и Интернете фотографии Млечного Пути, звездных скоплений и туманностей.

Урок 9

Тема урока «Наша Вселенная — Метагалактика» (1, § 69; 2, § 29, 30; 3, с. 108–115).

Цель урока. «Открыть» нашу Вселенную, пригласив учащихся в мир галактик, доступный наблюдениям и исследованиям с помощью современных астрономических инструментов, и приоткрыть окно в совершенно неизвестное.

Вводимые и развиваемые понятия: спиральные галактики, Туманность Андромеды, спутники Галактики, скопления и сверхскопления галактик, Метагалактика, активные галактики, квазары, расширение Метагалактики, параметр Хаббла, ускоренное разбегание галактик, антигравитация во Вселенной, темная материя и темная энергия, эволюция Метагалактики, Большой взрыв, горячая Вселенная, реликтовое излучение, возраст нашей Вселенной.

План урока. 1. Галактики и их системы. 2. Активные галактики и квазары. 3. Расширение Метагалактики. 4. Эволюция Метагалактики.

Методические замечания. Урок очень насыщен информацией и наиболее эффектно она может быть представлена учащимся в виде хорошо иллюстрированной учебной лекции. Расширяя представление учащихся о Галактике, знакомим их с ее главными спутниками, являющимися небольшими неправильными галактиками, входящими в Местную группу вместе с Галактикой, М31, М33 и по крайней мере двумя десятками карликовых спутников Галактики. Надо дать представление не только об иерархии систем галактик (от Местной группы до сверхскоплений, представляющих собой, по видимому, самые большие физически связанные структуры Метагалактики), но и подчеркнуть разнообразие галактик, особо выделив активные галактики и квазары, тесно связанные со сверхмассивными черными дырами.

Одна из важнейших идей урока — эволюция Метагалактики, ведущая свое начало от Большого взрыва и продолжающаяся до сих пор (о чем

⁴ Подробнее об этом см.: Еремеева А.И. Астрономическая картина мира. — М.: Наука, 1984; Левитан Е.П. Как открывали Вселенную// Аргументы и факты, 2003.

свидетельствует, например, звездообразование в галактиках). Почти 14 млрд лет отделяют нас от Большого взрыва и последующей за ним стадии «горячей Вселенной», но именно тогда было «запрограммировано» будущее нашей Вселенной: образование водорода и гелия (первых двух самых легких химических элементов), а также галактик и звезд (в том числе сверхновых), при вспышках которых рождаются тяжелые химические элементы планет и, наконец, Жизни (и Разума) на некоторых из них. Важно обратить внимание учащихся на то, что космологи, основываясь на достижениях современной физики (в частности физики элементарных частиц, атомной и ядерной физики), сумели воспроизвести достаточно детально последовательность процессов, происходивших в «горячей Вселенной». Но не менее важно подчеркнуть, что методами астрофизики получены данные, подтверждающие теоретические результаты (реликтовое излучение) и даже делаются попытки моделировать с помощью современных сверхмощных ускорителей элементарных частиц условия, господствовавшие на самой ранней стадии существования Вселенной!

Примерно через 70 лет после открытия «разбегания» галактик выяснилось, что «разбегание» происходит ускоренно (казалось бы, вопреки здравому смыслу). Сейчас это объясняется тем, что во Вселенной наряду с гравитацией есть и антигравитация, порождаемая колоссальными массами невидимой («темной») энергии, изучение природы которой может привести к революционным открытиям в физике. Быть может, некоторым из нынешних учеников, страстно увлеченных физикой, удастся стать участниками этих открытий. В пространстве грандиозной эволюционирующей Вселенной бессмысленно искать какой-либо геометрический центр. Наша Галактика — одна из множества галактик, а Солнце — одна из множества ее звезд. Но человек оказался способным исследовать ее.

Урок 10

Тема урока «Большая Вселенная — Мета Вселенная» (1, § 70; 6, гл. 3; 8, гл. 1–5, 8, 12, 14, 18; 10, гл. 3, 4).

Цель урока. Попытаться выяснить, есть ли в настоящее время научные данные, позволяющие предположить существование множества вселенных.

Вводимые и развиваемые понятия: раздувающаяся Вселенная, уникальность Метагалактики (с

точки зрения значений фундаментальных констант), вечность Большой Вселенной, кротовые норы.

План урока. 1. Наша Вселенная и другие вселенные. 2. Два довода в пользу возможности существования других вселенных. 3. Большая Вселенная (Мета Вселенная, или Мультиверс). 4. Вечно юная Большая Вселенная. 5. Кротовые норы. 6. Фантастично ли предположение о путешествиях в другие вселенные.

Методические замечания. Начнем с волнующей проблемы — поиска Жизни и Разума вне Земли [4]. Известно, что ни того, ни другого пока не обнаружено. Однако из этого не следует, что планета Земля — единственное место во Вселенной, где есть и Жизнь, и Разум. В перспективе не исключено получение новой информации не только о планетных системах ближайших к нам звезд, но и о далеких звездах, в том числе входящих в другие галактики. В принципе наряду с другими галактиками могут существовать даже другие вселенные, сходные с нашей Метагалактикой или совсем непохожие на нее. Есть, по крайней мере, два следующих научных предположения.

1. Оно связано с тем, что в истории эволюции Вселенной не всегда было только «обычное» расширение (Фридмановское, названное так в честь нашего великого соотечественника А.А.Фридмана), но была и совсем необычная стадия — «стадия раздувания» (или «инфляционная стадия»). (Не имея возможности вдаваться в подробности и адресуя интересующихся к списку дополнительной литературы, отметим, что «стадия раздувания» могла завершиться образованием не только одного «пузырька», из которого выросла Метагалактика, но и множества других «протовселенских зародышей».)

2. Оно связано с тем, что хорошо известные всем физические константы и сама трехмерность пространства уникальны: если бы их числовые значения были иными, то не возникли бы галактики, звезды, планеты и, конечно, жизнь. Отсюда один шаг к представлению о возможности существования Мета Вселенной (или «Мультиверса») со множеством разнообразных метагалактик, т.е. «других вселенных». Более того, в вечно «кипящем» космическом вакууме, возможно, и сейчас рождаются вселенные (ведь рождаются же сейчас звезды в наблюдаемых астрономами очагах звездообразования). Не исключено существование тоннелей в пространстве — времени. Эти «кротовые

норы» (если они существуют!), быть может, позволят нашим далеким потомкам совершать путешествия в пространстве — времени...

Вряд ли все сказанное оставит учащихся равнодушными, не породив у них новые эмоции и мысли. В связи с этим уместно поместить в кабинете физики и астрономии цитаты из Лапласа и Пуанкаре (приведенные в [1], с. 250 и 280).

Литература

Основная

1. Громов С.В., Шаронова Н.В., Левитан Е.П. Физика-11. — М.: Просвещение, 2006.
2. Левитан Е.П. Астрономия-11. — М.: Просвещение, 2006.
3. Левитан Е.П. Книга для учителя. — М.: Просвещение, 2005.

Дополнительная

4. Гиндилис Л.М. SETI: Поиск Внеземного Разума. — М.: Физматлит, 2004 (см. рецензию автора в «Земле

и Вселенной». — 2004. — № 6).

5. Левитан Е.П. Дидактика астрономии. — М.: УРСС, 2004.
6. Левитан Е.П. Физика Вселенной. — М.: УРСС, 2004.
7. Паркер Б. Мечта Эйнштейна. — СПб.: Амфора, 2002 (см. рецензию автора в «Земле и Вселенной». — 2002. — № 1).
8. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. — М.: УРСС, 2002.
9. Хокинг С. Краткая история времени. — СПб.: Амфора, 2002 (см. рецензию автора в «Земле и Вселенной». — 2002. — № 5).
10. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. — М.: Физматлит, 2003 (см. рецензию автора в «Земле и Вселенной». — 2003. — № 4).
11. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 2006.
12. Школьный астрономический календарь (на каждый учебный год). — М.: Дрофа.

НАМ ПИШУТ

ОБ ИЗУЧЕНИИ НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В VII–VIII КЛАССАХ

Основные физические величины учащиеся средней школы, как известно, изучают в курсе физики VII–VIII классов. Обычно за время, ограниченное уроком, учащимся бывает трудно усвоить физический смысл вновь введенной величины, уловить ее связь с ранее изученными величинами. Поэтому на уроках при изучении новой физической величины на этапе закрепления полученных знаний я предлагаю школьникам однотипные упражнения. Например, при рассмотрении в VII классе темы «Определение массы тела по его плотности и объему» блок однотипных задач имеет следующий вид:

- *Определите массу* а) воды объемом 300 л; б) ртути объемом 50 см³; в) бензина объемом 16;

г) куска льда объемом 12,3 м³; д) воздуха в комнате объемом 45 м³ и т.д.

Число заданий в таком блоке может достигать до 20 и более. Решать все задачи ученикам не обязательно, каждому из них предоставляется право выбора, но при условии, что данный учащийся после выполненного задания научится решать такой тип задач. Промежуточный контроль я осуществляю, проводя небольшую самостоятельную работу по данной теме. При обнаружении ошибок или пробелов в знании отсылаю учащегося к решению дополнительных задач из блока.

Такой подход позволяет учитывать индивидуальный темп продвижения каждого ученика, а также (что очень важно) формирует самостоятельность учащихся.

М.Д.Миронова

(Татарстан,
г. Казань, 129-я средняя школа)

Представленная ниже статья является первой из цикла, посвященного трудностям, возникающим при решении типичных школьных задач. Она адресована не только учителям физики, но и широкому кругу школьников, желающих сделать физику своей профессией, поэтому представленные решения сопровождаются подробными комментариями. Этот материал может быть использован для конструирования новых олимпиадных задач и работы факультативов по физике.

О НЕСТАНДАРТНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО МЕХАНИКЕ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

А.В.Белов

(г. Москва, лицей «Вторая школа»)

Существует целый ряд задач, «кочующих» из учебника в учебник, широко используемых преподавателями при обучении физике. Однако при ближайшем рассмотрении они оказываются некорректными или имеют решения, применимые в весьма ограниченной области, которая не конкретизируется авторами. Приведем некоторые примеры этого, используя лишь наиболее известные и методически выдержанные задачки [1–3]. Понятно, что если бы мы обратились к десяткам других задачников, которые буквально штампуются в последние годы, число примеров можно увеличить многократно.

В процессе анализа мы попытаемся сформулировать некоторые общие требования к задачам школьного курса физики, необходимость введения которых будет выявлена на конкретных примерах.

При подборе задач для анализа и их разборе автор статьи ставил перед собой жесткое правило: критика должна быть конструктивной. А именно при анализе тех или иных задач всегда предлагается путь изменения условия задачи для устранения выявленной физической некорректности.

Задача 1. *О падении капель на землю* ([1], № 34; [2], № 1.44).

С крыши падают одна за другой две капли. Через время $t_2 = 2$ с после начала падения второй капли расстояние между каплями стало равным $S = 25$ м. На сколько раньше первая капля оторвалась от крыши?

Решение

Эту задачу нетрудно решить, если считать движение капли равнопеременным с ускорением $a = g$ (хотя, как мы видим, это не оговаривается в условии). Тогда время запаздывания отрыва вто-

рой капли $\tau = 1$ с и общее время движения первой капли $t'_2 = t_2 + \tau = 3$ с.

Насколько мы можем доверять этому формально строгому решению, если захотим проверить эти выводы теории на практике? С целью выяснения этого вопроса обратимся к опытным данным о движении капель дождя, описание которых можно найти в научно-популярной книге [4]. Установившаяся скорость падения капель существенно зависит от их размеров, она колеблется в пределах от 2 м/с для мелких капель до 7 м/с для крупных. Постоянство установившейся скорости капель связано с силами сопротивления воздуха при условии, что капля в процессе своего движения не меняет своих размеров. Вызывает интерес причина ограничения максимально возможной скорости капель: ведь при неограниченном увеличении размеров капель их равновесная скорость должна неограниченно увеличиваться. Дело здесь в том, что большие капли дождя неустойчивы и в процессе падения самопроизвольно дробятся на более мелкие капли. Поэтому равновесная скорость 7 м/с описывает наиболее крупные капли, которые могут падать в воздухе достаточно долго.

Вернемся к нашей задаче. Так как капли, по условию, движутся достаточно долго (2–3 секунды), их размер, а значит, и равновесная скорость будут определяться теми же физическими факторами, что и размер капель дождя, т.е. максимальная скорость, которую наберут падающие с крыши дома капли, будет 7 м/с. Сравнив эти экспериментальные данные с результатами задачи 1, получим для конечной скорости движения первой капли: $v_1 = gt_1 = 30$ м/с! Этот результат в 4 раза (!) превышает максимально возможную равновесную скорость движения капель в воздухе. Чем объясняет-

ся это расхождение? Дело в том, что при анализе движения капель в условиях рассматриваемой задачи нельзя не учитывать сопротивление воздуха.

Как следует изменить условие задачи, чтобы рассмотренное выше решение стало физически корректным? На первый взгляд, можно пойти следующим путем. Так как силы сопротивления быстро растут с увеличением скорости капли, рассмотрим такие условия, в которых капли не достигают больших скоростей. Например, считать, что капли падают не с крыши, а из капельницы. В этом случае пути, проходимые каплями от точки отрыва до точки падения, будут исчисляться не десятками метров, а несколькими сантиметрами. Как следствие этого, скорости капель в нижней точке будут существенно меньше равновесной, так что силами сопротивления при определении характера их движения в этих условиях можно в расчетах пренебречь. Такой подход, однако, таит в себе другую опасность: в процессе решения мы рассматриваем капли как материальные точки. Это допустимо, когда пути, проходимые каплями, будут существенно (на порядки) превышать их линейные размеры. Это условие заведомо выполняется при параметрах движения, описанных в задаче 1, и становится весьма сомнительным при рассмотрении движения капель на расстояния в несколько сантиметров. Таким образом, целесообразной, на наш взгляд, является следующая формулировка условия задачи 1.

Пусть маленькие шарики движутся без начальной скорости с ускорением $a = 10 \text{ м/с}^2$. Насколько позже должен начать двигаться второй шарик, если известно, что через время $t_2 = 2 \text{ с}$ после начала его движения расстояние между шариками стало равным $S = 25 \text{ м}$?

При такой постановке задачи к решению, предложенному в [1], придаться невозможно.

Поставим теперь другой вопрос: может ли опытный учитель использовать данную задачу в первоначальной формулировке для развития школьников? Безусловно, да, если только после формального решения этой задачи он проведет ее анализ, изложенный выше. Во-первых, это покажет учащимся, что в каждой физической задаче (не модельной, где речь идет о движении некоторых абстрактных материальных точек, а о задаче, результаты решения которой могут быть экспериментально проверены) есть область применимости используемых в решении идеализаций. Во-вторых, важность такого рода анализа даст учащим-

ся представление о целостности физики, так что физика не будет восприниматься как набор фрагментов или разделов: «Кинематика», «Динамика» и т.д. Формальные же схемы решения задач подводят учащихся к мысли, что, выучив несколько формул, они хорошо смогут описывать кинематику движения реальных капель, в результате чего обсуждение в дальнейшем таких тем, как «Силы вязкого трения», кажется им излишним.

Попробуем теперь сделать некоторые выводы из приведенного выше анализа. Любому физiku ясно, что расхождение результатов при описании реального процесса и идеализированной модели в 4 раза слишком велико и совершенно недопустимо. Предложенное решение не только не может претендовать на адекватное описание интересующей нас системы, но не может даже рассматриваться как разумная оценка. В связи с этим возникает очень важный вопрос: с какой точностью предполагаемое решение должно подтверждаться на эксперименте для того, чтобы оно заслуживало внимания?

Эта проблема с логической точки зрения напоминает широко обсуждавшиеся в свое время математиками трудности при определении понятия «куча». Ее суть заключается в следующем. Рассмотрим одно зерно. Это не куча. Добавим еще одно. Тоже не куча. Добавим еще одно и т.д. Так как совокупность большого набора зерен можно уже назвать «кучей», то отсюда следует, что в процессе их добавления возникнет такой момент, когда n вместе положенных зерен — еще не куча, а $(n + 1)$ зерно — куча. Возникает вопрос: чему равна эта величина n ? Можно было бы задать $n = 100$. Но тогда возникает вопрос: а почему именно 100 (а не 50 или 200)? В связи с этим в жизни всегда будут возникать ситуации, когда одно и то же не очень большое количество зерен некоторые люди назовут «уже кучей», а другие — «еще не кучей». Этот пример помогает понять неоднозначность (недостаточную детерминированность) некоторых наших представлений. С некоторым подобием (в логическом плане) такой ситуации мы имеем дело в нашем случае: при заметном расхождении результатов теоретической модели явления с опытом часть экспертов будет утверждать, что для рассматриваемой физической ситуации полученный результат является допустимой оценкой, а часть — что это уже не оценка, и данная модель не может претендовать на адекватное описание процесса. В связи с этим возникает проблема количественно-

го определения возможных отклонений выводов модели от результатов эксперимента, при которых мы могли бы считать, что «решили» данную задачу.

На первый взгляд, достаточно потребовать, чтобы отклонение эксперимента от выводов модели не превышало точности расчетов в школьных задачах по физике: 5–10%. На самом деле, ставить такие жесткие требования к задачам школьного курса физики вряд ли целесообразно, иначе нам пришлось бы «забраковать» слишком большое их число. Следует учесть и еще два момента:

1) во многих научных экспериментах мы игнорируем целый ряд неконтролируемых, но влияющих на результат физических факторов. В итоге погрешность эксперимента превышает приборную ошибку, но при этом результаты рассматриваются как разумное подтверждение теории;

2) второй аргумент, который поясняет нецелесообразность привязки численных оценок точности модели к точности расчета задач, состоит в том, что последняя может (и, видимо, со временем так будет) неограниченно увеличиваться. В случае обсуждаемой выше привязки это означало бы, что часть задач, «корректных» на данном этапе обучения, перешли бы в разряд «некорректных» уже через сравнительно небольшой в историческом масштабе промежуток времени. В связи с этим мне кажется, что такой «барьер корректности» следовало бы установить на уровне 20–30% для задач и 50% для оценок. Повторяю, что такого рода (этот или другие) барьеры должны быть согласованы в сообществе учителей-физиков. Единственное, что представляется безусловным (и актуальным), — это то, что такие ограничения должны существовать (иначе мы будем сталкиваться с ситуацией проанализированной выше задачи 1).

Задача 2. Как скользит цепочка по гладкому столу? ([2] № 5.5; [1] № 236).

Гибкий однородный канат длиной L лежит на гладком горизонтальном столе. Один конец каната находится у края стола. В некоторый момент от небольшого толчка канат начал двигаться, непрерывно соскальзывая со стола. Как зависят ускорение и скорость каната от длины x куска его, свешивающегося со стола? Какой будет скорость каната к моменту, когда он сползет со стола?

Решение

Мы не будем здесь детально воспроизводить решение этой широко известной задачи. Отметим лишь два его важнейших логических момента: в процессе движения каната сохраняется его меха-

ническая энергия (это, безусловно, верно, так как в системе отсутствует сила трения) и то, что после прохождения точки перегиба на краю стола части каната будут двигаться вертикально вниз. Последнее положение чрезвычайно важно для решения, так как в противном случае разные части каната, соскользнувшие со стола, имели бы разные скорости, и ни о какой единой для всех его элементов скорости в каждый фиксированный момент времени мы говорить не могли бы (т.е. терял бы смысл второй вопрос задачи). Проанализируем этот момент подробнее.

На первый взгляд, предположение о «вертикальном» движении элементов каната после прохождения края стола согласуется с нашей физической интуицией. Подключение физической интуиции на первых этапах решения физической задачи вполне допустимо и разумно. Однако в дальнейшем эти предположения должны быть обоснованы «алгеброй» строгих физических законов. Что же мы увидим на этом этапе исследования? То, что канат при отсутствии трения не будет двигаться предполагаемым в решении образом!!! Дело в том, что находящиеся на столе части каната в процессе его ускоренного движения будут приобретать скорость, а следовательно, и импульс в горизонтальном направлении. Для того чтобы канат в конце движения стал падать вертикально вниз, эта горизонтальная составляющая импульса должна погаситься, а это могут сделать (второй закон Ньютона) только горизонтальные составляющие внешних сил, действующих на канат. Если мы изобразим на рисунке 1 внешние силы, действующие на канат в промежуточном положении, то увидим, что сумма горизонтальных составляющих внешних сил (такую составляющую будет иметь только сила R реакции на углу стола) будет всегда направлена вправо (!), в то время как для гашения горизонтальной составляющей импульса веревки эта составляющая должна быть направлена влево.

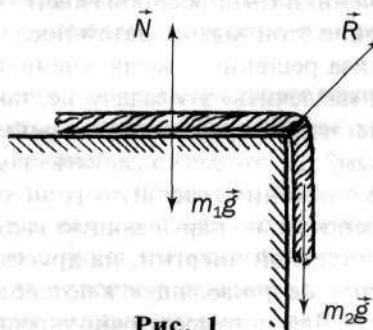


Рис. 1

Это будет означать, что в процессе движения каната его центр тяжести (центр масс) будет все время ускоряться вправо, в результате чего канат в промежуточный момент времени имеет форму, существенно отличающуюся от той, которая предполагается в решении (примерный вид формы каната и направление скоростей отдельных его точек изображен на рисунке 2).

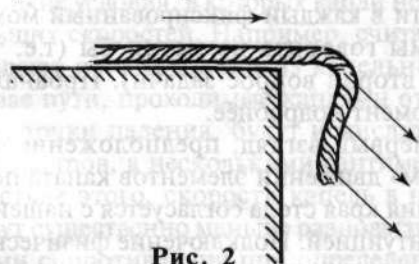


Рис. 2

Образно говоря, будет наблюдаться «перехлест» каната. Ни о какой единой по величине и направлению скорости разных точек каната не может быть и речи.

Несмотря на простоту и очевидность приведенных выше рассуждений, обсуждение этих вопросов в педагогической литературе не встречается. В связи с этим возникает естественный вопрос: по каким причинам заведомо физически некорректные задачи снова и снова появляются в задачаниках? Мне кажется, причины тут две. Во-первых, привычка: задачу, которая в разных модификациях воспроизводилась в десятках изданий, психологически трудно анализировать. Вторая причина: мы, как правило, слишком склонны при решении задач по физике доверять нашей интуиции. В результате получается, что наблюдаемый на опыте характер движения цепочки, физически реализуемый только за счет сил трения, гасящих горизонтальную составляющую импульса системы, мы неосознанно переносим на идеализированный случай их отсутствия. Можно ли использовать эту задачу в преподавании? Безусловно, да. В сильных классах ученики сами воспроизводят «классическое» решение этой задачи. Затем после критического анализа решения я задаю ученикам вопрос: можно ли «вылечить» эту задачу, т.е. так изменить ее условие, чтобы традиционное решение стало корректным? Да, это легко сделать, заменив силу трения скольжения, гасящую горизонтальный импульс цепочки, на нарушающую закон сохранения механической энергии, на другую горизонтальную силу, не приводящую к потере механической энергии. Для этого достаточно укрепить на краю

стола изогнутый под прямым углом кусочек гладкой трубы, через который и пропустить цепочку.

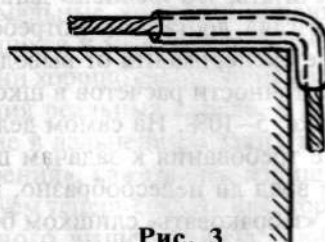


Рис. 3

Эта труба на изгибе будет гасить горизонтальную составляющую импульса цепочки. На этой идее могут быть основаны новые задачи. Приведем пример. *Начальный горизонтальный импульс цепочки равен нулю. Горизонтальная составляющая импульса цепочки в конечный момент также будет равна нулю (так как цепочка в этот момент движется вертикально вниз). Это означает, что в процессе ее движения наступит момент времени, когда составляющая импульса будет иметь максимальное значение. Как определить этот момент?*

Второе направление исследований: определить зависимость действующей со стороны трубы на цепочку силы от времени. Мы не будем здесь заниматься анализом этих или других, возникающих в связи с рассматриваемой идеей задач. А покажем лишь, что углубленный анализ «стандартных» школьных задач может привести к конструированию новых.

Задача 3. О круговых движениях протяженных тел ([1] № 285, а также № 287; [2] № 6.21, 6.22).

Велосипедист при повороте по закруглению радиуса R наклоняется к центру закругления так, что угол между плоскостью велосипеда и поверхностью земли равен α . Найти скорость v велосипедиста.

Решение

Воспроизведем дословно решение этой задачи, изложенное в [1]: «На велосипедиста и велосипед действуют: сила тяжести mg , сила реакции поверхности земли N и сила трения $F_{\text{тр}}$ (рис. 4).

Так как центр масс не перемещается по вертикали, то $N - mg = 0$. Необходимое для движения по окружности центростремительное ускорение сообщается силой трения: $\frac{mv^2}{R} = F_{\text{тр}}$. Массу системы велосипедист — велосипед будем считать сосредоточенной в центре масс. Тогда направление результирующей силы $N + F_{\text{тр}}$ совпадает с направлением вдоль велосипедиста к центру масс системы велосипедист — велосипед. Поэтому $F_{\text{тр}} = N \cdot \text{ctg} \alpha = mg \cdot \text{ctg} \alpha$. Под-

ставляя это значение $F_{тр}$ в уравнение движения, найдем $v = \sqrt{Rg \cdot \text{ctg} \alpha}$.

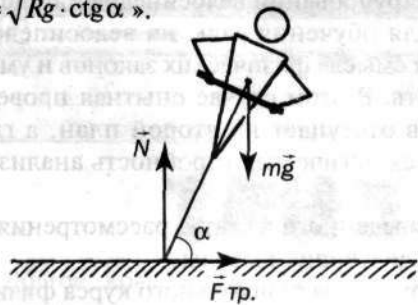


Рис. 4

Центральным моментом этого решения является утверждение, что при равномерном движении тела (не материальной точки!) по окружности сумма моментов действующих на велосипедиста сил относительно оси, проходящей через центр масс системы, равна нулю. Так ли это?

Для упрощения анализа этого вопроса заменим велосипедиста стержнем, а силу реакции земли — реакцией веревки, на которую этот стержень подвешен, и проанализируем следующую задачу*:

Задача 4.

На легкой веревке равномерно вращается однородный стержень. Какое положение относительно веревки он займет: а), б) или в) (рис. 5).

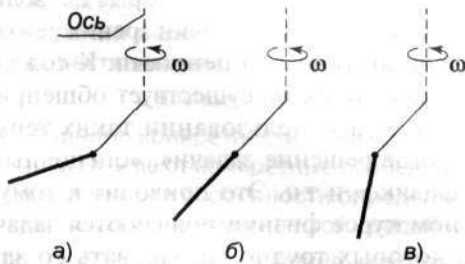


Рис. 5

Решение

Анализ процесса упростится, если рассматривать движение стержня в системе, в которой он покоится, то есть вращающейся относительно земли с угловой скоростью ω эта система отсчета не является инерциальной, поэтому законы Ньютона можно применять лишь при условии, что наряду с реальными силами, действующими на стержень, мы введем в рассмотрение так называемые «силы инерции». Для материальной точки эта сила $F = ma_{ис}$, где $a_{ис}$ — ускорение системы отсчета. Для вращательного движения эта сила инерции носит название «центробежной силы» и направлена в сторону от оси вращения.

Перейдем теперь к анализу процесса вращения стержня. Так как его части находятся на разном расстоянии r от оси вращения, их ускорения $a_{ис} = \omega^2 r$ в инерциальной системе, связанной с землей, будут отличаться. Это означает, что будут разными и центробежные силы, действующие на одинаковые величины массы, находящиеся в разных частях стержня (рис. 6) — чем дальше от оси будет находиться элемент стержня, тем больше эта сила.

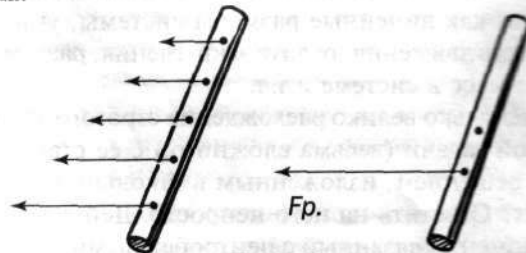


Рис. 6

Так как все изображенные на рисунке силы параллельны и возрастают по мере приближения к внешнему концу стержня, точка приложения равнодействующей этих сил будет находиться не в его центре, а ближе к внешнему концу. Эта равнодействующая будет создавать относительно центра стержня (центра тяжести) момент, который стремится развернуть стержень по часовой (рис. 6) стрелке. После введения силы инерции (центробежной силы) мы можем «забыть» о неинерциальности рассматриваемой системы и применять к ней законы Ньютона. Следовательно, для сохранения ориентации стержня во вращающейся системе отсчета момент, создаваемый центробежной силой, должен компенсироваться моментами других (реальных) физических сил, действующих на стержень. Но их только две — сила тяжести и сила натяжения нити. Сила тяжести не может создавать требуемого момента, так как приложена к центру тяжести. Значит, соответствующий момент должна создавать сила натяжения нити. Последняя будет создавать момент в нужном направлении только при ориентации стержня, изображенного на рисунке 5 а.

Итак, стержень в процессе своего вращения будет отклоняться относительно веревки во внешнюю к оси вращения сторону.

Вернемся теперь к исходной задаче о велосипедисте. Так же, как и в случае со стержнем, центробежная сила будет пытаться закрутить велосипедиста против часовой стрелки. «Компенсирующий» момент должна создавать равнодействующая

щая сил нормальной реакции N и силы трения (трения покоя), которая и будет обеспечивать искривленный характер движения велосипедиста. Это будет осуществляться только в том случае, если равнодействующая указанных сил (полная реакция опоры R) будет проходить через точку, расположенную ниже центра тяжести велосипедиста. Степень отклонения направления результирующей силы от оси симметрии системы велосипедист — велосипед зависит от таких параметров задачи, как линейные размеры системы, угловая скорость движения, радиус закругления, распределение масс в системе и т.д.

Насколько велико расхождение строгого анализа этой задачи (весьма сложного!) с ее стандартным решением, изложенным в школьных задачаниках? Ответить на него непросто. Действительно, момент, связанный с центробежными силами, возникает из-за разницы центробежных сил, действующих на разные элементы (одинаковой массы) «у головы» и «ног» велосипедиста. Эта разница связана с расположением их относительно оси вращения и определяется такими характеристиками системы, как линейные размеры велосипедиста, радиус закругления траектории и угол наклона велосипедиста к вертикали. Если мы теперь представим реальные размеры сидящего на велосипеде человека (около метра в высоту), радиуса закругления (десятки метров) и углов (градусы), то увидим, что обсуждаемые выше количественные поправки к стандартному решению будут практически несущественны.

В связи с этим возникает законный вопрос: стоит ли «городить огород», если традиционное (пусть не вполне корректное) решение подтверждается опытом? Ответ на этот вопрос зависит от целей, которые ставит учитель, разбирая эту задачу. Если аудитория несильная, то единственной разумной целью будет освоение школьниками некоторого «стандарта». В этом случае преподаватель должен научить школьников воспроизведению решения большого количества задач таким образом, чтобы эти решения соответствовали бы критериям «правильности», устанавливаемым экзаменаторами. В этом случае обсуждение изложенных выше вопросов нецелесообразно и, может быть, даже вредно, так как загромождает и затрудняет процесс усвоения материала школьниками. Если же мы обучаем физику ребят, желающих сделать физику своей профессией, то такое обсуждение необходимо: ведь ученики в таких классах решают подобные

задачи не для того, чтобы их расчеты применялись при конструировании велосипедов или использовались для обучения езды на велосипеде, а для уяснения смысла физических законов и умения их применять. В этом случае опытная проверка результатов отступает на второй план, а главным становится логическая стройность анализа.

Из проведенного в статье рассмотрения можно сделать следующие выводы.

1. Многие задачи школьного курса физики, которые мы привыкли рассматривать как некоторые «эталоны» школьного образования, при ближайшем рассмотрении оказываются либо физически некорректными, либо нуждаются в существенной доработке. Речь идет не только о рассмотренных выше задачах, но и о многих других, не упомянутых в тексте. Проведенное исследование должно убедить читателя, что существующие в настоящее время задачки по физике нуждаются в основательной «чистке». Автор статьи надеется, что данная работа даст импульс для проведения аналогичных исследований другими учителями и методистами, обеспокоенными состоянием преподавания физики в физико-математических школах.

2. При осуществлении отбора задач для работы со школьниками авторы должны руководствоваться некоторыми правилами, которые позволили бы оценить каждую задачу с точки зрения ее корректности и педагогической ценности. К сожалению, в настоящее время не существует общепринятых критериев при использовании таких терминов, как «строгое решение задачи», «оценочные задачи по физике» и т.п. Это приводит к тому, что в школьном курсе физики появляются задачи, решение которых трудно согласовать со здравым смыслом (задача 1 в тексте). По глубокому убеждению автора, такие критерии должны быть сформулированы и приняты в сообществе учителей-физиков.

Литература

1. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Керженцев В.В., Мякишев Г.Я. Физика. Сборник задач. — М.: Айрис Пресс, 2000.
2. Гольдфарб Н.И. Физика. Задачник. — М.: Дрофа, 2000.
3. Баканина Л.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М. Сборник задач по физике. — М.: Просвещение, 1999.
4. Бялко А.В. Наша планета — Земля. — М.: Наука ФМЛ, 1983.
5. Коган Б.Ю. Сто задач по механике. — М.: Наука, 1970.