



научно-методический журнал

2 2008

ФИЗИКА

БИБЛИОТЕКА
Калужский областной институт
информационно-методического
обеспечения образования

В ШКОЛЕ



Ростовская обл. Успехи и достижения

**Изучение темы «Физика атома
и атомного ядра»**

Учебные проблемы в преподавании физики



ПРЕПОДАВАТЬ ТАК, ЧТОБЫ УЧЕНИКАМ БЫЛО ИНТЕРЕСНО

Л.В.Шевцова

(г. Ростов-на-Дону, средняя школа № 22)

Мудрость педагога состоит в том, чтобы постоянно ставить перед собой вопросы: «Как заинтересовать ученика?», «Какой взять для начала урока материал, чтобы он задел учащегося «за живое», дал толчок его мысли, пробудил интерес, ведь только тогда начнется процесс познания?». И каждый раз давать на эти вопросы разные ответы.

Педагогика сегодняшнего дня требует от учителя-предметника не только высокого профессионализма (в смысле владения физикой), но и высокого уровня методической подготовки. Реализация этих требований должна быть единой и нераздельной, ведь формирование мотивации учения у наших учащихся, их активности — сейчас в центре внимания почти всех педагогов.

Исходя из этого, возрастают требования к уроку. Он должен, как и прежде, быть направлен на разрешение серьезных проблем научно-теоретической подготовки учащихся, но и вместе с тем должен приносить ученику радость познания мира, радость от участия в процессе познания.

А это уже зависит от нашего умения найти интересные и эффективные формы ведения урока.

В своей работе я теперь придерживаюсь таких правил:

1) смещение акцентов с содержания обучения на процесс учения, выражающееся в активной познавательной деятельности школьников и в овладении рациональными способами этой деятельности;

2) создание для каждого ученика возможности реализовать свою потребность в познании, в творческой деятельности;

3) ориентация на овладение учащимися общекультурными ценностями, коммуникативной, информационной культурой, культурой деятельности.

И поэтому уже много лет я работаю над проблемой «Формы активного обучения». Пытаюсь претворить в жизнь завет К.Д.Ушинского о том, что главная цель обучения и воспитания — «дать человеку деятельность, которая бы наполняла его душу».

Расскажу о двух приемах, которые я с успехом применяю.

«Живые модели» на уроке¹

Этот прием основан на имитационно-двигательной деятельности ребят (так они создают модели), что привлекает их, внося разнообразие в учебный процесс, вызывает интерес, дает толчок полету фантазии. Прием помогает создать запоминающийся образ изучаемого явления, что важно.

• В VII классе при изучении темы «*Строение вещества*» одна группа учащихся на уроке изображает поведение молекул в твердых телах: дети «выстраиваются», изображая кристаллическую решетку, берутся за руки и хаотично колеблются. Другая группа демонстрирует строение жидкостей: рук-связей меньше, расстояние между молекулами больше, движение молекул хаотичное. Третья группа изображает строение газа и поведение молекул в нем: молекулы свободны, двигаются хаотично, изредка сталкиваясь друг с другом, и время от времени ударяются о стенки сосуда, в который газ заключен. Все модели наглядны и хорошо запоминаются.

Здесь же на этом уроке мы выясняем, в чем сходство и различие у льда, воды и пара.

Ставлю вопрос: «Изобразите, что произойдет, если эти вещества нагреть?» Дети с удовольствием демонстрируют на составленных ими моделях увеличение скорости движения молекул и как следствие — изменение расстояния между частицами и сил их взаимодействия.

Вот как построен этот урок.

VII класс

Тема «Три состояния вещества»

Цели урока:

• повторить а) сведения об основных положениях молекулярно-кинетической теории, б) свойства твердых, жидких и газообразных веществ;

¹ Такой прием использует и московский учитель А.П.Парфентьев: см. его статью в пособии «Преподавание физики, развивающее ученика. Книга 3». — М., 2005. — С. 80–85. (Ред.)

• привлечь ребят к самостоятельному «добыванию» знаний путем моделирования движения мо-

лекул в различных состояниях вещества; этим активизировать работу класса.

Таблица 1

Ход урока

№ п/п	Что делает учитель	Что делают ученики	Результат, вывод
1	Приглашаю 5 учащихся и прошу изобразить строение твердого тела	Они выстраиваются, берясь за руки и изображая кристаллическую решетку, начинают хаотически колебаться	В памяти ребят восстанавливается строение твердых тел и характер движения молекул в них. Класс делает заключение об этом
2	Задаю вопрос: «Если начать нагревать твердое тело, то что происходит с движением молекул?»	Начинают колебаться быстрее, хаотично, но с мест не сходят	Ученики делают вывод: чем выше t , тем быстрее колеблются молекулы в кристалле
3	Спрашиваю: «А если температуру тела еще повысить? Что произойдет с его молекулами?»	Учащиеся в группе еще быстрее колеблются; некоторые из них отбегают в сторону не очень далеко и движутся там самостоятельно и хаотично. Число отбегающих учеников (молекул) увеличивается	Учащиеся говорят, что твердое тело стало превращаться в жидкость
4	Говорю: «Нагревание продолжаем. Что наблюдаем?»	Члены группы все разбегаются и хаотично двигаются по всему классу	Учащиеся делают вывод, что вещество уже перешло в газообразное состояние: испарилось
5	Прошу детей занять свои места в классе и заполнить таблицу	Заполняют таблицу	(Таблица приведена далее – табл. 2)
6	Говорю: «Теперь начинаем охлаждать вещество. Изобразите все процессы в обратном порядке и назовите их»	Ученики имитируют процессы конденсации пара, охлаждения жидкости, ее кристаллизацию и охлаждение твердого тела, объявляя каждый раз название наступившей фазы	На модели продемонстрировано: 1) изменение агрегатных состояний вещества, 2) чем ниже температура вещества, тем медленнее движение молекул
7	Говорю: «Подведем итог урока. Прокомментируйте таблицу (табл. 2). Ответьте на вопрос: «Что и как меняется, когда вещество переходит из одного состояния в другое?»	Дают ответы	Дети получили наглядное представление о 1) строении веществ в различных агрегатных состояниях, 2) характере движения в них и взаимодействия молекул
8	Напоминаю, что ребята уже знакомы с явлением диффузии. Прошу четырех девочек и четырех мальчиков выйти к доске. Девочки будут изображать молекулы духов, а мальчики – молекулы воздуха. Говорю: «Что сейчас произойдет, если открыть флакон с духами? Изобразите»	Мальчики хаотично бегают по классу. Вбегают девочки и начинают двигаться между ними. Кто-то громко объявляет: «Произошла диффузия, запах распространился по классу»	Учащиеся вспомнили изученное ранее положение МКТ, прокомментировали процесс и сделали вывод

Таблица 2

Три состояния вещества

Свойства	Твердое тело	Жидкость	Газ
Строение			
Характер движения молекул			
Сила взаимодействия молекул			

В заключение мы решаем несколько качественных задач из «Сборника задач» В.И.Лукашика.

- Одинаковы ли объемы и состав молекул холодной и горячей воды? Воды и водяного пара? Воды и льда?

- Почему дым от костра по мере его подъема перестает быть видимым?

- Летним вечером над болотом стелется туман. Как объяснить его появление с точки зрения молекулярно-кинетической теории строения вещества?

Такой урок детям очень понравился. Они сами «добывали» знания, проявляли свою высокую активность, делали выводы.

Вот другое занятие.

VIII класс

Тема урока «Теплопроводность»

В начале урока объявляю, что сегодня будем изучать новый материал с помощью «живых картин». Ход урока — в таблице 3.

Таблица 3

№ п/п	Что делает учитель	Что делают ученики	Результат
1	Прошу 5 учеников выйти к доске и стать в шеренгу; я возглавляю эту шеренгу	Учащиеся выстраиваются	Создали модель твердого тела
2	Сообщаю: «Изображаем гвоздь. Мы — частички этого гвоздя». Предлагаю показать, как ведут себя эти частички, и объяснить их поведение	Хаотично колеблются	Повторили «вопрос» о молекулярном строении стержня
3	Объявляю: «Нагреем кончик гвоздя. Изобразите, что происходит с каждой частичкой»	Увеличивают скорость своего колебательного движения	Получили модель нагретого твердого тела
4	Спрашиваю: «С одинаковой ли скоростью должны колебаться частички у нагреваемого конца гвоздя и дальнего? Подумайте и изобразите уточненную картину»	Ученики показывают скорректированный вариант модели: дальние «частички» колеблются медленнее, чем находящиеся у нагреваемого конца	Получили модель механизма распространения тепла вдоль твердого стержня
5	Задаю вопрос: «Почему вы изобразили именно такую модель?»	Отвечают на вопрос: «Скорость движения молекул передается от одной части тела другой; при этом часть энергии теряется. Передача энергии происходит потому, что молекулы соударяются»	Ввели понятие о передаче теплоты
6	Спрашиваю: «А если нагревание продолжить? Изобразите, что будет»	Показывают, что колебание частичек стало более активным	Смоделировали факт: чем выше температура тела, тем скорость его молекул больше (Вспомнили изученную в VII классе информацию об основах МКТ)
7	Предлагаю учащимся перестроиться: стать чуть дальше друг от друга и сцепиться руками. Этим мы изображаем стержень из другого вещества. Говорю: «Повторяем нагревание, но уже не гвоздя, а деревянной палочки»	Учащиеся действуют, но уже менее активны и меньше толкают друг друга; последние в шеренге почти не получают толчков	Выяснили и изобразили, как происходит передача тепла (энергии) в другом теле
8	Спрашиваю: «Почему мы наблюдаем картину, отличную от первой?»	Отвечают: «У дерева другое строение, чем у металла»	Пришли к выводу: разные вещества проводят тепло по-разному
9	Показываю описанный в учебнике эксперимент с нагреваемой проволокой, к которой прикреплены воском мелкие гвоздики. Предлагаю объяснить увиденное	Наблюдают эксперимент и самостоятельно его истолковывают, основываясь на рассмотренных ранее моделях	Применили полученные новые знания

10	Прошу подвести итоги урока: сказать 1) какое явление мы изучали; 2) что мы о нем узнали; 3) дать определение этого явления	Учащиеся отвечают, суммируя новые знания. Если затрудняются дать определение, ищут его в учебнике	Получили краткую сводку новой информации о теплопроводности												
11	Прошу заполнить таблицу, чтобы разделить вещества на хорошо и плохо проводящие тепло; объяснить свои записи	Заполняют таблицу: <table border="1" data-bbox="662 344 997 495"> <tr> <th colspan="2">Проводники тепла</th> </tr> <tr> <th>Хорошие</th> <th>Плохие</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Проводники тепла		Хорошие	Плохие			Получили таблицу. <table border="1" data-bbox="1052 344 1386 550"> <tr> <th colspan="2">Проводники тепла</th> </tr> <tr> <th>Хорошие</th> <th>Плохие</th> </tr> <tr> <td>металлы жидкости</td> <td>вакуум газы пористые вещества</td> </tr> </table> Научились объяснять причину хорошей и плохой теплопроводности веществ	Проводники тепла		Хорошие	Плохие	металлы жидкости	вакуум газы пористые вещества
Проводники тепла															
Хорошие	Плохие														
Проводники тепла															
Хорошие	Плохие														
металлы жидкости	вакуум газы пористые вещества														

• «Живые модели» использую и при изучении темы «Механическое движение». С их помощью учащиеся VII класса очень хорошо усваивают понятия «равномерное и неравномерное движение», «путь и перемещение», «скорость». Они даже моделируют построение графика зависимости пути от времени. Для этого заранее выбираем координатную плоскость (например часть кабинета перед демонстрационным столом). На счет один, два, три, четыре и т.д. (это — отсчет времени в секундах) один ученик делает один шаг по координатной плоскости и кладет на пол у своей ступни цветной кружок, другой — два шага и тоже кладет на пол кружок, но другого цвета. Так получаются точки графиков двух тел, движущихся с разными скоростями.

• В VIII классе «живые модели» использую, рассматривая тему «Строение атома».

• Большое поле для применения «живых моделей» в IX классе при изучении механического движения. Дети с удовольствием демонстрируют различные виды движения, построение графиков зависимости координаты от времени, движение двух, трех тел в одном направлении с разными скоростями, движение тел навстречу друг другу. Задачу о движении трех тел в разных направлениях, с разными скоростями и начальными координатами мы решаем только с помощью «живых моделей». Так как ребята сами участвуют в данных движениях, они лучше понимают задачу.

• «Живые модели» полезны и при изучении законов Ньютона.

• «Закон сохранения импульса» и его частные случаи дети с готовностью демонстрируют на скейт-борде.

Обращение к серьезной познавательной и творческой деятельности

В старших классах учебную деятельность заметно активизирует мотив «профессионально-жизненное самоопределение». Этот мотив устремлен к будущей профессии человека, его становление связано с делом, которому ученик намерен себя посвятить. Я стараюсь ввести его в действие, например, приглашаю учащихся стать на «сегодня» взрослыми и занять один из важных служебных постов.

В X классе мы провели заседание Ученого совета НИИ по вопросу «Электрический ток в различных средах». Свои доклады представляли начальники лабораторий: «Ток в проводниках», «Ток в полупроводниках», «Плазма». Доклады сопровождалось выступлениями теоретиков, инженеров-конструкторов, экспериментаторов, консультантов-информаторов. Этот прием направлен на профессиональную ориентацию.

В XI классе провели конференцию «Атомная энергетика и человек», на которую были «приглашены» докладчики и содокладчики, журналисты различных газет, оппоненты по каждому вопросу, кинооператоры. Все роли исполняли учащиеся.

Какие вопросы мы рассмотрели?

1. Сброс в океан радиоактивных отходов и чем он чреват.

2. Катастрофа на Чернобыльской АЭС.

3. Радиоактивные отходы: безопасны ли они?

4. Атомное оружие: за и против.

5. Значение добросовестности и ответственности всех, кто причастен к «мирному атому» (проектировщиков, инженеров, работников АЭС и др.).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

И.А.Анцупов

(г. Ростов-на-Дону, средняя школа № 97)

Внедрение компьютерных технологий в обучение позволяет прочнее соединить чувственное познание с мыслительной деятельностью учащихся. Оно очень привлекает учащихся, повышает и делает современной культуру учебной деятельности, открывает для учеников новые возможности самостоятельного познания учебного материала.

Первые годы я использовал в основном при обучении компьютерные программы контроля и тренировки, компьютерные иллюстрации. С овладением учащимися компьютером стал осуществлять компьютерное моделирование — наиболее сложную технологию учебного процесса. Она, как я убедился:

- позволяет частично ликвидировать пробелы в знаниях;
- связывает математические знания учеников и их умения анализировать физические процессы;
- облегчает усвоение нового материала.

В зависимости от изучаемой темы учащиеся с помощью компьютера:

- выполняют исследования (по инструкции или заданию учителя);
- проверяют самостоятельно выдвинутые гипотезы;

- самостоятельно «открывают» и изучают явления;
- решают задачи.

Таким образом, компьютер позволяет учителю не только иллюстрировать объяснение нового материала, но и организовать индивидуальную познавательную и исследовательскую работу учащихся, что особенно ценно в условиях нехватки учебных приборов и реализации личностно ориентированного обучения.

Удовлетворенность ребят результатами этой работы — мощный стимул активизации их учебы и познавательной деятельности.

Компьютерное моделирование я осуществляю, руководствуясь тремя модулями: вводным, основным и итоговым (см. схему).

Этой структуре сопутствует определенная компьютерная программа, позволяющая ее реализовать. В качестве базовой мною взята программа из сборника обучающих программ для школьников «Иду в школу. Физика в картинках» (ИЦ «Физикон», 1993 г.).

На моем компьютере стоит версия «Microsoft, Windows xp professional», 2001 г., но можно пользоваться и другими версиями: «Windows-98», а также последней «Вистой». Программа «Физикон», с которой я работаю, ими спокойно читается, т.е. совместима.

Структура работы с использованием компьютерного моделирования

Вводный модуль	Основной модуль	Итоговый модуль
<ul style="list-style-type: none"> • Повторение базовых знаний и умений • Ознакомление с компьютерной подпрограммой • Овладение последовательностью действий на компьютере 	<ul style="list-style-type: none"> • Работа на компьютере по дидактическим физическим заданиям: <ul style="list-style-type: none"> — исследования, — получение новых зависимостей, — решение задач 	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ процесса решения задачи • Выявление трудностей и обнаруженных закономерностей • Составление отчета о работе

Рассмотрим в качестве примера работу по выполнению небольших исследований и решению задач по теме «Оптика» с помощью компьютера.

Задача № 1 Тема «Тень и полутень»

Вводный модуль

Вначале мы повторили главное из изученного (понятия «источник света», «световой пучок», «световой луч», «изображение предмета на экране» и др.), создав этим теоретические предпосылки для решения задач на данную тему.

Поясняю, как работать с подпрограммой «Тень и полутень». Рассматриваем «картинку» — рис. 1.

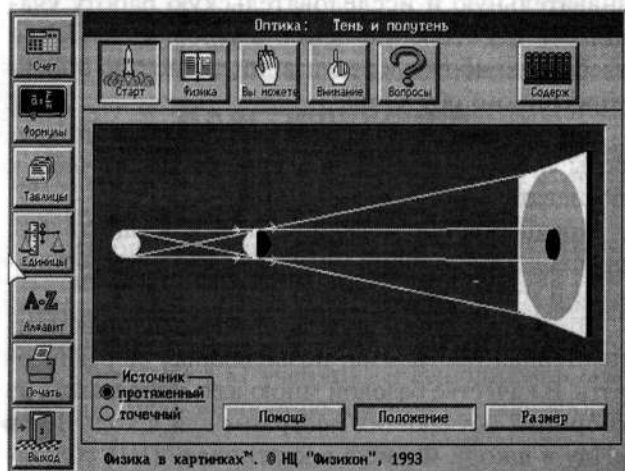


Рис. 1

Говорю: «Блок «Источник» позволяет выбрать тип источника света: протяженный или точечный. Для этого надо поставить курсор мыши на соответствующий значок этого блока и щелкнуть левой клавишей мыши (далее сокращенно ЛКМ).

Кнопка (клавиша) «Положение» служит для изменения положения препятствия (в данном случае шара). Управляют препятствием так: ставят на эту клавишу курсор мыши и делают щелчок ЛМК. С помощью мыши при нажатой левой клавише перемещают объект.

Кнопка «Размер» позволяет изменять линейные размеры как источника света, так и препятствия.

В результате изменения одного или сразу нескольких параметров на экране получаются разные статические рисунки, привязанные к исходным данным. Но сам процесс построения одинаков и очень много говорит о физике изучаемого явления — образовании тени и полутени.

«Управление» объектами в последующих подпрограммах аналогично.

Основной модуль

Даю группам учащихся такие задания (каждой — «свое»):

Задание 1

Дана система: источник света, препятствие, экран.

Изучить, что проявится на экране, если источник света будет точечный, протяженный. Сделать вывод и объяснить его.

Задание 2

Дана система: источник света, препятствие, экран. Исследовать, как влияет размер источника света на изображение на экране (при постоянном положении и размере препятствия). Сделать вывод.

Задание 3

Даны: источник света, препятствие в виде шара, экран.

Исследовать, как влияет на изображение (на экране) изменение положения препятствия (шара) относительно источника света. Положения источника света и экрана сохранить неизменными.

Рассмотреть возможные варианты: а) ..., б) ..., в) Сделать выводы.

Задание 4

Даны источник света, препятствие в виде шара, экран.

Исследовать, как влияет на изображение (на экране) изменение размера препятствия (шара).

После выполнения компьютерных исследований каждая группа проверяет свои результаты на натуральных демонстрационных установках.

Затем проходят доклады групп и сведение всех выводов в один общий. Его записывают учащиеся в свои тетради и зарисовывают ход лучей в опытной установке (рисунок, аналогичный рис. 1).

Содержание итогового модуля я здесь не рассматриваю.

Задача № 2 Тема «Отражение света»

Вводный модуль

Вначале повторяем изученные понятия: «луч света», «световой пучок», «угол падения луча»; вводим понятие «зеркальная, или хорошо отшлифованная, поверхность».

Рассматриваем картинку — рис. 2.



Рис. 2

Поясняю, что:

нужно активировать в блоке «Выбор» кнопку «Отражение»: для этого поставить на нее курсор мыши и щелкнуть ЛКМ;

изображенный на рисунке небольшой со светлым контуром прямоугольник 1 — это источник светового луча;

если поставить курсор мыши на этот прямоугольник, нажать ЛКМ и в нажатом состоянии вести вниз, то мы будем увеличивать угол падения луча α . Его значение будет автоматически высвечиваться на экране компьютера в блоке «Параметры».

В блоке «Параметры» будет автоматически высвечиваться и значение угла β , которое поверхность зеркала образует с горизонтом.

Если поставить курсор мыши на зеркало, щелкнуть ЛКМ и в нажатом состоянии повести зеркало с помощью мыши вверх или вниз, то будет меняться угол наклона зеркала относительно горизонта.

Основной модуль

Задание

1. Выяснить: что обозначает луч, образующий с перпендикуляром к зеркалу угол γ .
2. Изменить несколько раз положение источника света относительно зеркала, меняя этим направление падающего на зеркало луча (угол α). Исследовать, как от этого меняется угол γ . Записать показания компьютера в блоке «Параметры».
3. Изменить несколько раз положение зеркала относительно неподвижного источника света.

Исследовать, как от этого меняются углы α и γ . Записать показания компьютера в блоке «Параметры».

4. Сделать выводы по пунктам 2 и 3 исследования и общий вывод.

5. Ответить на вопрос: «Какое явление я изучил и какую закономерность обнаружил?»

Задача № 3 Тема «Преломление света»

Вводный модуль

Повторяем определения изученных понятий: «световой луч», «падающий луч», «преломленный луч», «углы падения и преломления».

Рассматриваем картинку — рис. 3.



Рис. 3

Поясняю:

выделенный светлым контуром небольшой прямоугольник — источник светового луча;

светлый полукруг в центре — стеклянная пластинка полукруглой формы;

в блоке «Выбор» на этом уроке (при решении задачи № 3) нужно активировать кнопку «Преломление», а для этого поставить на нее курсор мыши и щелкнуть ЛКМ;

в блоке «Параметры» после установки источника света компьютер автоматически высвечивает α и считает угол преломления (по приведенной в этом блоке формуле);

блок «Козэффициент преломления» служит для показа («выдачи») его значения, если его требуется рассчитать, или установки вручную посредством передвижения «бегунка», если n в задаче задан;

положение источника света и бегунка в блоке «Коэффициент преломления» изменяют с помощью мыши: ставят на них курсор, нажимают ЛКМ и в нажатом состоянии перемещают в нужное место.

Основной модуль

Часть I. Исследования

Дано (всем группам): источник светового луча, прозрачная стеклянная пластина в форме полукруга; среда, где находится источник света (менее плотная).

Задание 1

Исследовать (на качественном уровне), как меняется угол преломления луча с изменением угла падения при переходе света из менее плотной среды в более плотную.

Записать значения углов α и β , сравнить, сделать вывод.

Задание 2

Исследовать (на качественном уровне), как меняется угол преломления луча при переходе света из плотной среды в менее плотную.

Записать значения α и β , сравнить, сделать вывод.

Задание 3

Исследовать, как меняется соотношение между α и β при изменении показателя преломления среды n . Записать значения α и β , сравнить и сделать вывод.

Задание 4

Исследовать, меняется ли с изменением угла падения луча α соотношение $\sin\alpha/\sin\beta$, где β — угол преломления луча.

Подведение итогов

Задания

1. Сформулировать вывод, суммирующий частные выводы, полученные из исследований на компьютере по заданиям 1–4.
2. На натурной демонстрационной установке проверить все сделанные выводы.

Часть II. Решение задач

Эту компьютерную подпрограмму (рис. 3) я использую не только для исследований учащихся, но и при решении задач.

Даю ряд задач на преломление света с разными числовыми данными:

- на нахождение угла α по углу β и n ,
- на расчет угла β по углу α и n ,

на нахождение коэффициента преломления n по углам α и β .

Учащиеся должны решить их по изученной формуле, а потом проверить свое решение и ответ на компьютере.

Ребятам всегда интригует вопрос: «Сойдутся ли ответы?».

Задача № 4 Тема «Тонкая линза»

Вводный модуль

Повторяем определения и материал: «световой луч», «линза», виды линз, «фокус линзы», «главная оптическая ось», а также смысл обозначений F , R , n .

Запускаем подпрограмму «Линза» и рассматриваем картинку — рис. 4.

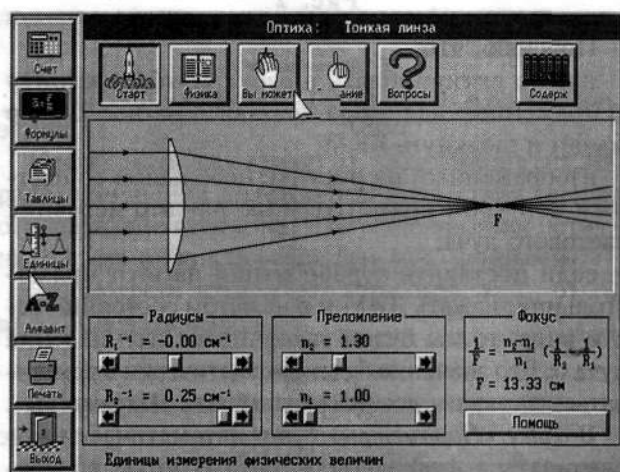


Рис. 4

Поясняю:

внизу под рисунком есть три блока, два из них имеют линейки и бегунки;

блок «Радиусы» с двумя линейками для выставления значений переднего и заднего радиусов R_1 и R_2 линзы, которые позволяют моделировать все виды линз: двояковыпуклую, плосковыпуклую, выпукловогнутую, плосковогнутую и двояковогнутую с различными радиусами кривизны. На рис. 4 показана плосковыпуклая линза; ее радиусы кривизны $R_1 = 0$ и $R_2 = 0,25$ см выставлены на линейках.

Выставление осуществляется наложением курсора мыши на бегунок: нажимают левую клавишу мыши и, передвигая бегунок, выставляют необходимые данные; после этого клавишу мыши опускают;

блок «Преломление» позволяет изменять материал, из которого изготовлена линза, а также окружающую среду. Смысл используемых обозначений таков: n_1 — абсолютный коэффициент преломления материала, из которого изготовлена линза, n_2 — абсолютный коэффициент преломления вещества, в котором она находится.

Изменения n_1 и n_2 можно осуществлять описанным выше образом (так же как изменения радиусов линзы);

блок «Фокус» рассчитывает по показанной в нем формуле (в зависимости от значений, заданных нами в блоках «Радиусы» и «Преломление» R и n) фокусное расстояние линзы.

Основной блок

Часть I. Исследования

Задание 1

Изучить (на качественном уровне) ход лучей в двояковыпуклой и плосковыпуклой линзах. Сделать вывод.

Задание 2

Изучить ход лучей в двояковогнутой и плосковогнутой линзах. Сделать вывод.

Задание 3

Исследовать, как влияет на ход лучей, идущих через собирающую линзу, значения абсолютных показателей преломления n_1 и n_2 . Сделать вывод.

Задание 4

Исследовать, как меняется фокусное расстояние линзы при изменении радиусов ее кривизны.

Часть II. Решение задач

Задача

Рассчитать фокусное расстояние линзы, если даны значения R_1 , R_2 , n_1 , n_2 . (Значения параметров всем даю разные.)

После решения задачи на компьютере оно проверяется классическим (традиционным) способом.

Задача № 5

Тема «Изображения, даваемые собирающей линзой»

Вводный модуль

Запускаем подпрограмму «Линза как оптический прибор».

Рассматриваем рис. 5.

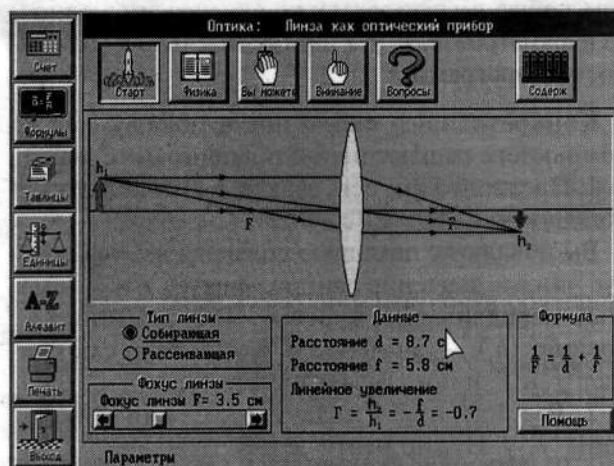


Рис. 5

Поясняю:

Тип линзы устанавливаем с помощью блока такого же названия (ставят курсор мыши на первую кнопку и нажимают ЛКМ);

блок «Фокус линзы» с помощью передвижения бегунка позволяет «выставить» нужное значение F : при перемещении бегунка его цифровое значение автоматически высвечивается;

данные — о расстояниях d и f высвечиваются компьютером автоматически при установке предмета перед линзой;

для изменения расстояния между линзой и предметом используется мышь: курсор мыши ставят на предмет и перемещают при нажатой ЛКМ на необходимое по условию задачи, расстояние.

В данном случае мы можем изменять только два параметра d и f . Изменение параметра d происходит с помощью наложения курсора мыши на предмет («высота» h_1); при нажатой левой клавише мыши передвигают предмет на нужное расстояние, а оно отображается в виде числа в блоке «Данные» (расстояние d).

Второй параметр F изменяют с помощью линейки в блоке «Фокус линзы».

Третий параметр f изменяется сам в зависимости от первых двух, и его значение программа учитывает согласно формуле (в блоке «Формула»); этот параметр мы отслеживаем в блоке «Данные» (расстояние f). Итак, изменяя два параметра d и F , мы можем получить любой комплект нужных нам данных.

Машина сама считает линейное увеличение, зная f и d , и выдает результат.

Таким образом, можно моделировать практически любую легкую задачу по определению одного из параметров d, F, f, Γ применительно к возможностям программы.

Конкретизирую сказанное и покажу, как на компьютере решают в этой подпрограмме задачи.

1. Предположим, есть задача, в которой даны F и d . Нужно найти f, Γ .

Выставляют с помощью ползунка в блоке «Фокус линзы» значение данного фокуса F и с помощью передвижения курсора, поставленного на предмет (h_1), — значение d . Компьютер сам считает f и Γ и показывает их значения.

2. Рассматриваем задачу, в условии которой даны F, f . Нужно найти d и Γ .

Выставляют с помощью ползунка в блоке «Фокус линзы» значение F . Курсор мыши ставят на предмет h_1 , нажимают ЛКМ и передвигают предмет до тех пор, пока в блоке «Данные» не появится значение f , соответствующее условию. Левую клавишу мыши отпускают. Компьютер считает и выдает ответы в блоке «Данные: d и Γ ».

3. Имеется задача, в которой даны d, f , но неизвестно F . Нужно найти F и Γ .

Ставят курсор мыши на предмет, нажимают ЛКМ и передвигают в таком состоянии вдоль главной оптической оси до тех пор, пока в блоке «Данные» не появится значение d , совпадающее с условием. В блоке «Фокус линзы» передвигают ползунок до тех пор, пока в блоке «Данные» не появится значение f , совпадающее с условием. Значение F считывают с линейки, Γ компьютер считает сам и выдает ответ в блоке «Данные».

Подобными манипуляциями решают на компьютере задачи, относящиеся к другим подпрограммам «Физика в картинках».

Основной блок

Часть I. Исследования

Задача 1

Исследовать, как зависит размер изображения от расстояния предмета до линзы.

Задача 2

Изучить, от чего и как зависит даваемое линзой увеличение изображения.

Задача 3

Исследовать, влияет ли, и если «да», то как, размер фокусного расстояния собирающей линзы на размер даваемого ею изображения.

Все выводы ученики проверяют на демонстрационных или лабораторных установках.

Часть II. Решение задач

Я брал за основу несколько задач из задачника Н.И. Гольдфарба. Учащиеся выставляют на компьютере значения параметров, представленных в условиях задач, и получают на экране рисунки, им соответствующие. Компьютер производит расчеты и выдает «ответы» — недостающие цифровые данные. Эти результаты нужно ученику сравнить с решением, полученным им «классическим» способом: личным расчетом по изученным формулам. Только после этого я выставляю оценку.

Рассмотрим, например, задачу.

На каком расстоянии d от выпуклой линзы с фокусным расстоянием $F = 3$ см следует поместить предмет, чтобы получить действительное изображение, увеличенное в 1,8 раза. Решить на компьютере, построением и расчетом.

Дополнительное задание: вычислить расстояние от линзы до предмета f .

Указание. Данную задачу рекомендую решить вначале, используя компьютерное моделирование, а затем — по расчетным физическим формулам. Ответы сравнить и сделать вывод.

Способ получения компьютерного решения рассмотрен выше, традиционный — привожу далее.

Дано:

Решение

$$F = 3 \text{ см}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f};$$

$$\Gamma = 1,8$$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 1,8 \rightarrow f = 1,8d.$$

$$d = ?$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{1,8d};$$

$$f = ?$$

$$d = 1,56 \quad F = 4,7 \text{ см}$$

$$f = 1,8 \quad d = 1,8 \cdot 4,7 \text{ см} = 8,4 \text{ см}.$$

О т в е т ы: $d = 4,7$ см, $f = 8,4$ см.

Указание. Часто физическое решение и компьютерное моделирование я меняю местами, для того чтобы не превращать процесс решения задачи в «накатанную дорожку».

Расхождение ответов получается порядка 3%, что неплохо. Неточность компьютерных данных объясняется погрешностью, даваемой компьютерной программой; шаг изменения фокусного расстояния F в подпрограмме «Линза как оптический прибор» равен 0,5 см. Это усложняет подбор данных для подобного вида физических задач.

ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ

ФИЗИКА ДОМА И В ДОМЕ (элективный курс)

Г.Д.Данильченко

(г. Ростов-на-Дону, средняя школа № 4)

Пояснительная записка

Программа этого курса (курса по выбору для учащихся средних классов) рассчитана на 10 учебных часов. Она ориентирована на показ применения полученных из курса физики сведений в повседневной жизни, в быту. В процессе изучения элективного курса учащиеся имеют возможность расширить свои представления о природе, развить знания о физических явлениях, материалах и их свойствах.

Курс — межпредметный: наряду со сведениями из физики в его содержание входит знакомство с некоторыми техническими приборами и приспособлениями, материал из химии, биологии.

В процессе работы по изучению данного курса ученики могут:

- закрепить умения пользоваться научно-популярной и справочной литературой, Интернетом;
- расширить спектр своих умений (анкетирование, составление тематических карточек, таблиц, схем) по избранной теме;
- научиться более внимательно всматриваться в окружающий мир;
- приобрести навык поиска нужных данных, их отбора, анализа, обобщения.

В содержании элективного курса я выделяю теоретический и практический аспекты. По другой классификации можно сказать, что в каждой теме как бы 3 части: теория, практические работы (простые опыты и исследования), полезные советы.

В связи с тем что данный курс является элективным, т.е. выбирается учащимися по своей инициативе и с учетом направленности своих познавательных интересов, целесообразно при подведении итогов обучения использовать нетрадиционную систему оценивания: «портфель достижений». Это набор работ каждого отдельного ученика (сочинений, макетов, самостоятельно выполненных наглядных пособий или фото, компьютерные материалы, видеопленки и т.д.), который оценивается на основе разработанных критериев. По резуль-

татам этих оценок судят об успешности обучения данного ученика.

В личный «портфель достижений» к концу курса каждый должен «вложить» свой труд. Ученик может самостоятельно решить, какие именно свои работы он считает достаточно успешными, чтобы представить их в «портфеле».

Обязательными должны быть работы из следующего перечня:

- страничка физических наблюдений;
- каталог полезных советов и изобретений;
- комплект народных советов;
- чертеж или схема устройства с объяснением;
- текст тематического доклада;
- поделка (которая в дальнейшем может быть представлена на выставке) и др.

Содержание курса представлено в таблице 1.

Привожу краткое содержание первой части занятий.

Занятие № 1

Тема

«Цели и методы науки «Физика»

1. *Теория.* Физика — наука о природе. Наблюдение и описание физических явлений. Физический эксперимент. Измерение физических величин. Погрешности измерений. Физические законы и границы их применимости.

Некоторые механические понятия: масса тела, плотность вещества, трение.

2. *Диагностическое тестирование.* Основная его задача: выявление желаний заниматься физикой и направленности познавательных интересов.

3. *Практическая работа* «Измерение объемов твердого тела, жидкостей, сыпучих тел».

Приборы и материалы: мензурки различной вместимости, баночка нетрадиционной формы, стаканы с водой, песком, крупой, твердое тело неправильной формы на нити, столовая и чайная ложки, мерная кружка.

Таблица 1

Содержание элективного курса

№ п/п	Название темы занятия	Практическая работа	Число часов
1	Введение. Цели и методы науки «Физика». Диагностический тест	Измерение объемов твердого тела, жидкостей и сыпучих тел	2
2	Механические явления. Сила трения. Мои наблюдения	Исследование зависимости силы трения от силы нормального давления	1
3	Тепловые явления	Изучение термометров разных типов. Измерение температуры воздуха, жидкости, почвы, тела человека	2
4	Электрический ток	Определение мощностей электроприборов и работы, совершаемой в них током	1
5	Физика на кухне	Определение связи массы вещества с его объемом. Определение массы вещества без весов. Нахождение плотности вещества	2
6	Физика в ванной комнате	Исследование скорости изменения температуры остывающей воды. Изучение причин изменения этой скорости	1
7	Физика в спальне	Наблюдения физических явлений, происходящих в этом помещении	1
8	Заключительное занятие. Зачет	Тестирование по курсу	1
Итого			10

Задания

- Определить объем воды, помещающейся в столовой и чайной ложках.
- Налить в мензурку воды и определить объем этой воды.
- В другую мензурку насыпать песок и определить его объем.
- В мензурку с водой опустить на нити твердое тело неправильной формы и определить его объем.
- С помощью мерной кружки определить объем любой крупы, помещающейся в чашку и стакан.
- Определить вместимость небольшой баночки нетрадиционной формы.

Все данные записать в отчет. Указать погрешности измерений.

Занятие № 2**Тема****«Механические явления. Сила трения». Трение «полезное» и «вредное»**

1. *Теория.* Сила. Сложение сил. Сила давления. Давление. Сила трения.
2. *Практическая работа* «Исследование и построение графика зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления».

Приборы и материалы: деревянная дощечка, брусок, набор грузов, динамометр.

Задание: установить зависимость силы трения от силы нормального давления и представить результат графически.

3. Обсуждение результатов наблюдений учащихся о проявлениях трения.

4. Разбор и объяснение с точки зрения физики полезных народных советов (табл. 2; см. с. 37).

5. *Домашнее задание:* приготовить (по желанию) сообщения:

- «Полезное» трение — в чем его польза?
- Как увеличить «полезное» трение?
- Как уменьшить «вредное» трение?

Занятие № 3**Тема «Тепловые явления»**

1. *Теория.* Теплопередача и ее виды: теплопроводность, конвекция, излучение. Нагревание и охлаждение вещества.

Испарение и конденсация. Кипение. Плавление и кристаллизация, парообразование, сгорание топлива.

2. *Практическая работа* «Изучение термометров разных типов. Измерение температуры воздуха, жидкости, почвы, тела человека».

Приборы и материалы: термометры ртутный и

Таблица 2

Полезные советы (тема «Механика»)

Проблема	Совет
После мебели, стоящей на ковре, остаются следы. Как их избежать?	Чтобы следы не оставались, необходимо под ножки мебели подложить красиво обработанные большие квадратики толстой фанеры
С твердой древесиной сложно работать. Что нужно сделать, чтобы шурупы и гвозди легче входили ?	Шурупы и гвозди надо натереть мылом или смазать растительным маслом
При сверлении бетона сверло очень быстро нагревается, теряет твердость и режущую способность. Почему? И как быть?	Нагревается из-за трения. Чтобы избежать названных проблем, сверло необходимо для охлаждения периодически опускать в холодную воду, не забывая отключать дрель от сети. Перегревающийся элемент дрели можно смазать эмульсолом
Если телефон, стоящий на полированной мебели, скользит при наборе номера, что можно предпринять?	Снять наждачной бумагой глянец с опорной плоскости и резиновых ножек телефона
От соударения форточек при сквозняке разбилось стекло. Как избежать в дальнейшем подобной беды?	Чтобы это событие не повторилось, наклейте на ручку ударяющей форточки кусочек мягкой резины

Таблица 3

Результаты измерений

Параметр	Значение параметра
Температура воздуха	
Температура почвы	
Температура тела человека	
Температура горячей воды	
Температура холодной воды	
Температура смеси холодной и горячей воды у дна сосуда	
Температура смеси холодной и горячей воды у поверхности	
Инструментальная погрешность лабораторного термометра	
Инструментальная погрешность медицинского термометра	

спиртовой, лабораторный и медицинский, стаканы с холодной и горячей водой.

Задания

Указания к работе:

- Ознакомиться с разными типами термометров и их особенностями.
- Вспомнить правила обращения со стеклянными термометрами.
- Измерить и записать температуру окружающей среды, почвы, собственного тела, холодной воды в стакане,

добавить некоторое количество горячей воды и, размешивая воду, измерить температуру у дна и вблизи поверхности воды. Объяснить результат.

- Определить инструментальные погрешности разных термометров и сравнить их.

Записать все результаты в таблицу 3.

3. Обсуждение примеров наблюдений учащихся за тепловыми явлениями в быту.

4. Разбор полезных народных советов (табл. 4). Ученикам предлагаю таблицу с заполненными двумя колонками (1 и 2). В ходе беседы мы выясняем, что внести в колонку 3, которая называется «Физическое объяснение совета» (в табл. 4 колонка 3 не представлена).

Таблица 4

Полезные советы (тема «Тепловые явления»)

Проблема	Совет
Как правильно вставить оконную раму, чтобы стекла не запотевали?	По контуру рама должна быть герметично закупорена уплотнителем или специальной пеной
Как сделать, чтобы свежеразкрашенные полы в комнате высохли быстрее и запах быстрее выветрился?	В комнате открыть дверь и окна, воспользоваться вентилятором
Стены внутри дома оклеивают обоями. Что дает это кроме придания красивого внешнего вида?	Обои помогают сохранить тепло в комнате
В расширительный бачок системы водяного отопления индивидуального дома приходится постоянно доливать воду. Что сделать, чтобы эта процедура стала редкой?	Убыль воды из расширительного бачка прекратится, если в него налить 20–30 г машинного масла
Окна квартиры выходят на южную сторону. Как защититься от теплового излучения?	Чтобы защитить комнаты от солнечного излучения, нужно повесить на окна занавески-отражатели с наклеенной на внешнюю сторону фольгой
Как ускорить процесс закипания воды?	В воду необходимо бросить кусочек сливочного масла
Циклевка пола или паркета, покрытого лаком или краской, — дело трудоемкое. Как его облегчить?	Нужно пол «прогладить» горячим утюгом через влажную тряпку

Занятие № 4

Тема «Электрический ток»

1. Теория. Постоянный электрический ток. Источники постоянного тока. Закон Ома для участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединения проводников. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца. Электродвигатель.

2. Практические работы

«Определение мощностей бытовых электроприборов»,

«Изучение паспорта электрического прибора»,

«Определение работы, совершаемой током в этих бытовых электроприборах».

Приборы и материалы: различные электробытовые приборы (электрочайник, электроплитка,

электронагреватель), реостат, электрические лампы и др.

Задания

- Выпишите паспортные данные предложенных вам бытовых электрических приборов; обратите внимание на их мощность.
 - Определите работу, совершенную током в этих приборах за 10 мин, 20 мин, 1 ч, за какой-то другой промежуток времени.
 - Полученные данные занесите в таблицу 5.
 - Рассмотрите и изучите таблицу для расчета за использованную электроэнергию (табл. 6).
3. Обсуждение работ учащихся.
4. Домашнее задание. Подсчитать стоимость электроэнергии, потребленной одним каким-либо электробытовым прибором за месяц в вашей квартире.

Таблица 5

Мощность и работа тока

Название электроприбора	Его мощность	Время действия	Работа, произведенная током

Таблица 6

Расчет за использованную электроэнергию

Дата записи	Показания счетчика	Расход энергии, кВт	Тариф	Сумма, руб.
Текущий месяц				
Прошлый месяц				

Изучение зависимости массы вещества от его объема

№ опыта	Объем воды в стакане, см ³	Масса воды, г

Таблица 8

Полезные советы (тема «Физика на кухне»)

Проблема	Совет
Передвигая мебель, царапают полы. Как избежать этого?	Необходимо под ножки подложить полиэтиленовые крышки или приклеить к ножкам кусочки войлока от обуви
Что делать, если в каком-то месте кухни появился неприятный запах?	Налейте на сковородку немного уксуса и держите его на огне, пока не испарится. Можно сжечь лимонную или апельсиновую корочку; разложить таблетки активированного угля или кусочки древесного угля
Ящик кухонного стола открывается с трудом. Что делать?	Протрите края ящика и пазы, в которых он движется, сухим мылом или свечкой
Надоело оттирать копоть с кастрюль! А как быть?	Перед применением кастрюлю слегка нагрейте и натрите снаружи дно и стенки мылом
Как сыр нарезать тонкими ломтиками?	Используйте для резки приспособление со струнами (сырорезку)
Продукты в морозильной камере холодильника примерзают ко дну. Что делать?	Поместите в морозилку поддон, опирающийся на два полозка, уже на поддон укладывайте продукты

Занятие № 5

Тема «Физика на кухне»

1. Практические работы

«Исследование связи массы вещества с его объемом»,

«Определение массы вещества без весов»,

«Нахождение плотности вещества».

Приборы и материалы: весы с разновесом, стакан с водой, стакан от калориметра, мензурка; крупа, сахарный песок, соль, горох, баночки с молоком и кефиром.

Задания

- Экспериментально подтвердите утверждение о прямой пропорциональной зависимости между массой тела и его объемом. Для этого

проведите ряд измерений и заполните таблицу (табл. 7).

- По данным таблицы постройте график зависимости массы воды от ее объема. Сделайте вывод.
- Определите без весов массы данных вам веществ: крупы, сахарного песка, соли. Свои результаты проверьте с помощью весов.
- Найдите плотность гороха, молока и кефира.
- Продумайте, как выполнить эти задания и в таблицу какой формы записать результаты.

2. Сбор и рассмотрение полезных народных советов на тему «Физика на кухне» (табл. 8). (В процессе беседы с учащимися таблица пополняется «проблемами» и объяснениями советов; последние вписывают в графу 3.)

ИЗУЧЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

(элективный курс)

В.А.Белянин, Г.И.Мамочкина

(г. Йошкар-Ола, Марийский ГПИ им. Н.К.Крупской)

В связи с введением в школах профильного обучения особую важность приобретают вопросы углубленного изучения физики, постановки исследовательских экспериментальных работ, применение компьютера для моделирования физических процессов.

В данной статье мы предлагаем программу элективного курса по радиоактивности для учащихся XI класса физико-математического и близкого ему профилей. Курс рассчитан на 14 ч и может быть проведен, например, за счет школьного компонента учебного плана во втором полугодии.

Особенности курса. Он содержит помимо теории лабораторный практикум по ядерной физике, который создан на дидактической базе научно-исследовательского подхода. Работы, включенные в практикум, проводятся с абсолютно безопасными радиоактивными источниками, какими являются соль KCl и атмосферный воздух, обладающий естественной радиоактивностью. Эти источники доступны, всегда есть в наличии и не требуют для использования специальных мер предосторожности. Программа курса соответствует стандарту профильного уровня по физике для старшей школы.

Цели элективного курса: расширить и углубить знания учащихся о процессе научного познания, а также в области радиоактивности, познакомить с экспериментальными методами регистрации заряженных частиц и методами моделирования процессов распада радиоактивных изотопов.

Достижение данных целей связано с решением следующих частных задач.

1. Расширение общеучебных и предметных для физико-математического профиля умений учащихся: обращения с приборами, измерительных, графических, вычислительных умений, умений систематизировать результаты наблюдений, проводить исследовательский эксперимент.

2. Освоение учащимися способов анализа экспериментальных данных, интерпретации результатов опытов, использования компьютеров для обработки полученных данных и моделирования физических процессов.

Содержание курса. В результате его изучения учащиеся познакомятся со способами измерения

радиоактивности счетчиком Гейгера—Мюллера, научатся определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле, описывать и объяснять полученные наблюдения и данные экспериментов.

Основные формы организации занятий:

- лекции по теории с демонстрациями;
- доклады и сообщения учащихся с анализом теоретических проблем и демонстрационных опытов;
- лабораторные работы (с элементами исследований, обработкой результатов на компьютере, оформлением отчетов, моделированием физических процессов тоже на компьютере).

Методы обучения. При чтении лекций используются информационно-иллюстративный метод и проблемное изложение. При выполнении практических работ основные методы — частично поисковый и исследовательский. Лабораторные работы организованы в виде практикума.

Оборудование. Его основу составляет комплект приборов «Арион» [1], разработанный на кафедре физики Марийского педагогического института, и созданные там же компьютерные программно-педагогические средства к нему. Комплект «Арион» можно заменить отдельными приборами физического кабинета: источником питания, вольтметром, счетчиком импульсов и секундомером.

Можно использовать также наши компьютерные программы для моделирования процессов радиоактивного распада; они составлены в стандартной программе *Maple*.

Содержание программы

Тема 1. Естественная радиоактивность — 2 ч.

Стабильные и нестабильные ядра. Основной закон радиоактивного распада. Постоянная распада, период полураспада, время жизни радиоактивных ядер. Виды радиоактивного распада: α -распад, β -распад, γ -излучение. Активность радиоактивного препарата.

Тема 2. Экспериментальные методы исследования радиоактивности — 2 ч. Регистрация заряженных частиц. Счетчики частиц: счетчик Гейгера—Мюллера, полупроводниковые счетчики, счетчики Черенкова. Трековые камеры: камера Вильсона, пу-

зьрьковая камера, искровая камера. Фотоэмульсии. Физические основы работы и характеристики детекторов.

Тема 3. Лабораторная работа № 1 «Изучение счетчика Гейгера—Мюллера» — 2 ч.

Тема 4. Последовательный распад радиоактивных изотопов — 1 ч.

Тема 5. Лабораторная работа № 2 «Исследование естественной радиоактивности атмосферного воздуха» — 3 ч.

Тема 6. Лабораторная работа № 3 «Компьютерное моделирование процессов радиоактивного распада» — 2 ч. Знакомство с компьютерными программами «MathCad», «Maple» и «Origin». Компьютерное моделирование закона радиоактивного распада, последовательного распада двух радиоактивных изотопов и построение графиков этих процессов.

Пояснение. Программы «MathCad», «Maple», «Origin» — это профессиональные компьютерные программы для решения математических уравнений, построения графиков, расчета каких-либо величин. Следовательно, они пригодны и для моделирования физических процессов, если те описаны математическими уравнениями. Широко применяются при обучении в вузах. Программы лицензионные, распространяются по той же сети, что и остальные компьютерные программы; в частности их можно найти в Интернете.

Заключительное занятие — 2 ч. Заслушивание и обсуждение докладов, отчетов учащихся о проведенных исследованиях и самостоятельных работах по тематике элективного курса.

- Рассмотрим подробнее экспериментальные исследования и полученные при этом результаты.

Лабораторная работа № 1 «Изучение счетчика Гейгера—Мюллера»

Цели работы: изучение схемы включения счетчика в электрическую цепь, определение его параметров, построение на основе эксперимента счетной характеристики прибора и ее исследование, измерение радиационного фона.

Приборы и материалы: счетчики Гейгера—Мюллера СТС-6 в качестве детектора излучений — 2 шт., соединенные параллельно (для увеличения скорости счета) и смонтированные на плате из органического стекла вместе с RC-цепочкой, источник питания, вольтметр, счетчик импульсов, секундомер, соль калия как источник β -излучения.

Уточнения

Счетчик Гейгера—Мюллера входит в число приборов школьного кабинета физики. Используется он также во всех бытовых радиометрах как детектор радиоактивного излучения.

Счетчик СТС-6, который мы используем, выпускало Саранское объединение «Светотехника». Счетчик СТС-6 имеет форму цилиндра длиной 20 см, диаметром 2 см; рабочее напряжение 450 В.

Цилиндр служит катодом, анод — тонкая металлическая нить диаметром от 0,05 до 0,5 мм (в приборах различных марок), расположенная по оси цилиндра. Счетчик заполнен специально подобранным газом, например аргоном, при давлении от 10 до 760 мм рт. ст. (в приборах разных марок давление разное). Между катодом и анодом за счет внешнего источника создается разность потенциалов. Для снятия счетной характеристики напряжение на счетчике необходимо изменять в пределах от 250 до 650 В.

Счетчик электрических импульсов, который мы используем в этой работе, входит в наш комплект «Арион», он изготовлен нами. Но его можно купить в специализированном магазине; есть он и в комплекте приборов школьного кабинета физики. Предел измерения 0–1000 имп/мин.

Источник питания (источник постоянного тока) — любой маломощный, желательно стабилизированный; предел измерения 250–650 В.

Секундомер — любой.

Элементы «цепочки» RC: сопротивление R — 2–5 МОм; конденсатор C — 3–5 пФ.

Рабочая схема установки для опыта и принцип ее действия

Схема включения счетчика Гейгера—Мюллера в цепь показана на рис. 1; она имеется в книге «Практикум по ядерной физике» О.Ф.Кабардина и С.И.Кабардиной [2].

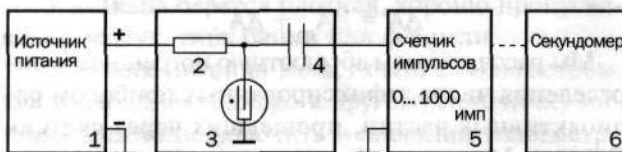


Рис. 1

Источник питания (см. рис. 1) выдает 450 В на последовательно соединенные резистор R и счетчик Гейгера—Мюллера. Жирная короткая черта на схеме означает присоединение всех элементов к одному проводу с нулевым потенциалом.

Если заряженная частица через счетчик Гейгера—Мюллера не проходит, то сопротивление счетчика равно бесконечности и точка между резистором и счетчиком имеет потенциал в 450 В. В момент прохождения через счетчик Гейгера—Мюллера регистрируемой частицы в газе возникают положительные и отрицательные ионы, вызывающие газовый разряд; сопротивление счетчика уменьшается, потенциал точки между резистором и счетчиком уменьшается, напряжение на резисторе за счет этого увеличивается. Через конденсатор на счетчик импульсов проходит электрический импульс отрицательной полярности.

Задания к работе

Задание 1. Проверить работоспособность всех узлов (источника питания, секундомера и счетчика импульсов, установить исходное напряжение питания 400 В). Собрать экспериментальную установку по схеме рис. 1.

Задание 2. Измерить радиационный фон в кабинете физики, т.е. число зафиксированных прибором импульсов за минуту (физики называют эту величину «скорость счета») без использования каких-либо специальных источников радиации. Для этого включить одновременно счетчик и секундомер на 1 мин. Записать результат.

(Пояснение. Радиационный фон кабинета обусловлен в основном космическим излучением.)

Повторите измерение не менее 5 раз и определить среднее значение фона в лаборатории. (Счетчик СТС-6 обычно дает значение фона не более 100 имп/мин.)

Рассчитать абсолютную погрешность измерения.

Пояснение. Обычно абсолютную погрешность измерения ΔA определяют так: абсолютная приборная погрешность $\Delta A_{\text{пр}}$ + абсолютная погрешность отсчета ΔA_0 :

$$\Delta A = \Delta A_{\text{пр}} + \Delta A_0.$$

Мы рассчитываем абсолютную погрешность определения числа зафиксированных прибором радиоактивных частиц, прошедших через счетчик Гейгера—Мюллера.

Радиоактивный распад является примером случайного события, подчиняющегося распределению Гаусса. Абсолютную погрешность измерения такой случайной величины находят иначе: как корень квадратный из отсчитанного значения $\Delta A = \sqrt{A}$. Приборная погрешность и погрешность

отсчета при таких измерениях пренебрежимо малы и их можно не учитывать.

Задание 3. Изучить счетную характеристику счетчика, т.е. зависимость скорости счета от напряжения, подаваемого на счетчик Гейгера—Мюллера, при неизменной интенсивности ионизирующего излучения.

3.1. Определить пороговое напряжение счетчика, т.е. минимальное напряжение (около 300 В), при котором счетчик перестает регистрировать пролетающие через него частицы.

Для этого положить плату, где укреплен счетчик, на полиэтиленовый пакет (его размеры такие же, как размеры счетчика) с любой солью калия. Включить счетчик импульсов и убедиться, что скорость счета увеличилась по сравнению с первым случаем (измерение фона). Объяснить результат.

Плавное уменьшение напряжения на счетчике, определение порогового напряжения.

3.2. Получить данные для построения счетной характеристики. Для этого: установить напряжение питания меньше, чем пороговое, на 50 В и менять его, увеличивая, с шагом в 10 В до напряжения 650 В. Записывать каждый раз число зафиксированных прибором импульсов.

Повторить эксперимент, закрыв половину пакета с солью калия металлической пластинкой толщиной около 1 мм; записать результаты.

Задание 4. По полученным данным построить графики «Счетная характеристика» для обоих случаев, рассмотренных в пункте 3.2. При этом радиационный фон можно не учитывать; на графиках отразить использование разных источников радиации.

Построенные графики должны быть аналогичны тем, что представлены на рис. 2 (кривая 1 соответствует ситуации 1, кривая 2 — ситуации 2).

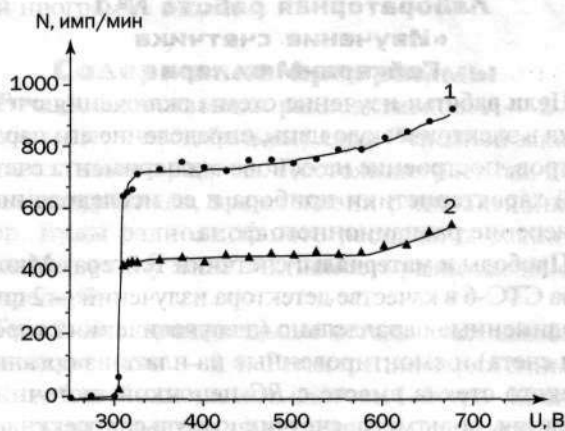


Рис. 2

Задание 5. Выполнить физическое истолкование полученных результатов.

5.1. Объяснить вид счетной характеристики. Приводим ответ. На участке от 50 В до порогового напряжения (~300 В) регистрация импульсов от частиц не происходит: приложенное к счетчику напряжение мало и не создает вторичную ионизацию молекул газа, а ионы, возникшие в счетчике при первичной ионизации, не способны вызвать газовый разряд, уменьшающий сопротивление прибора.

Резкий подъем графика вверх «говорит» о том, что вторичная ионизация началась; это значит, что подаваемое на счетчик Гейгера–Мюллера напряжение перешагнуло пороговое.

Верхний, почти горизонтальный участок графика (он называется «плато») свидетельствует о том, что прибор регистрирует все частицы, попадающие в него. На этом участке помимо первичной ионизации молекул газа в процессе участвует вторичная ионизация, происходящая за счет приложенного к счетчику большого напряжения. Это напряжение разгоняет электроны и ионы газа, и те, ударяясь с большой скоростью в нейтральные молекулы и атомы, вызывают их ионизацию. Она и обеспечивает возникновение в электрической цепи устойчивого электрического импульса, регистрируемого счетчиком.

При напряжении на счетчике более 600 В «ход» графика вновь возрастает. Это можно объяснить возникновением самопроизвольной ионизации газа под действием большого напряжения между анодом и катодом счетчика.

5.2. Охарактеризовать влияние на счетную характеристику интенсивности радиоактивного излучения, регистрируемого счетчиком.

Примерный ответ. Кривая 2 получена при интенсивности радиоактивного источника примерно в два раза меньшей, чем в первом случае. Сравнив графики на рис. 2, делаем вывод, что в обеих ситуациях сохраняется пороговое напряжение и ширина плато.

5.3. Определить рабочее напряжение счетчика.

Пояснение. Рабочее напряжение на счетчике Гейгера–Мюллера — это такое напряжение, при котором число сосчитанных частиц не зависит от напряжения на приборе. При рабочем напряжении счетчик регистрирует практически все проходящие через него частицы, естественно, те, на регистрацию которых он рассчитан.

Примерный ответ на это задание. Рабочее на-

пряжение счетчика располагается примерно на середине отрезка «плато». Для нашего эксперимента это около 450 В.

• Отчет ученика должен содержать не только экспериментально полученные результаты, но и их анализ, а также ответы на контрольные вопросы: «Устройство счетчика Гейгера–Мюллера», «Схема включения прибора», «Какие физические процессы сопровождают прохождение через счетчик ионизирующей частицы?», «Как объяснить полученные графики?», «Расчет погрешностей» (см. пояснение к заданию 2 этой работы; прочтя данные там разъяснения, абсолютную погрешность можно рассчитать для каждой точки кривой рис. 2 как корень квадратный из значения ординаты этой точки).

Время выполнения лабораторной работы в полном объеме составляет около 80 мин.

Лабораторная работа № 2 **«Исследование естественной радиоактивности атмосферного воздуха»**

Цели работы: накопление на фильтре, через который продувают воздух, радиоактивных изотопов, содержащихся в нем; получение экспериментальных данных о радиационной активности сконцентрированных на фильтре изотопов.

Приборы и материалы: счетчик Гейгера–Мюллера СТС-6 — 1 шт., соединенный с RC-цепочкой (в качестве детектора излучений), помещенный в чехол из фильтровальной ткани, источник питания, вольтметр, счетчик импульсов, секундомер, пылесос.

Пояснения. Счетчик Гейгера–Мюллера в электрическую схему RC нужно смонтировать.

На счетчик шьют чехол в виде мешочка длиной около 23 см и диаметром около 5 см, чтобы он соответствовал диаметру всасывающей трубы пылесоса. Ткань берется плотная, хорошо пропускающая воздух, типа байки или фланели.

Источник питания может быть с вольтметром, как в «Арионе»; однако к другому источнику питания можно подключить и внешний вольтметр.

Введение в физику вопроса. Радиоактивность воздуха обусловлена, в основном, наличием в нем продуктов распада изотопа инертного газа радона $^{222}_{86}\text{Rn}$. Последний образуется из радия $^{226}_{88}\text{Ra}$, содержащегося в почвах данной местности; его количество зависит от состава почвы и условий выхода радона на поверхность. Период полураспада

радона (α -распад, $T_{1/2} = 3,82$ дня); его удельная активность в атмосферном воздухе в зависимости от места и времени наблюдения колеблется в пределах от 10^{-15} до $5 \cdot 10^{-13}$ Ки/л. Продуктами распада радона ${}^{86}\text{Rn}^{222}$ являются последовательно изотопы полония, свинца, висмута. Цепочка радиоактивного распада показана на рис. 3.

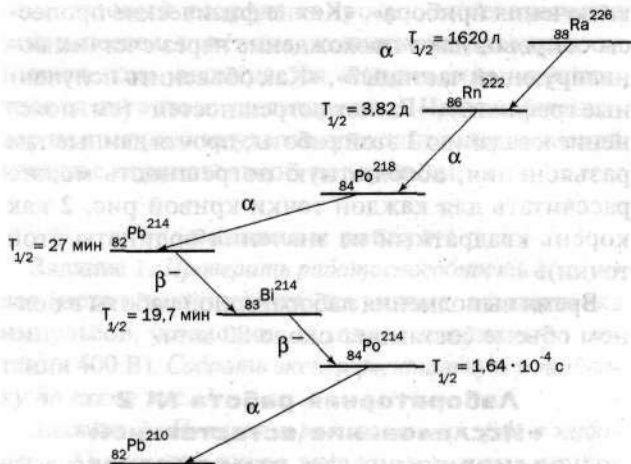


Рис. 3

Задания к работе

Задание 1. Собрать экспериментальную установку по схеме (рис. 1).

Проверить работоспособность источника питания, секундомера и счетчика импульсов, установить напряжение питания счетчика 450 В.

Поместить счетчик Гейгера—Мюллера с чехлом во всасывающую трубу пылесоса (рис. 4).



Рис. 4

Задание 2. Измерить радиационный фон N_{ϕ} (имп/мин), фиксируемый счетчиком Гейгера—Мюллера (см. задание 2 к лабораторной работе № 1).

Задание 3. Выполнить эксперимент. Для этого включить пылесос и одновременно счетчик импульсов. Не останавливая счет, регистрировать показания счетчика каждую мин. Воздух прокачивать через фильтр 15–30 мин. (Время работы пылесоса задает учитель.) Затем пылесос выключить, а регистрацию счета в том же порядке продолжить еще 15 мин, а затем регистрировать показания

счетчика через каждые 5 мин. (Напоминаем: счетчик Гейгера—Мюллера фиксирует в основном β -излучения.)

Задание 4. По полученным экспериментальным результатам построить графики активности собранных на фильтре изотопов. Выявить особенности построенных кривых и постараться их объяснить.

Разъяснение. Первый график — это зависимость числа зафиксированных импульсов ($N - N_{\phi}$), порожденных изотопами, в минуту от времени. В нашем эксперименте пылесос прокачивал воздух через фильтр в течение 30 мин, а всего эксперимент длился 200 мин. Второй — это график зависимости логарифма скорости счета от времени. Его построение необходимо для определения периода полураспада радиоактивных изотопов, содержащихся в воздухе, и установления вида первой кривой.

Результат работы. Вид первого полученного графика показан на рис. 5.

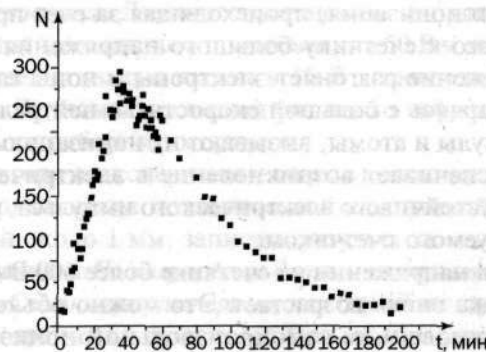


Рис. 5

Кривую рис. 5 можно разделить на два участка. На первом в течение 30 мин работы пылесоса и примерно еще в течение 10 последующих наблюдается линейное возрастание на фильтре радиоактивных β -изотопов за счет увеличения их числа при прокачке воздуха. Особенность результата: возрастание показаний в интервале времени 30–40 мин (когда пылесос был уже выключен и воздух через фильтр не прокачивался). На наш взгляд, этот участок фиксирует процесс превращения α -радиоактивного ядра ${}^{84}\text{Po}^{218}$ (его α -распад счетчик Гейгера—Мюллера не отмечает) в β -радиоактивные ядра ${}^{82}\text{Pb}^{214}$ и ${}^{84}\text{Po}^{214}$ (их β -распад счетчик Гейгера—Мюллера регистрирует).

Вторая часть кривой (от 40 мин) показывает убывание с течением времени активности β -радиоактивных ядер изотопов ${}^{82}\text{Pb}^{214}$ и ${}^{84}\text{Po}^{214}$, собранных на фильтре.

Возникает важный вопрос: «Как определить вид убывающей зависимости («убывающей» части кривой)?»

Для ответа на него нужно для каждого момента времени (в интервале 40–200 мин) найти \ln от числа N зарегистрированных счетчиком частиц и построить график в системе координат $t-\ln N$. Полученный график показан на рис. 6 справа. Так как значения натурального логарифма от числа зарегистрированных частиц (скорости счета N) «укладываются» на прямую линию, это доказывает, что ниспадающая ветвь кривой на рис. 5 — экспонента.

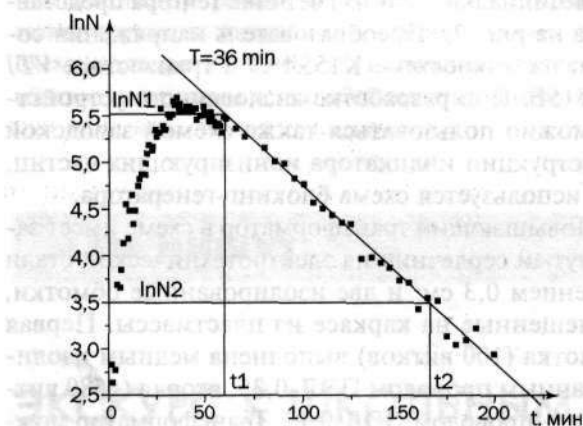


Рис. 6

Этот результат свидетельствует о высоком качестве проведенного эксперимента.

Уравнение прямой (правой ветви графика на рис. 6) имеет вид

$$\ln N = \ln N_0 - \lambda t, \quad (1)$$

где N_0 — число нераспавшихся радиоактивных ядер в начальный момент t_1 , N — число таких ядер в конечный момент t_2 , t — время распада, равное $(t_2 - t_1)$, λ — постоянная распада (формула дается без вывода).

Задание 5. Определить период полураспада радиоактивных изотопов, содержащихся в воздухе.

Пояснение. В воздухе имеются разные радиоактивные изотопы с разными периодами полураспада (см. рис. 3). В предложенном задании будем изучать совместное воздействие на счетчик всех радиоактивных изотопов, имеющих в атмосферном воздухе.

Выполнение этого задания. Из уравнения прямой (1) можно получить формулу для расчета постоянной распада λ :

$$\lambda = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{t_2 - t_1}. \quad (2)$$

Постоянная распада λ — это вероятность распада одного ядра за 1 с.

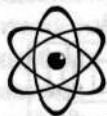
Зная λ , по формуле $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ (дается тоже без вывода) можно определить «итоговый» период полураспада радиоактивных компонентов в составе воздуха.

По результатам нашего эксперимента период полураспада всех радиоактивных изотопов, регистрируемых счетчиком, оказался равным 36 мин.

• Данное лабораторное исследование развивает и углубляет знания учащихся о радиоактивном распаде, теория которого изложена достаточно подробно в учебнике «Физика-11» под редакцией А.А.Пинского (М., 2000. — С. 345–347).

Литература

1. Белянин В.А. Современная лаборатория ядерной физики в педагогическом институте // Вестник МГПИ им. Н.К.Крупской. — Йошкар-Ола, 2004. № 1. — С. 32–35.
2. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И. Демонстрации и лабораторные работы по физике атомного ядра в средней школе. — Оренбург, 1968.



ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

<http://www.rostov-gorod.ru> — официальный портал городской Думы и Администрации города Ростов-на-Дону, включающий всю оперативную информацию по вопросам образования в данном регионе (события и факты; сеть общеобразовательных учреждений и дополнительное образование; детские движения; школьные музеи; спортивные школы; аттестация, аккредитация, лицензирование учреждений; единый государственный экзамен; конкурсы учителей и общеобразовательных учреждений; информатизация образования; методическая служба и центр диагностики и консультирования; творческие лаборатории; международные и национальные проекты и т.п.).

О НЕСТАНДАРТНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО МЕХАНИКЕ

А.В.Белов

(г. Москва, учитель физики
Лицея «Вторая школа»)

В опубликованной в предыдущем номере журнала статье «О нестандартности некоторых типовых задач по механике школьного курса физики» мы показали, сколь велик творческий и методический потенциал, который таят в себе многие типовые школьные задачи (задачи 1, 2). Мы видели также, что некоторые школьные задачи (задачи 3, 4) можно разобрать на олимпиадном факультативе. Теперь мы подошли к самой важной задаче, которая может стать (и стала) объектом серьезного научного исследования школьников. Речь пойдет о потерях энергии при спуске тел с горки на горизонтальную поверхность.

Задача 5. Далеко ли уедут санки?

([3] № 1.133, см. также [1] № 232,233 и [2] № 5.14).

Какой путь пройдут санки по горизонтальной поверхности после спуска с горы высотой $H = 15$ м, имеющей угол наклона $\alpha = 30^\circ$? Коэффициент трения саней о поверхность $\mu = 0,2$ считайте всюду одинаковым.

Решение

Такого рода задачи в задачниках [1–3] не разбираются ввиду формальной простоты их решения. Приведенные в первоисточниках ответы получаются, если в процессе решения принять, что вся начальная механическая энергия санок $E_{\text{мех}} = mgH$ расходуется на преодоление сил сопротивления на наклонной части горки и на горизонтальном участке пути. После совершенно стандартных выкладок, основанных на этой идее, получаем ответ, приведенный в [3]:

$$L = H \left(\frac{1}{\mu} - \text{ctg} \alpha \right) = 49 \text{ м.} \quad (1)$$

Насколько мы можем доверять этому решению, если захотим проверить его на опыте? Простейший способ проверки общего вида решения — посмотреть, как оно работает в таких частных случаях, когда результат нам известен без общего решения задачи. Заметим при этом, что малые углы в (1) мы рассматривать не можем, так как санки начнут сами ускоряться на горке только в том слу-

чае, когда составляющая силы тяжести, направленная вдоль горки, будет при данном угле наклона горки к горизонту превышать силу трения скольжения, т.е. должно выполняться условие: $\mu < \text{tg} \alpha$. Поэтому рассмотрим большие углы наклона. Предельно большой осмысленный (без отрыва санок от горы) угол наклона горы $\alpha = \frac{\pi}{2}$ («вертикальная» горка). Согласно формуле (1), при таком угле наклона санки уедут далее всего, так как $\frac{\text{ctg} \pi}{2} = 0$. Физическая причина такого результата заключается в том, что на вертикальной горке санки не будут терять своей механической энергии, и, как следствие, больше ее должно растратиться на горизонтальном участке. Вряд ли кто-нибудь из здравомыслящих саночников захочет проверять на опыте этот вывод теории: саночник после проведения такого опыта просто упадет в нижней точке на снег и санки никуда не поедут! Похожая ситуация будет наблюдаться (но не в такой катастрофической форме), если угол наклона горы будет 80° или 70° . Но если теория дает абсурдные результаты при углах, близких к $\frac{\pi}{2}$, где гарантия, что ее выводы подтвердятся на опыте при угле $\alpha = 30^\circ$ (тоже немало)? В связи со сказанным возникает необходимость более тщательного исследования данной ситуации, чем мы сейчас и займемся.

Рассмотренный выше частный случай вертикальной горки не только показывает несостоятельность общего решения задачи о санках, но и проясняет причину расхождения теории с опытом. При получении общего решения (1) не учитывались потери механической энергии санок на переходе наклонная плоскость — горизонтальный участок. Как возникают эти потери? Предположим, в нижней точке горы есть маленькое закругление (в реальной жизни такая ситуация всегда имеет место). Так как санки на закруглении будут двигаться по окружности (санки будем рассматривать как материальную точку), реальные физические силы, действующие на санки, должны создавать

результатирующую силу, направленную к центру закругления, которая в случае малости радиуса закругления должна быть достаточно большой. Так как сила тяжести санок mg не зависит от радиуса закругления, большая нормальная (т.е. перпендикулярная скорости) сила может быть связана только с большой по величине силой нормального давления N , а значит, и с большой силой трения скольжения $F_{тр} = \mu N$. Потери механической энергии на закруглении будут связаны с работой сил трения:

$$A_{тр} = F_{тр} \cdot S_{закр}. \quad (2)$$

Представим себе теперь, что санки при въезде на закругленный участок пути будут иметь фиксированную скорость, и устремим радиус закругления к нулю. В этом случае путь, пройденный санками по закруглению, будет стремиться к нулю, а сила трения — к бесконечности. В результате мы получаем хорошо известную математикам ситуацию «деления нуля на ноль», или, по-другому, «умножения нуля на бесконечность». Таким образом, проблемы, с которыми мы ранее сталкивались только в математике, появились в связи с рассматриваемой задачей и в физике (причем появились совершенно естественным путем, а не были «притянуты за уши» из математики!). Возникает вопрос: можно ли количественно учесть потери механической энергии санок рассматриваемой модели (с малым закруглением)? Оказывается, можно, и достаточно просто.

Модель 1 задачи 5 (с закруглением)

Опишем теперь исходные моменты рассматриваемой модели.

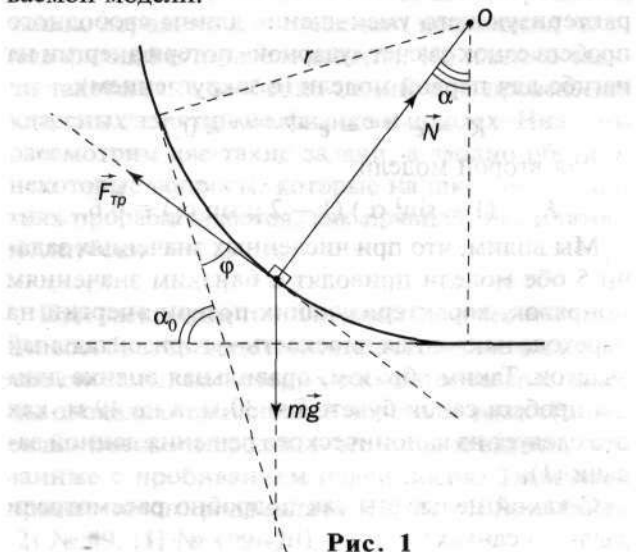


Рис. 1

Будем считать, что санки при въезде на закругленный участок пути имеют скорость v_0 , угол между наклонной плоскостью и горизонтальным участком α_0 . Радиус закругления (который мы в нашей модели будем приближать к нулю) настолько мал, что сила нормального давления $N \gg mg$. Из-за малости r будет малым также и путь $S_{закр}$, пройденный санками по закруглению. По той же причине можно пренебречь изменением потенциальной энергии санок на самом закруглении (так как мал радиус закругления, будет также мала «высота» закругления).

Для того чтобы избежать путаницы с углами, введем также в рассмотрение угол ϕ — угол поворота вектора скорости санок на закруглении: $\phi = \alpha_0 - \alpha$. Запишем теперь второй закон Ньютона для санок в проекции на нормальную ось:

$$\frac{mv^2}{r} = N - mg \cdot \cos \alpha, \text{ так как } mg \ll N, \text{ то } \frac{mv^2}{r} = N.$$

Работа силы трения санок на малом элементе закругленного участка ΔS_i :

$$\Delta A_{тр,i} = F_{тр,i} \cdot \Delta S_i = -\mu N_i r \cdot \Delta \phi_i = -\mu mv_i^2 \cdot \Delta \phi_i.$$

Потери механической (кинетической) энергии санок на этом участке:

$$\frac{\Delta mv_i^2}{2} = -\mu mv_i^2 \cdot \Delta \phi_i \text{ или } \Delta E = -2\mu E \Delta \phi_i$$

Переходя к пределу при $\Delta \phi_i \rightarrow 0$, получаем

$$\frac{dE}{d\phi} = 2\mu E.$$

Это простейшее дифференциальное уравнение имеет решение:

$$E = E_0 \cdot e^{-2\mu\phi}.$$

Так как при переходе с наклонного участка на горизонтальный ϕ достигает своего максимального значения: $\phi_{\max} = \alpha_0$, то для потери механической энергии на закруглении получаем окончательно:

$$E = E_0 \cdot e^{-2\mu\alpha_0}. \quad (3)$$

Учтя эти дополнительные потери в (1), получаем окончательно для пути, проходимого санками в рассматриваемой модели:

$$L = H \left(\frac{1}{\mu} - \text{ctg } \alpha_0 \right) \cdot e^{-2\mu\alpha_0} \quad (4)$$

Отметим, что результат (4) получен в рамках нашей модели совершенно строго.

Рассмотренная выше модель — не единственная модель, которую можно предложить в связи с данной задачей.

Модель II задачи 5

А именно, представляется разумным рассмотреть взаимодействие санок с поверхностью в нижней точке как некоторого рода неупругий удар, при котором снег поглощает вертикальную составляющую импульса и связанную с ней часть механической энергии санок. Так как удар длится конечное время (пусть и малое), то он связан с большой силой N давления санок на снег в процессе взаимодействия с горизонтальной плоскостью, а значит, в этом случае могут оказаться существенными также потери горизонтальной составляющей импульса и связанные с ними потери механической энергии (из-за большой величины силы трения $F_{\text{тр}} = \mu N$). К сожалению, как и большинство подобных моделей, эта модель до конца строго не рассчитывается. Тем не менее несложно получить некоторую оценочную формулу для длины пробега санок, основанную на изложенных выше идеях.

Как мы уже говорили выше, эти потери могут состоять из двух частей. Первая часть связана с «занулением» вертикальной составляющей импульса при ударе:

$$\Delta E_{\text{верт}} = \frac{P_y^2}{2m} = E_k \cdot \sin^2 \alpha_0. \quad (5)$$

Потери горизонтальной составляющей импульса санок при ударе рассчитать сложнее. Оценим их. Пусть сила нормальной реакции опоры N при ударе постоянна, и удар длится некоторое (малое) время τ . Тогда*

$$N\tau = mv \cdot \sin \alpha_0 \quad (\text{здесь учтено, что } mg \ll N)$$

$$\begin{aligned} \Delta A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot \Delta S = \mu N \cdot \Delta S = \frac{\mu \cdot mv \cdot \sin \alpha_0}{\tau} v\tau = \\ = 2\mu E_k \cdot \sin \alpha_0. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь ΔS — путь,ходимый санками по горизонтальной плоскости за время удара τ .

В результате при движении санок после удара на работу сил трения будет расходоваться энергия не $E = mgH(1 - \mu \text{ctg} \alpha_0)$, как предполагается в «стандартном» решении (1), а энергия:

$$E = mgH(1 - \mu \text{ctg} \alpha_0)(1 - \sin^2 \alpha_0)(1 - 2\mu \sin \alpha_0).$$

* Приближенность проводимой здесь оценки связана с тем, что при подстановке $\Delta S = v\tau$ под v мы должны понимать среднюю скорость санок за время τ , а не ее начальное значение. На самом деле эта разница будет существенна только для случаев движения, при которых во время удара на изгибе теряется большая часть энергии. В частном случае, когда санки в результате удара останавливаются в нижней точке, в этой формуле появится множитель $1/2$.

В результате чего получается следующая оценка для дальности пробега санок по горизонтальному участку пути:

$$S = H \left(\frac{1}{\mu} - \text{ctg} \alpha_0 \right) (1 - \sin^2 \alpha_0) (1 - 2\mu \sin \alpha_0). \quad (7)$$

В связи с формулами (4) и (7) у школьника может возникнуть естественный вопрос: каждая конкретная задача должна приводить к однозначному решению; как же в таком случае узнать, какое решение следует использовать для ответа на вопрос задачи 5?

Дело в том, что решение будет однозначным только в случае, когда задача определена до конца. В случае же задачи 5 условие является недоопределенным: как мы видели в процессе анализа данной системы, результат зависит от таких ее характеристик, как характер закругления горки в нижней точке, соотношение размеров санок и радиуса закругления и т.д. При разных доопределениях возникают разные варианты ответа: если размеры санок много меньше радиуса закругления (которое также считается малым), то следует использовать решение (4), если же радиус закругления много меньше размеров санок, то следует использовать оценку (7).

После выяснения всех этих нюансов мы можем ответить на один очень важный вопрос: какова погрешность «стандартной» модели решения задачи 5, не учитывающей потери энергии санок на изгибе?

Так как мы рассмотрели выше две разные физические ситуации, то и оценок потерь будут две. Подставляя численные значения $H = 15$ м, $\alpha = 30^\circ$, $\mu = 0,2$ задачи 5, получаем для коэффициента, характеризующего уменьшение длины свободного пробега санок за счет «ударной» потери энергии на изгибе для первой модели (с закруглением):

$$K_1 = e^{-2\mu\alpha} = e^{-2 \cdot 0,2 \cdot \pi/6} \approx 0,7.$$

Для второй модели:

$$K_2 = (1 - \sin^2 \alpha_0) (1 - 2\mu \sin \alpha_0) = 0,6.$$

Мы видим, что при численных значениях задачи 5 обе модели приводят к близким значениям поправок, характеризующих потери энергии на переходе наклонная плоскость — горизонтальный участок. Таким образом, правильная оценка длины пробега санок будет: $S = 30$ м, а не 49 м, как это следует из канонического решения данной задачи (1).

С какой целью мы так подробно рассмотрели задачу о санках?

Цель единственная: показать, что задачи школьного курса могут стать основой для проведения школьниками серьезных (по меркам средней школы) научных исследований.

Если взглянуть на рассмотренные выше задачи с «не вполне корректным» решением, то нетрудно прийти к выводу о том, что набор типовых задач нуждается в существенном обновлении. В связи с этим возникает серьезная проблема: как конструировать новые «незатасканные» задачи для школьников, не выходя при этом за рамки стандартной школьной программы? Интересные возможности в этом отношении представляют задачи по физике интеллектуальных марафонов. Дело в том, что задачи физических олимпиад высокого уровня (городской и выше) обычно бывают мало пригодны для использования на классных занятиях из-за их технической, а иногда и логической сложности. Это связано с тем, что организаторам олимпиад необходимо определить лучших из числа эрудированных и хорошо подготовленных в области физики учеников. Специфика же интеллектуальных марафонов заключается в том, что победитель определяется по совокупности показателей как в естественно-научных областях (физика, химия, биология, а также математика), так и гуманитарных (литература, история, иностранные языки, лингвистика). В результате к заключительному туру (городской тур) приходят ребята эрудированные, но не очень искушенные в тонкостях школьного курса физики. В связи с чем разработчики тестовых задач по физике для марафона поставлены в жесткие условия: придумать нестандартные задачи, требующие для своего решения только хорошего качественного понимания законов физики и здравого смысла. Но именно задачи такого типа особенно ценны при проведении классных занятий по физике в школах. Ниже мы рассмотрим две такие задачи, а заодно обсудим некоторые вопросы, которые на школьных занятиях прорабатываются, как правило, недостаточно глубоко.

При раскрытии той или иной физической темы целесообразно использовать некоторые физические системы, на которых рассматриваемые законы проявляются наиболее просто. В теме «Работа силы» очень интересны в этом плане задачи, связанные с пробиванием пульей досок. Типичный пример такого рода задачи ([2] № 410, см. также [2] № 49, [1] № 199–201).

Задача 6. Как пуля пробивает доски?

Пуля, летящая со скоростью v_0 , пробивает несколько одинаковых досок, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. В какой по счету доске застревает пуля, если ее скорость после прохождения первой доски равна $v_1 = 0,83v_0$?

В условии данной задачи следовало бы уточнить, что пробиваемые пулей доски закреплены (в важности этого условия мы убедимся чуть ниже).

Решение

Решение основано на предположении (оговоренном в начале раздела 4 в [2]), согласно которому сила сопротивления доски движению пули не зависит от скорости пули. Так как толщина всех досок d одинакова (так как доски одинаковы), то работа силы сопротивления $A_c = F_c d$ также будет одинакова для всех досок. Согласно теореме об изменении кинетической энергии, эту работу можно найти по изменению кинетической энергии пули в первой доске:

$$A_c = \Delta E_{\text{кин}} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{0,3mv_0^2}{2}.$$

В связи с этим начальной кинетической энергии пули хватит на пробивание:

$$\frac{mv^2}{2} \approx 3,3 \text{ доски.}$$

$$\frac{0,3mv_0^2}{2}$$

Вывод: пуля застрянет в четвертой доске.

Задача физически корректная (и очень полезная). Не представляется удачным только ее расположение в [2] в разделе «Работа, мощность, энергия», так как это сужает возможность альтернативных подходов к ее решению. Действительно, предположим, что школьник встретил эту задачу в разделе «Комплексные задачи», завершающем тему «Законы сохранения» в механике. В этом случае он, возможно, пошел бы по другому пути. А именно, нашел бы изменение после пробивания первой доски не кинетической энергии, а импульса:

$$\Delta p_1 = mv_1 - mv_0 = -0,17 mv_0.$$

Разделив далее начальный импульс доски на Δp_1 , он нашел бы, что число пробитых досок будет не 3, а 6! Ошибочность такого вывода обнаруживается, как только мы проанализируем характер изменения импульса пули после прохождения i -й доски: $\Delta p_i = F_c \cdot \Delta t_i$. Так как $\Delta t_i = \frac{d}{v_i}$, а скорость пули после пробивания каждой очередной доски

будет уменьшаться, то будут соответственно с этим увеличиваться время пробивания досок, а значит, и потери пульей импульса. Именно поэтому в данном решении мы получаем увеличенное (6, а не 3) количество пробитых пульей досок.

Проведенный анализ поясняет авторскую мысль: главная прелесть в задачах состоит не в умении школьников «жонглировать» физическими формулами, а в постижении логической схемы решения задачи. В связи с этим не только формулировка задачи, но и ее расположение в контексте других задач должно стимулировать школьника к рассмотрению и критическому анализу всех возможных схем ее решения (как правильных, так и ложных).

Дальнейшее развитие анализ взаимодействия доска — пуля (в более общем случае, подвешенное тело — пуля) получает в задаче № 5.26 в [2]:

Задача 7

Пуля массой $m_1 = 10$ г, летевшая горизонтально со скоростью $v_1 = 600$ м/с, ударила в свободно подвешенный на длинной нити брусок массой $m_2 = 0,5$ кг и застряла в нем, углубившись на $S = 10$ см. Найти силу F_c сопротивления дерева движению пули. На какую глубину войдет пуля, если тот же брусок закрепить?

Решение

Задача легко решается, если записать для системы пуля — брусок законы сохранения энергии (точнее, уравнение энергетического баланса) и импульса:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + F_c S, \quad m_1 v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v, \quad (8)$$

где v — скорость бруска с пулей сразу после ударного взаимодействия.

Решая приведенную выше систему, легко находим:

$$F_c = \frac{m_1 m_2 v_1^2}{2(m_1 + m_2) \cdot S} \approx 1,8 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

и

$$S_1 = \frac{S \cdot (m_1 + m_2)}{m_2} = 10,2 \text{ см.}$$

При рассмотрении этой задачи на классных занятиях необходимо обратить внимание учащихся на причины, по которым мы можем использовать в данной системе закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось (такого рода анализ отсутствует в авторском решении этой задачи в [2]). Как известно, закон сохранения импульса

системы в проекции на некоторую ось можно применять в том случае, когда сумма проекции на эту ось внешних сил, действующих на систему в процессе взаимодействия, равна нулю. На систему брусок — пуля в процессе движения пули будут действовать только три силы: силы тяжести бруска и пули, и сила натяжения нити, на которой подвешен брусок. Силы тяжести пули и бруска не зависят от скорости, которую приобретет брусок в результате взаимодействия, и направлены вертикально вниз. Сила натяжения нити будет возрастать в процессе увеличения скорости бруска в результате его взаимодействия с пулей (так как векторная сумма сил тяжести и силы натяжения должна обеспечить движение с отличной от пули скоростью по окружности). В то же время из-за кратковременности взаимодействия, тормозящего пулю внутри бруска (аналог неупругого удара), брусок, приобретший конечную скорость, не успеет заметно сместиться. В результате, несмотря на то что сумма внешних сил, действующих на систему, будет отлична от нуля, ее можно считать вертикальной, и, как следствие, применять закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось.

Для того чтобы лучше уяснить идею новой задачи, которую мы рассмотрим ниже, полезно провести еще одно рассуждение, позволяющее по-новому понять различие величин S и S_1 в задаче 7. Чем отличается, с энергетической точки зрения, движение пули в закрепленной доске от ее движения в незакрепленной? В первом случае вся начальная кинетическая энергия пули $\frac{mv_0^2}{2}$ тратится на работу по преодолению сил сопротивления дерева. Во втором случае часть этой энергии расходуется на сообщение кинетической энергии доскам, а остаток (составляющий большую часть ее начальной энергии) на выделение тепла в досках. Раз меньше расход начальной энергии на преодоление сил сопротивления (при фиксированном значении F), то меньше будет и путь S , на котором эта энергия будет тратиться.

Последнее рассуждение позволяет лучше понять оговорку, которая была сделана в связи с задачей 6 (о том, что доски в условии задачи жестко закреплены, а не подвешены на веревках). В случае незакрепленных досок часть начальной энергии пули тратилась бы на сообщение кинетической энергии доскам, вследствие чего число пробитых досок могло уменьшиться.

Теперь мы подошли к заключительной задаче этой цепочки.

Задача 8

Пуля пробивает N подвешенных близко друг к другу одинаковых досок и улетает. В какой по счету доске потери кинетической энергии пули будут максимальными? Считать, что сила сопротивления при движении пули в дереве не зависит от ее скорости.

Решение

Как мы уже убедились на примере предыдущей задачи, за счет расходования кинетической энергии пули в каждой доске будет выделяться тепло, а сами доски в процессе взаимодействия с пулей приобретут некоторый импульс Δp , а значит, и некоторую кинетическую энергию. Так как количество тепла, выделяющегося в каждой доске, будет одно и то же (относительно каждой доски пуля пройдет одно и то же расстояние, равное толщине доски d), то разница в потерях кинетической энергии может быть связана только с различием в величинах кинетической энергии досок, приобретенной ими в результате взаимодействия с пулей. Сравним эти энергии.

Кинетическая энергия i -й доски:

$$E_{i\text{кин}} = \frac{(\Delta p_i)^2}{2M},$$

где M — масса каждой доски,

$$\Delta p_i = F_c \cdot \Delta t_i = \frac{F_c \cdot d}{v_{i\text{ср}}},$$

где $v_{i\text{ср}}$ — средняя скорость пули в i -й доске.

Но кинетическая энергия пули, а значит, и ее скорость, будут уменьшаться после пробивания каждой очередной доски. Это означает, что с каждой следующей доской будет возрастать время ее прохождения пулей Δt_i , а значит, и импульс каждой новой доски, а также связанная с ним кинетическая энергия $E_{i\text{кин}}$. Вывод: потери кинетической энергии пули будут максимальными при пробивании последней N доски.

Против сделанного вывода можно выдвинуть одно возражение: для соблюдения энергетического баланса в системе энергия, переданная пулей доске (в том числе энергия, перешедшая в тепло), должна быть равна энергии, потерянной пулей за счет работы сил трения. Если же мы будем сравнивать эту работу $A_{\text{тр}} = F_c d$ для разных досок, то увидим, что она должна быть одинакова, так как одинаковы силы сопротивления F_c и пути d , про-

ходимые пулей в досках. Насколько корректно это возражение? Дело здесь в том, что теорема об изменении кинетической энергии тела, согласно которой изменение кинетической энергии материальной точки равно работе действующих на нее сил, выводится из законов Ньютона, которые справедливы (в стандартной форме) только для инерциальных систем отсчета. Доска же, которая за малое время Δt_i меняет свою скорость на фиксированную величину v_i (которую мы уже рассчитывали в задаче 7), будет иметь большое ускорение $a_{ig} = \frac{v_i}{\Delta t_i}$. Поэтому закон сохранения и изме-

нения механической энергии в обычной форме (в частности, теореме об изменении кинетической энергии) в системе, связанной с доской, мы применять не можем. Если же мы будем при рассмотрении использовать инерциальную систему, связанную с землей, описание будет таким. Пуля в такой системе при ее движении в очередной доске будет проходить путь: $S_i = d + v_{i\text{ср}} \cdot \Delta t_i$, где v_i — средняя скорость доски, возникающая при взаимодействии ее с пулей. Так как нас интересует, прежде всего, качественная сторона вопроса, в целях упрощения оценок мы будем считать ниже, что масса пули много меньше массы доски (что обычно имеет место на практике): $\frac{m}{M} \ll 1$. Будем считать также, что потери кинетической энергии пули в каждой отдельной доске малы по сравнению с ее кинетической энергией, так что скорость пули при оценке времени ее пробивания доски можно считать постоянной для данной доски (для i -й доски v_i). Тогда получаем:

$$A_{\text{три}} = \frac{d + v_i}{2} \cdot \Delta t_i F_c, \quad v_i = \frac{\Delta p_i}{M} = \frac{F_c \cdot \Delta t_i}{M},$$

$$\Delta S_i = \frac{v_i \cdot \Delta t_i}{2} = \frac{F_c}{2M} \cdot \Delta t_i^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_c}{M} \cdot \frac{d^2}{v_i^2},$$

$$A_{\text{три}} = (d + \Delta S_i) F_c = F_c d \cdot \frac{1 + F_c \cdot d}{2Mv_i^2} = Q \left(1 + \frac{Q}{4E_{ik}} \cdot \frac{m}{M} \right). \quad (9)$$

Через Q здесь обозначено произведение:

$$Q = F_c d,$$

v_i — скорость i -й доски, полученная ею в результате взаимодействия с пулей; множитель $\frac{1}{2}$ появился, так как в оценке смещения доски должна фигурировать не конечная скорость доски v_i , а средняя скорость, E_{ik} — кинетическая энергия пули, которую она имеет при прохождении i -й доски.

Полученное выражение (9) не только показывает правильность сделанных при проведенном выше качественном анализе этой задачи выводов, но и дает оценку дополнительных потерь, связанных с незакрепленностью доски. А именно, оказывается, что эти потери при данном отношении $\frac{m}{M}$ будут обратно пропорциональны кинетической энергии, которую пуля имеет при подлете к i -й доске. Заметим, что второе решение в отличие от первого является строгим.

Итак, мы видели, что, несмотря на большое количество задач на пробивание пульей досок, более детальное рассмотрение этих процессов может привести к новым нестандартным задачам (задача 8). Тем не менее конструирование задач в этом направлении может представлять интерес только для участников факультативов и авторов олимпиадных задач по физике. В связи с этим возникает вопрос: могут ли подобные системы стать объектом научного исследования школьников? Безусловно, да. Дело в том, что во всех школьных задачах подобного типа считается, что сила сопротивления движению пули в дереве не зависит от ее скорости. Это утверждение не яв-

ляется очевидным и нуждается в основательной экспериментальной проверке. Кроме того, физическая интуиция подсказывает автору, что при проведении соответствующих опытов могут наблюдаться существенные потери механической энергии пули в приповерхностном слое при вхождении пули в доску. Теоретическое рассмотрение этих вопросов весьма сложно, так как оно требует детализации структуры дерева и пули, а также механизмов взаимодействия дерева с пулей в процессе ее движения. Поэтому основой такого рода исследований должна стать четко поставленная система экспериментов. Данное направление исследований представляется автору чрезвычайно перспективным. Эти работы ждут своего исследователя.

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.

Журнал «Око. Оценка качества образования» 2 — 2008

предлагает:

- Материалы о подготовке к ЕГЭ и изменениях в КИМ ЕГЭ по разным предметам.
- Анализ заданий части «С» единого экзамена по истории и предложения по их составлению.
- Результаты экзамена по обществознанию 2007 года в рамках государственной итоговой аттестации девятиклассников.
- Материалы международного исследования PIRLS (сравнение уровня и качества чтения и понимания текста учащимися начальной школы в различных странах мира).

В следующих номерах:

- Способы и формы оценки качества образования при аттестации общеобразовательных учреждений и внутришкольном контроле (проведение экспертизы качества подготовки выпускников, «Портфолио» и др.).
- Использование в учебном процессе открытого сегмента заданий ЕГЭ по всем школьным предметам.
- Разъяснение ключевых понятий и базовых терминов, используемых при оценке качества образования.
- Информация о недавно созданной Ассоциации структур довузовского преподавания.

Автор рассматривает вопросы, возникающие при проблемном обучении физике — эффективном методе работы, особенно в профильной школе. Обсуждается отражение научных проблем в школьных курсах и в учебном процессе. Материал публикуется частями: по отдельным разделам физики.

УЧЕБНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

В.С.Идиатулин
(г. Ижевск)

Психологические исследования показывают, что лишь частично процесс обучения обусловлен способностями обучаемого, а в основном же его эмоциональным состоянием, которое и должен создавать учитель. Существуют разные подходы, но одним из действенных все же остается проблемное обучение. Сложилось мнение, что его достоинства относятся скорее к сфере мотивации и познавательного интереса, чем к выработке и осуществлению стратегии поиска решения, причем считается, что обучаемому отводится роль наблюдателя, а не участника. Также иногда утверждается, что в средней школе оно не прижилось из-за неоднородности обучаемых, а переложение учебных курсов в проблемном ключе невозможно, его использование происходит фрагментарно. Отметим, что эффективная учебная демонстрация не менее фрагментарна, однако значительная часть занятия может быть построена на ее основе. Такую композиционную роль сыграют и удачно созданные проблемные ситуации, примеры создания и разрешения которых представлены в настоящей работе. Необходимая однородность контингента достижима в профильных классах и школах, в системе довузовской подготовки.

Проблемное обучение основано на понятии «научная проблема», сутью которой является противоречие. Причем не формальное противоречие следствия исходным посылкам, а противоречие диалектическое, которое затем разрешается и продвигает вперед процесс познания. Это особо подчеркнуто в цитируемых ниже материалах всесоюзных и международных конференций по проблемному обучению физике, которые были посвящены анализу его состояния, его технологиям, методикам создания и разрешения проблемных ситуаций в учебном процессе школ и вузов. Проблемное обучение проигрывает информационному в передаче фактов, но, обучая принципам, а не ре-

цептам, решает в корне недоступные тому задачи. Недостаточность методологического обоснования проблемного обучения чаще заключалась в отсутствии опоры на самые общие законы психологии познания. Обучение является особым процессом отражения действительности, и его можно и нужно строить и понимать как возникновение и разрешение противоречий. Этот естественный для любого научного познания путь должны проходить и учащиеся. Любая научная проблема уже содержит реальные противоречия изучаемых объектов, противоречив сам процесс познания вообще, а кроме того, противоречия имеются в знаниях каждого конкретного обучаемого. Эти три возможности объективно созданы для реконструкции проблемных ситуаций, которые могут моделировать внутренние противоречия самой науки, строиться на недостаточном или одностороннем ее понимании, либо на небогатом опыте и знаниях обучаемых. Можно вспомнить, чем были обусловлены собственные ошибки при поиске истины, а также посмотреть глазами обучаемого, выстраданные на пути проб и ошибок знания которого станут для него родными и прочными. Можно и управлять этим процессом, дидактически реконструируя такие ошибки, на которых учиться будет продуктивнее. Другой подготовительный этап должен быть посвящен анализу фактических знаний учащихся, на основе которых будет строиться каждая проблемная ситуация, так как своевременность ее создания оказывается весьма важной. Затем наступает время непосредственной подготовки противоречия: средства его выявления зависят как от вида учебного занятия, так и от характера противоречия. Это могут быть лабораторный или демонстрационный эксперимент, описание реального или гипотетического явления, теоретический анализ. На занятиях используют самые разные учебные задачи: с невыделенным явно неизвест-

ным, с неполными или избыточными данными, с противоречивыми данными, с бессмысленным формальным решением, с отсутствием решения, с множеством решений, с противоречивым, неприемлемым или неожиданным результатом и т.д. На следующем этапе необходимо спрогнозировать вероятную реакцию учащихся на противоречие, их оценку проблемной ситуации, возможные гипотезы для ее разрешения, степень их затруднения. Это позволяет проектировать пути разрешения противоречия. Его можно полностью предоставить учащимся либо содействовать им наводящими вопросами, подсказать возможные ответы, указав направление мысли, перенести на другое занятие, давая возможность поломать голову самостоятельно, либо разъяснить все ошибки и недоразумения и обосновать правильный ответ, сочтя класс достаточно эмоционально и интеллектуально подготовленным к его восприятию. Завершающий методологический анализ позволит выявить причины возникновения противоречия, механизмы его проявления, сделать необходимые обобщения и сформулировать практические выводы и рекомендации.

Понятия и определения

Наука формирует понятия, учебная дисциплина формулирует их определения. Например, частотой называют число оборотов (колебаний) в единицу времени.

Такие определения очень часто используются в учебной литературе, к ним привыкли и учителя и ученики. Следуя этим образцам, перечень определений можно продолжить, принимая в определяющем уравнении одну из входящих в него величин за единицу. (Сила, действующая на тело единичной массы, равна его ускорению. Импульс тела единичной массы равен его скорости.) Проблема выявляется и осознается при попытке применить метод Сократа: не давать готовый ответ, а вскрывать противоречие в ответах ученика на вопросы — о какой конкретно единице идет речь, какой системы, дольной или кратной, почему именно такой, и если такой, то почему она не была названа сразу, и т.д.

Определять скорость как путь, проходимый за единицу времени, не советовал еще О.Д.Хвольсон¹: «В школе вас так учат, а я вам скажу, что ско-

рость есть скорость, путь есть путь, и ничего общего между ними нет». Только окончательно зайдя в тупик, можно прийти к непротиворечивым и осознанно содержательным определениям вводимых понятий.

Частота есть не число колебаний, а его отношение ко времени, за которое они происходят. Плотность вещества — это отношение его массы к занимаемому им объему. Потенциалом поля называется отношение потенциальной энергии заряда к этому заряду. Таким образом, вводимые физические величины определяются как производные от других, с которыми они связаны, и не зависят от выбора каких-либо единиц измерения. Напротив, их единицы обычно устанавливаются посредством тех же определяющих уравнений, и это уже не вызывает недоразумений: герц — это частота, при которой происходит одно колебание в секунду; вольт — это потенциал поля, в котором заряд в один кулон обладает энергией в один джоуль и т.д. Выработка грамотных формулировок есть активный творческий процесс, развитие логического мышления [1].

Векторная физическая величина в учебной и справочной литературе определяется как характеризуемая численным значением, единицей и направлением. Опровергающий пример: все потоки: ветер (поток воздуха), струя (поток воды), электрический ток (поток заряда), луч света (поток фотонов), а также взгляд и средняя скорость. Попытка применения к ним правил векторного сложения особенно просто и явно проявляется для равных по модулю векторов противоположного направления, когда их векторная сумма равна нулю, а физический результат, естественно, иной. Дополнение определения вектора правилом сложения углубляет сущность понятий так, что можно его рассматривать как фундаментальный элементарный пространственный образ (свободный линейный элемент) [2].

Для векторных физических величин проблемы связаны с их природой. Так для сил необходимо различать векторы свободные, скользящие, приложенные, а, скажем, векторное сложение скоростей и ускорений, в отличие от сложения сил и перемещений, не имеет физического смысла, так как в каждой системе отсчета точка имеет лишь одну скорость и одно ускорение. Смысл имеет лишь разложение этих векторов на составляющие их компоненты, о чем забывает исторически сложившаяся терминология.

¹ Проф. Хвольсон — «всероссийский учитель физики», автор знаменитого «Курса физики» (1895–1926).

Понимание важной роли построения определений в учебном процессе не находит достаточно широкого отражения в учебной и методической литературе. Нужны схемы, которые предусматривают достаточно полное и ясное описание признаков понятий, передают логику познания и способствуют познавательной деятельности обучаемых. Творческий характер построения определений по таким схемам требует умственных усилий для преодоления стереотипов традиционных формулировок. Выработанное при непосредственном участии обучаемых определение позволит более четко понять его внутреннюю логику, полнее раскрыть содержание понятия, т.е. совокупность признаков, выделяемых в классе входящих в его объем объектов. Особенно эффективно перед введением какого-либо нового для аудитории понятия создание проблемной ситуации вместо декларативного его изложения с последующей иллюстрацией. Любое понятие раскрывается в процессе изучения, обсуждения и использования; его объем и содержание трудно унифицировать даже в рамках разных разделов курса физики, а тем более в многочисленных приложениях. Понятия углубляются, уточняются и пересматриваются, поэтому закрепление их застывшей формы даже вредит образованию. Дидактические приемы корректного введения понятий опираются на умения соотносить получаемые знания с приобретенным личностным опытом, они в полной мере могут быть приложены к обучению физике. Усвоению нового понятия способствует создание проблемной ситуации, разрешение которой непременно потребует его введения.

Идеалом кажется понятие, превращенное в термин, однозначность которого абсолютна. При этом оно теряет свою гибкость, а как раз понятия, которые лежат в основе развивающейся теории, не имеют четких определений, пока теория развивается и усваивается. Поэтому на первом этапе бывает уместно привлечение обыденных жизненных представлений. Дидактическая реконструкция познания посредством разрешения проблемных ситуаций развивает мышление обучаемых от обыденного уровня к научному, способствует осознанному пониманию. Глубокое понимание определений облегчает усвоение физических законов, раскрытие физической сущности количественных соотношений. Выработанное совместно с обучаемыми как выход из проблемной ситуации, оно надолго останется в их памяти при осознании всей его внутренней логики. Происходящая при этом вер-

бализация понятия способствует воплощению его значения в личностный смысл. Определения понятий должны стать естественным итогом процесса изучения свойств объекта, закономерным выводом из усвоения многообразных внутренних связей и целостности системы, в которую входит понятие. Главная цель определений во многих случаях состоит в том, чтобы довести ум легчайшим путем до желаемого понятия. Облегчает эту работу использование аналогий, т.е. перенесение в одну сферу понятий закономерностей из другой, что дает готовый угол зрения и понятийный аппарат и приводит к лучшему пониманию. Искусство понимания основано на таком истолковании воспринимаемых представлений, образов и понятий, которое связывает их с уже прочно усвоенным в сознании и в конце концов доходящим до сопоставления логического и чувственного компонентов полного знания. На последнем в большей мере основаны повседневные представления, а переход от них к научным происходит в результате выявления и преодоления внутренних противоречий.

Полезно выявление различий в трактовке понятия разными науками, сравнительный анализ их определений в рамках одной дисциплины, в том числе в исторической ретроспективе. Однозначно определимы лишь специальные термины, они скорее наименования, чем орудия мысли; только они подчиняются правилу Б.Паскаля о подстановке определения на место определяемого. Основной лексикон науки не всегда поддается строгому определению, однако его употребление устойчиво, неоднозначность ограничена. Самые же фундаментальные понятия вообще не определимы через род и видовые отличия, их можно только пояснять. Дело не в замене слова словом, а в сообщении наибольшей информации об обозначаемом им понятии. Цель определения — уточнение и раскрытие содержания понятия, т.е. признаков входящих в его объектов, отграничение от всех, не входящих в него. Оно должно быть соразмерно определяемому, понятно для тех, на кого рассчитано.

Связывают напрямую слова с вещами так называемые остенсивные определения, производимые путем показа, указания на предмет; они всегда не окончательны, не завершены. Контекстуальные определения обычно неполны и неустойчивы, они вводят понятие неявным образом, а проблемная ситуация возникает почти всегда как недоразумение или заблуждение. Описательные определения просто перечисляют признаки реальных объектов.

потому они истинны, насколько точны. Номинальные определения отражают требования, адресуемые к объектам, они должны быть, по меньшей мере, правомерны, понятны и целесообразны.

Одна из задач определения, причем довольно трудная, состоит в раскрытии сущности объектов, отличающей их от других, а сущность, как правило, не лежит на поверхности, она многопланова, может быть неоднозначна и неясна, попытка определять то, что не созрело для этого, зачастую обманчива. В обучении определение должно стать естественным итогом изучения объекта в многообразии его свойств, внешних и внутренних связей. На его ранних этапах, когда знания еще поверхностны, используются упрощенные представления и формулировки, их неправомерное применение приводит к противоречиям, разрешение которых вносит в знания обучаемых необходимые уточнения. Упрощения вводились в учебники для обеспечения дидактической доступности изложения, и они могут быть использованы в целях побуждения познавательной активности и углубления знаний. К противоречиям ведет и неоправданное расширение или сужение границ применения понятия. Усвоение понятия через разрешение противоречия придает ему личностный смысл и обращает его в ценность, которую трудно будет забыть.

Физические понятия и их определения устаревают, уточняются и пересматриваются, требуют постоянного обсуждения хотя бы потому, что ни одно их формальное определение не способно охватить все содержание понятия. Оно должно раскрывать сущность, которая, как правило, не лежит на виду, многопланова, иногда неоднозначна и неясна. Когда знания поверхностны, используются упрощенные представления, что приводит к противоречиям, разрешение которых заставляет вносить уточнения даже в хорошо знакомое. В обучении определение должно стать естественным итогом изучения объекта в многообразии его свойств и связей. Усвоить его можно, лишь проследив все линии развития понятия, вскрывая в них противоречия, изучая его употребление в трудах основоположников науки и современных исследователей, в том числе работающих на ее переднем крае.

Ниже приводятся конкретные примеры того, как раскрываются противоречия в содержании физических понятий, создаются и разрешаются проблемные ситуации.

Волны и кванты

Традиционная система изучения основ геометрической, волновой и квантовой оптики имеет существенный недостаток, который заключается в их искусственном разделении и формировании ложных представлений об отсутствии у них единого предметного поля. Между тем и волновая и квантовая природа света имеют отношение к механизмам возникновения и построения изображений в оптических системах, содержащих зеркала, призмы, линзы и т.п. Само понятие светового луча, фундаментального в геометрической оптике, не моделируется предельно узкими пучками света, рассмотрение которых почти всегда приводит к противоречиям. Волновая оптика определяет световой луч как линию (прямую или кривую), перпендикулярную волновому фронту, и не ставит даже вопроса о его размерах. Получение изображения в любой оптической системе является интерференционным эффектом, который не требует привлечения геометрической оптики. Но преобразование волновых фронтов в оптических системах сопровождается соответственным преобразованием нормальных к ним лучей, что, как следствие, ведет к геометрическим законам этих преобразований, одновременно устанавливая границы их применимости.

Интерференция света, приводящая к перераспределению потоков энергии по направлениям в пространстве, в тонкой пленке уменьшает область пространства до безобъемной поверхности, на которой противофазные волны гасят друг друга, что сразу ставит вопрос о том, куда при этом исчезает их энергия. Крайне противоречивая, но интересная проблема возникает, когда на диэлектрический слой нанесен идеальный отражатель, а толщина слоя такова, что отраженные от двух границ слоя волны оказываются в противофазе и должны полностью гаситься при интерференции. Решение граничной задачи приводит к вполне однозначному результату — полному отражению, а принцип интерференции разрешает эту проблему только с учетом бесконечного числа многократных отражений [5]. Их учет не требовался при отражении от пленки, нанесенной на прозрачный диэлектрик, когда от поверхностей отражалась малая часть энергии волны, и на это обстоятельство, как правило, внимания не обращалось.

Введение предусмотренного обязательным минимумом содержания среднего (полного) общего образования изучения теплового излучения внесет

в обучение проблемные ситуации, разрешение которых затруднено даже в курсе общей физики вуза ([3], с. 57–59). К ним приводит, в частности, распространение законов равновесного теплового излучения на любые другие виды, что приводит к утверждениям (даже вузовских учебников) о том, что раскаленный добела фарфор будет темнее покрытых черной сажей его участков, а также рассуждения о быстрейшем остывании темной чашки по сравнению с блестящей. Опыт не всегда подтверждает этого хотя бы потому, что максимум излучения теплых тел лежит в далекой инфракрасной области, где обе чашки, скорее всего, одного цвета. Необходимо четче различать черные и белые тела по степени поглощения света их поверхностью и темные и светлые (яркие) — по степени излучения.

Гипотезу квантов в проблемном ключе уместней выдвигать для разрешения противоречий опытных законов фотоэффекта с волновой теорией света. На языке фотонов более доступно и понятно объяснить светового давления, его зависимости от коэффициента поглощения среды.

Формула де Бройля в применении к макрочастицам дает неизмеримо малую длину волны при обычных скоростях из-за большой массы, хотя каждый может увидеть из нее же, что длина волны любого тела будет весьма велика, если стоящая в ее знаменателе его скорость близка к нулю. Разрешает ситуацию оценка такой скорости при самых низких достигнутых температурах: даже при рекордно низкой температуре в 10^{-9} К длина волны пылинки массой 1 мг не превысит 10^{-16} м из-за скорости ее броуновского движения (пусть и весьма малой).

Закон радиоактивного распада, согласно которому за 10 периодов полураспада число радиоактивных ядер уменьшается более чем в 1000 раз, при обращении в прошлое демонстрирует столь же быстрый рост их числа и приводит к выводу, что уже в обозримые времена на планете любого радиоактивного вещества могло быть много больше, чем всякого другого. Оценка В.Н.Ланге [6] для 1 кг радия дает на момент возникновения Земли более $10^{1000000}$ кг! Приведенный пример блестяще показывает, какие нелепые результаты можно получить из формального (если не сказать — формального) применения физических законов, не вникая в суть описываемых ими явлений. Находящийся на планете радий является не еще не распавшимся остатком его первоначального количе-

ства, а продуктом распада весьма долгоживущих радиоактивных элементов (урана и тория).

Из утверждаемого свойства независимости ядерных сил от вида нуклонов, казалось бы, следует, что кроме дейтрона должны существовать также связанные состояния двух протонов или двух нейтронов (бипротон и бинейтрон). Объяснить их отсутствие может редко упоминаемая в учебниках по физике особенность ядерных сил, а именно их существенная зависимость от ориентации спинов нуклонов, благодаря которой связанное состояние осуществимо только при их параллельности. Оно то и невозможно для двух тождественных частиц, на что, таким образом, еще в школьном курсе физики может быть обращено внимание.

Везде говорится о выделении ядерной энергии при делении тяжелых ядер, хотя ядерные силы связывали продукты деления на малых расстояниях, а отталкивают их и сообщают им кинетическую энергию силы электростатические. Ведь едва ли можно признать, что при перерезании нити, удерживающей пружину в сжатом или растянутом состоянии, освобождается энергия, запасенная в нити, а не энергия упругой деформации пружины.

К этому хочется кратко добавить, что инертная масса одна и та же во всех инерциальных системах отсчета; то же относится и к гравитационной — это можно легко увидеть из рассмотрения двух заряженных тел в разных ИСО, когда их гравитационное притяжение уравновешено кулоновским отталкиванием. Коль скоро заряд является инвариантом, т.е. одинаков во всех системах отсчета, то и масса неизменна ([4], с. 116–118), а все расчеты ее возрастания по релятивистским формулам бессодержательны.

Литература

1. Путьева Л.В. Развитие мышления в проблемном обучении. — М.: Знание, 1979.
2. Клейн Ф. Элементарная математика с точки зрения высшей. Т. 2. — М.: Наука, 1987.
3. Тезисы докладов II Всесоюз. науч.-метод. конф. — Донецк: ДонГУ, 1991.
4. Тезисы докладов III Междунар. науч.-метод. конф. — Донецк: ДонГУ, 1993.
5. Идиатулин В.С. О реализации современных принципов проблемного обучения // Физическое образование в вузах. 2001. — Т. 7. — № 2.
6. Ланге В.Н. Физические парадоксы и софизмы. — М.: Просвещение, 1978.