

ФИЗИКА №8

ISSN 2077-0049

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

16–30 апреля 2011

основана в 1992 г.

fiz.1september.ru



Музей «Мир воды в Санкт-Петербурге» ▶ с.36

издательский дом

Первое сентября

1september.ru

Ф И З И К А

индексы подписки Почта России - 79147 (инд.); - 79603 (орг.) Роспечать - 32032 (инд.); - 32596 (орг.)

ГАЗЕТЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Первое сентября – Е.Бирюкова,

Английский язык – А.Громушкина,

Библиотека в школе – О.Громова,

Биология – Н.Иванова,

География – О.Коротова,

Дошкольное

образование – М.Аромштам,

Здоровье детей – Н.Сёмина,

Информатика – С.Островский,

Искусство – М.Сартан,

История – А.Савельев,

Классное руководство

и воспитание школьников – О.Леонтьева,

Литература – С.Волков,

Математика – Л.Рослова,

Начальная школа – М.Соловейчик,

Немецкий язык – М.Бузова,

Русский язык – Л.Гончар,

Спорт в школе – О.Леонтьева,

Управление школой – Я.Сартан,

Физика – Н.Козлова,

Французский язык – Г.Чесновицкая,

Химия – О.Блохина,

Школьный психолог – И.Вачков

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано ПИ № 77-7241 от 12.04.01

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 16.02.11,

фактически 16.02.11 Заказ №

Отпечатано в ОАО «Чеховский

полиграфический комбинат»

ул. Полиграфистов, д. 1,

Московская область,

г. Чехов, 142300

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165

Тел./факс: (499) 249-3138

Отдел рекламы: (499) 249-9870

Сайт: 1september.ru

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

Телефон: (499) 249-4758

E-mail: podpiska@1september.ru

Документооборот
Издательского дома «Первое сентября»
защищен антивирусной программой Dr.Web
Antivirus



Содержание

МЕТОДИКА

3–5 З.Г. Пантухова
Контроль и оценка знаний
учащихся по физике

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»

6–9 Ф.И. Трубеко
Модели атома. 9, 11 классы

МАТЕРИАЛ К УРОКУ

10 М.А. Бражников
История физики на уроках:
мифы, слухи ... анекдоты

25–26 Электронные приложения
на диске к статьям в № 5–8

ЭКСПЕРИМЕНТ

11–14 В.В. Ефимов
Две работы физического
практикума. 10 класс

15 К.Ю. Богданов
Липкая электростатика,
или Как отрезать один
нанокюлон? 10 класс

22–24 С.В. Таныгин
Исследовательские
лабораторные работы.
8–10 классы

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

16–17 А.А. Найдин
Система задач из одной
задачи!? 10 класс

29–31 М.Л. Москвитин
Применение качественных
методов при вычислении
потенциальной энергии
груза. 10–11 классы
В.Б. Дроздов
Чуть заходя за пределы
школьного курса. 9–10 классы

ПОРТФОЛИО

А.А. Найдин
Практикум: решение
творческих задач.
10–11 классы

Р.Я. Ерохина,
Л.И. Матвеева
Оптика, рождённая лазером

НАУКА И ТЕХНИКА

В.Н. Белюстов
Памятные имена и даты:
июнь 2011

АБИТУРИЕНТУ

33–35 В.П. Демков, В.В. Озолин,
Г.Э. Солохина
МАИ-2011: российская
аэрокосмическая олимпиада

ВСТРЕЧИ И КОНКУРСЫ

Б.В. Булюбаш
Искусство удивлять

ЮБИЛЕИ НАШИХ АВТОРОВ

46 Татьяна Вячеславовна Львова

К материалам, обозначенным этим символом, есть приложение на компакт-диске, вложенном в № 8/2011.

Только в физике соль!..

ФИЗИКА



Научно-методическая газета
для учителей физики,
астрономии и естествознания

Основана в 1992 г.

Выходит два раза в месяц

Газета распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 4000 экз.

Тел. редакции: (499) 249-2883

E-mail: fiz@1september.ru

Internet: fiz.1september.ru

О возможности публикации автору
сообщается, если к статье приложена
открытка с обратным адресом. Подробнее
см. Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте
газеты <http://fiz.1september.ru> в разделе
Правила для авторов публикаций

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

Роспечать:
инд. - 32032; орг. - 32596
электронная - 26119

Почта России:
инд. - 79147; орг. - 79603
электронная - 12757

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:
Нана Дмитриевна
Козлова
8-919-104-5657

Консультанты:
И.Д. Воронова,
В.А. Козлов,
Н.Ю. Милюкова

**Дизайн макета,
обложка:**

И.Е. Лукьянов
Корректурa и набор:
И.С. Чугреева
Верстка:
Д.В. Кардановская

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Н.Д. Козлова – председатель, **Л.Э. Генденштейн** (к.ф.-м.н., ИСМО РАО),
М.Д. Даммер (проф., д.п.н., ЧГПУ,
г. Челябинск), **М.Ю. Демидова** (к.п.н.,
МИОО, г. Москва), **В.Г. Довгань** (проф.,
к.в.н., член РАКЦ и АМТН, чл.-корр.
МИА, г. Москва), **А.Н. Крутский** (проф.,
д.п.н., АГПА, г. Барнаул), **Б.И. Лучков**
(проф., д.ф.-м.н., НИЯУ МИФИ, г. Мос-
ква), **В.В. Майер** (проф., д.п.н., ГППИ,
г. Глазов), **Н.С. Пурышева** (проф., д.п.н.,
МПГУ, г. Москва), **Ю.А. Сауров** (проф.,
д.п.н., чл.-корр. РАО, ВятГПУ, г. Киров),
А.А. Шаповалов (проф., д.п.н., АГПА,
г. Барнаул), **О.А. Яворук** (проф., д.п.н.,
ЮГУ, г. Ханты-Мансийск, ХМАО).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н.Д. Козлова (председатель, к. т. н.), **А.В. Берков** (к.ф.-м.н., доц. МИФИ),
К.Ю. Богданов (к.ф.-м.н., д.биол.н., лицей № 1586 ЗАО), **М.А. Бражни-
ков** (гимн. № 625), **В.А. Грибов** (к.ф.-м.н., доц. МГУ им. М.В. Ломоносова),
С.Я. Ковалева (зам. гл. редактора, к.п.н., доц. ПаПО МО), **В.М. Чаругин**
(проф. МПГУ, д.ф.-м.н., действительный член РАКЦ).

Контроль и оценка знаний учащихся по физике

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: контроль и оценка знаний

З.Г. ПАНТУХОВА
z pantukhova@mail.ru,
МОУ СОШ № 4, г. Энгельс,
Саратовская обл.

В основных направлениях реформ общеобразовательной школы обоснован новый социальный заказ общества системе народного образования – формирование всесторонне развитой личности, способной овладевать знаниями в школе и самосовершенствоваться за её пределами. Для выяснения степени усвоения учениками учебного материала и проверки эффективности применяемых методов обучения необходим систематический контроль и оценка знаний и умений учащихся. Такая проверка играет важную воспитательную роль, так как приучает школьников к повседневному систематическому труду, воспитывает чувство долга, ответственное и добросовестное отношение к выполнению своих обязанностей, влияет на формирование самооценки, на интерес и отношение к предмету. Хорошая оценка вызывает эмоциональное удовлетворение и стремление в дальнейшем учиться ещё лучше, а плохая – желание подтянуться.

Основными формами контроля являются устная и письменная проверка знаний и умений.

1. Устная проверка

- Это самый распространённый способ. Различают индивидуальный, фронтальный, комбинированный способы опроса, позволяющие объективно и всесторонне выяснить уровень знаний ученика, выявить пробелы в усвоении учебного материала, проследить за ходом мысли, речью и так далее. Этот способ достаточно оперативен – результаты контроля, оценка ответа становятся известными учащемуся и учителю в ходе опроса; с его помощью можно легко выяснить, усвоены ли наиболее сложные вопросы курса, его основы.

- Устный фронтальный опрос я провожу в начале урока с целью проверки выполнения домашнего задания и готовности ребят к изучению нового материала, выявления состояний знаний учащегося. Я вызываю одного ученика, остальные задают ему несколько вопросов и сами ставят оценку ему за ответы. В случае затруднений отвечает тот, кто задал вопрос. Класс всегда работает активно, качество вопросов улучшается от урока к уроку.

- Чтобы включить ребят в работу, в начале урока провожу разминку. Например: в сосуд наливают три несмешивающиеся жидкости – ртуть, керосин, вода; в каком порядке они расположатся? Сделайте рисунок.

В самом начале изучения курса физики в 7-м классе провожу разминку по карточкам. У каждого – набор карточек, на каждой изображена одна физическая величина ($m, t \dots$). Спрашиваю, например: век – это единица ЧЕГО? Масса единицы объёма – это ЧТО? Ребята показывают соответствующую карточку. Я вижу, кто чётко связывает название величин, их единицы с условным обозначением, а кто ещё не усвоил. С каждым уроком число запомнивших величину становится всё больше.

- Проверку усвоения материала провожу ещё так: два ученика работают на закрытой доске, ещё три ученика – на первых партах, ещё трое – на последних партах, отвернувшись от классной доски. Задаю требующие точного ответа вопросы на знание формул, определений. Это беглый контроль. Класс в это время делает ту же работу – отвечает на заданные вопросы. Затем доски открываем и проверяем ответы всем классом. Оцениваются 8 человек, остальные делают вывод – что знают хорошо, а что ещё не мешает подучить.

- С помощью телевизора на экране показываю тот или иной фрагмент без звука. Ребята комментируют увиденное, что приучает правильно анализировать, выделять главное, сопоставлять, сравнивать, обобщать, кратко излагать свои мысли.

- Часто использую метод коллективного ответа: на вопрос начинает отвечать один ученик, другой продолжает, за ним третий и так далее. Правильно и грамотно может ответить только тот, кто знает материал. Этот метод применяю, чтобы опросить большое число ребят за минимальное время. Ребята сами ведут счёт своим ответам и ставят себе оценку. Я же ставлю оценку у себя в тетради. Если наши оценки совпали, то сразу же выставляю их в журнал, если нет, то ученик отвечает на дополнительный вопрос. Таким образом за 20 минут можно опросить до 15 человек.

- Одной из интересных форм выполнения и оценки домашнего задания учащихся может быть письменная рецензия на параграф учебника, которая на уроке зачитывается и обсуждается. В ре-

цензию должен быть включён краткий перечень основных вопросов, изложенных в параграфе, метод изложения, положительные и отрицательные стороны изложения. Обсуждение рецензии в классе вносит эмоциональную окраску в урок, несёт воспитательную нагрузку, так как развивает речь, заставляет правильно излагать мысли, воспитывает самостоятельность мышления, учит глубже вникать в изложенный материал.

2. Письменная проверка

При всех своих достоинствах устная проверка отнимает много времени, а при опросе слабоуспевающих время расходуется ещё и малопродуктивно. Поэтому я использую разнообразные письменные работы, что позволяет индивидуализировать и дифференцировать задания, а также экономит учебное время.

● После изучения новой темы (1–3 параграфа) пишем физические диктанты – проверяются знания основных формул, определений, графиков, законов (5–10 вопросов за 10–15 минут). Ребята сидят, отвернувшись друг от друга (если нет возможности сидеть по одному за партой). На начальной стадии изучения темы даю фразы с пропусками на проверку знания необходимого определения, например: сила трения – это сила, возникающая... (далее ребята дописывают сами). Это позволяет им лучше сосредоточиться на формулировках.

В 8–9-м классах провожу диктанты, состоящие из верных и заведомо неверных фраз с физическим содержанием, а ребята ставят около номера вопроса «да», «нет», «не знаю». Например: электрон – частица с наименьшим положительным зарядом (*нет*); отрицательный ион – атом, потерявший электрон (*нет*).

● Самостоятельную работу провожу разными способами: по написанным на доске вопросам, по карточкам, на экране с помощью мультимедийной установки и так далее с последующей проверкой по ответам, записанным заранее и до времени закрытым. Особый интерес представляют задачи, условия которых задаются рисунком, графиком.

● Провожу дифференцированные лабораторные работы. Например, при выполнении работы «Определение ускорения при равноускоренном движении» даю обязательное задание: ● вывести формулу для расчёта ускорения и формулу, определяющую единицы ускорения ● начертить таблицу (по учебнику), провести 3 опыта, заполнить таблицу ● подсчитать a_{cp} .

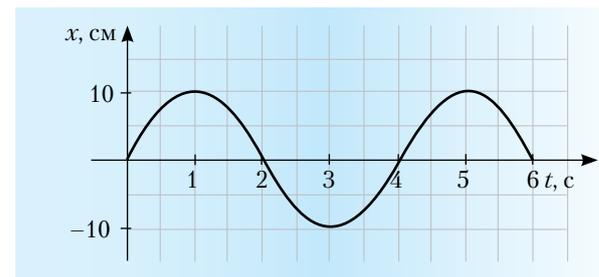
Если сделаны только эти три пункта, то работа оценивается на «3», а чтобы получить «4» и «5», надо выполнить ещё два задания: ● записать уравнения $s(t)$, $v(t)$, используя полученные данные ● построить график зависимости $v(t)$ по полученным данным.

В 8-м классе за определение средней искомой величины (например, коэффициента жёсткости пружины k_{cp}) ставлю «3», а за правильный расчёт погрешности измерений и чёткий вывод ($k = k_{cp} \pm \Delta k$) – соответственно «4» и «5».

● Часто провожу решение экспериментальных задач у доски с последующим обсуждением и выводом. Например, в 7-м классе, даю задачи: ● Определить давление бруска на стол, производимое разными гранями (брусок, линейка, динамометр) ● Определить силу Архимеда, действующую на цилиндр, и рассчитать его объём (*даётся сосуд с водой, динамометр*).

● Даю домашние экспериментальные задания, поскольку они вызывают большой интерес у учащихся: проводя наблюдения за каким-либо физическим явлением, проводя дома опыт, который нужно будет описать, объяснить, рассчитать, сделать вывод, дети учатся самостоятельно мыслить, развивать умения, творчески подходить к решению поставленной задачи. Например: ● Рассчитайте свой вес, силу тяжести и силу упругости, действующую со стороны пола, изобразите их графически ● Опустите картофелину поочерёдно в сосуды с простой и солёной водой ● Поставьте на плиту две одинаковые жестяные банки. В одну из них налейте 0,5 кг воды, а в другую положите 0,5 кг снега. Сколько времени потребуется, чтобы вода в обеих банках закипела?

● Поскольку во всех классах программа требует умения читать и строить графики, я провожу самостоятельные работы с карточками, где изображены графики (до 10–12 вариантов), с помощью которых необходимо определить несколько неизвестных величин. Например: ● Определите по графику зависимости координаты колеблющегося тела от времени $x(t)$:



- 1) амплитуду x_{max} ;
- 2) период T ;
- 3) циклическую частоту ω ;
- 4) зависимость $x(t)$;
- 5) смещение $x(2,5)$;
- 6) x при фазе $\varphi = \pi/3$ рад.

● Провожу разными способами зачёты по теме – от простого подбора дифференцированных задач и вопросов до общественного смотра знаний (после прохождения темы), которому придаю особое значение и ребят настраиваю на это. На этот урок приглашаются учителя физики, не ведущие предмет в этом классе. Ребята устно отвечают на вопрос из

выбранного билета и решают задачу. Сдавший зачёт приступает к решению дополнительных задач (номера записаны на доске), за решение которых выставляется ещё одна оценка.

● В 8-м классе зачёт по теме «Теплота» провожу групповым способом: класс делю на 6 групп (по шести основным тепловым явлениям). Схема изучения каждого явления одна и та же: теоретические определения, график процесса, задача, опыт. Ребята готовятся по всему материалу, а в начале урока проходит жеребьёвка, кому какое явление достанется. Каждая группа представляет своё явление по данной схеме, решает соответствующую задачу.

● После изучения крупных тем и разделов провожу контрольные работы. Они рассчитаны на весь урок, в начале которого настраиваю учеников на успешную работу, предлагаю прочитать задание, выяснить все неясные моменты и приступить к выполнению работы. Карточки (от 6 до 13 вариантов) обычно даю каждому учащемуся, так что возможность списывания практически исключена. Задания дифференцированные: 3 задачи на «3» – обязательные, 4-я и 5-я задачи – по выбору – на «4» и «5» соответственно. Таким образом ребята сами выбирают себе задачи, которые могут решить, и заодно сами прогнозируют свою оценку за контрольную работу. Результаты контрольной работы обсуждаем на следующем уроке, проанализировав причины типичных и индивидуальных ошибок.

3. Нетрадиционные формы проверки усвоения темы

Раз в полгода, после изучения объёмной темы, я провожу уроки-игры типа «КВН», «Брейн-ринга», «Что? Где? Когда?» На этих уроках выявляется картина усвоения темы учениками. Например:

● Конкурс портретов: в младших классах раздаются карточки с фотографиями выдающихся физиков. Необходимо узнать их и рассказать об открытиях этих учёных.

● Конкурс знания приборов: команде даётся прибор или его фотография. Необходимо определить его название, объяснить устройство, назначение и так далее.

● Эстафета – решение задачи «цепочкой»: один член команды записывает «Дано» задачи, другой

переводит единицы, третий делает чертёж, четвёртый выводит формулу, пятый считает, шестой выводит единицу физической величины. Побеждает команда, которая правильно и быстрее других решит задачу.

● Конкурс игрушек: каждой команде даётся одна игрушка (мяч, неваляшка, машинка). Необходимо объяснить физические принципы их действия, физические явления, законы, которые могут быть рассмотрены при их демонстрации.

● Физика рядом: показываю фрагменты известных мультфильмов, ребята должны найти и объяснить физические явления, законы, увиденные на экране. Оценки получает победившая команда и ребята, набравшие большее количество баллов во время игры.

4. Заключение

Я привела примеры различных видов проверок знаний и умений учащихся на уроках физики. По итогам работы в течение года в школе проводятся срезы знаний или итоговые контрольные работы за весь изученный курс, которые всегда соответствуют тем оценкам за тему, четверть и полугодие, которые имели ребята на протяжении данного учебного года. Но самой важной итоговой проверкой являются экзамены – ГИА и ЕГЭ. На протяжении 30 лет работы в школе мои выпускники успешно сдавали вступительные экзамены в вузы по физике (а сейчас сдают ЕГЭ по физике) и поступали в институты, побеждали в конкурсах и олимпиадах.

Такие результаты радуют. Хочется привнести в свою работу новые формы и методы для достижения ещё более высоких результатов, но самое главное – привить ребятам любовь к такому сложному предмету, как физика, и научить применять полученные знания в повседневной жизни.

Литература

1. Древис У., Фурманн Э. Организация урока. М.: Просвещение, 1984.
2. Бугаев А. Методика преподавания физики в школе. М.: Просвещение, 1994.
3. Марон А.Е., Марон Е.А. Дидактический материал по физике 7–9 кл. М.: Просвещение, 2009.
4. Попова В. Рабочие программы по физике. 7–11 кл. М.: Глобус, 2009.



Зоя Геннадьевна Пантухова – учитель физики высшей квалификационной категории, окончила Саратовский госуниверситет по специальности «Физик», педагогический стаж 31 год. Победитель всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России-2009», участник всероссийского конкурса «Учитель – учителю-2006» в номинации «Портфель учителя». Участник Московского педагогического Марафона-2010, почётный работник общего образования РФ, Ветеран труда. Выпускники стабильно сдают ЕГЭ по физике, набирая высокие баллы, и поступают в вузы физико-технического профиля. Муж – инженер-электронщик, сыновья – адвокат и банковский менеджер.

Модели атома



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модели атома Демокрита, Томсона, опыты Резерфорда, планетарная (ядерная) модель атома, 9 и 11 классы

Урок объяснения нового материала с компьютерной поддержкой, 9-й класс

Ф.И. ТРУБЕКО
Licey1@lysya.in,
МОУ лицей № 1, г. Лысьва,
Пермский край

Как-то немецкий философ Гаман, живший в середине XVIII в., заметил: «Природа – это слово, написанное одними согласными, гласные приходится вставлять самим» [1]. Ведь и в самом деле, чтобы понять мир, окружающий нас, надо его довообразить, достроить в уме, увидеть систему, то есть «вставить гласные», как это делали древние. Если проанализировать содержание физических теорий, то в их структуре можно выделить общие элементы: *исходные факты* → *абстрактная модель* → *теоретические следствия* → *опыт (практическое применение)*. Так решает свои задачи физика, так создаётся целостная физическая картина мира.

Вот почему моей ведущей идеей стало развитие познавательной и творческой деятельности учащихся через физический эксперимент и структуризацию учебного процесса, то есть акцентирование внимания на систему фактов, понятий, законов, принципов науки. Это позволяет делать учебный труд школьников более осмысленным. Представленный урок как раз и демонстрирует такой подход к изложению учебного материала.

Цели урока: ● образовательная – углубить и систематизировать знания учащихся о строении атома через понятие модели; научить использовать модели атома для объяснения физических явлений; ознакомить с моделями атома Томсона и Резерфорда, выяснить роль эксперимента в становлении модели атома, выяснить роль модели атома в физике ● развлекательная – способствовать овладению основными способами мыслительной деятельности (выделять главное, сравнивать, доказывать, объяснять физические явления), развитию речи, формированию навыков самоконтроля ● воспитательная – способствовать формированию коллективизма, учить адекватно оценивать свои знания, формировать познавательный интерес.

Оборудование: экран, проектор, компьютер, учебный диск «Физика в картинках» [2], презентация*.

*Интерактивная презентация и раздаточный материал к уроку, а также методические рекомендации для подготовки к уроку «Ядерная модель атома» в 11-м классе представлены на диске к № 8/2011. – Ред.

Ход урока

I. Организационный этап (1 минута)

II. Актуализация знаний (7 минут)

Учитель. Многие учёные в конце XIX в. и не подозревали, какая революция зреет в физике. За короткий десятилетний промежуток были сделаны важные открытия (*слайд 1*): были открыты рентгеновские лучи, радиоактивность, электрон, создана частная (специальная) теория относительности. О каком открытии мы говорили на прошлом уроке? Расскажите, как это открытие было сделано.

Учащиеся. Беккерель обнаружил, что соли урана испускают невидимое излучение. Способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению называют радиоактивностью.

Учитель. Резерфорда часто называют «Ньютоном ядерной физики». Расскажите о его опыте по изучению явления радиоактивности.

Учащиеся (по ходу ответа учитель демонстрирует слайды с анимацией известного опыта).** Резерфорд взял толстостенный свинцовый сосуд с очень узким каналом, поместил на дно канала крупицу радия, а над отверстием поместил фотопластинку. После проявления фотопластинки на месте, располагавшемся над каналом, обнаружилось тёмное пятно (*слайд 3*). Потом он эту установку поместил в магнитное поле. На пластинке появились три пятна: одно центральное, на том же месте, что и раньше, и два боковых, по разные стороны от центрального (*слайд 4*).

Учитель. Какие выводы сделал Резерфорд?

Учащиеся. Вывод 1: радиоактивное излучение радия неоднородно. Резерфорд выделил α -частицы – полностью ионизированные атомы гелия, β -частицы – электроны и γ -частицы – вид электромагнитного излучения, которое мы теперь называем γ -квантами или γ -излучением. Вывод 2. Атомы вещества имеют сложный состав.

Учитель. Какую важную проблему должны были решить физики, чтобы объяснить явление радиоактивности?

Учащиеся. Выяснить строение атома.

III. Изучение нового материала (22 минуты)

Учитель. Запишем тему урока «Модели атома» (*слайд 5*). Зачем физикам нужно знать модели атома? Как определить пригодность модели для науки?

Учащиеся. Модели нужны для объяснения свойств реальных объектов. Справедливость модели проверяется экспериментом.

** См. комментарий М.А. Бражникова на с. 10. – Ред.

Учитель. Мы сегодня должны (слайд 6): ● Познакомиться с моделями атома ● Выяснить роль эксперимента в становлении модели атома ● Выяснить роль этой модели в физике. В конце урока по теме вы выполните небольшой тест.

На экране – шкала времени, сделайте, пожалуйста, такую же в тетради (слайд 7). О сложности атома в науке стали говорить в конце XIX в. А до этого какой была модель атома?

Учащиеся. Атом Демокрита – мельчайшая неделимая частица вещества, не имеющая составных частей (на слайде 7 после первого нажатия на кнопку «Учёные» появляется портрет Демокрита и соответствующая подпись, см. окончательный вид, слайд 19).

Учитель. Какие предложенные явления можно объяснить, используя модель атома Демокрита?

Учащиеся. Испарение... диффузию... давление в газах (при каждом ответе учитель «кликает» по соответствующей плашке, и она уходит на начальный отрезок шкалы времени).

Учитель. Объясните процесс испарения на основе модели атома Демокрита («кликает» по портрету Демокрита на слайде 7 – появляется слайд 8).

Учащиеся. При испарении, молекулы находящиеся на поверхности жидкости, преодолев притяжение соседних молекул, покидают жидкость. (После ответа учитель «кликает» по плашке «испарение» – открывается слайд 9 с анимацией и текстом.)

Учитель. Объясните процесс диффузии, механизм давления в газах на основе модели атома Демокрита. (После ответов учитель «кликает» по соответствующим плашкам на слайде 8, открывая слайды 10 и 11 с анимацией и текстом*.) Молекулярная, по сути, модель Демокрита хорошо описывает тепловые явления и процессы в газах. Почему нельзя объяснить явление протекания электрического тока на основе данной модели?

Учащиеся. В атоме Демокрита нет заряженных частиц, электрический ток – это направленное движение заряженных частиц, например, электронов в металлах.

Учитель. В 1897 г. Дж.-Дж. Томсон открыл электрон, частицу, во много раз меньшую атома. Но некоторые физики не приняли эту частицу, Конрад Рентген, например, сначала даже запрещал у себя в лаборатории произносить слово «электрон». Почему?

Учащиеся. В атоме Демокрита не было места для электрона.

Учитель. Дж.-Дж. Томсон предлагает свою модель атома (возвращается к слайду 7, нажимает второй раз на кнопку «Учёные» – появляется портрет Томсона и соответствующая подпись). Сравните атом Томсона с атомом Демокрита, прочитав в учебнике 2-й абзац на с. 228 [3].

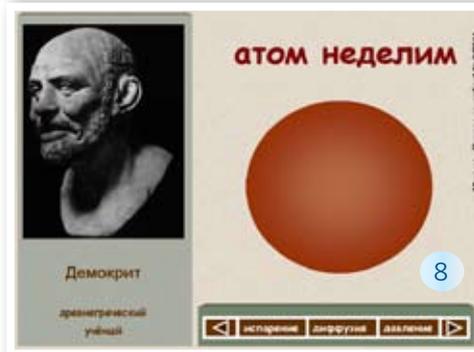
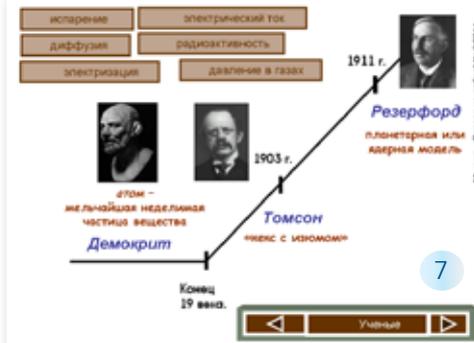
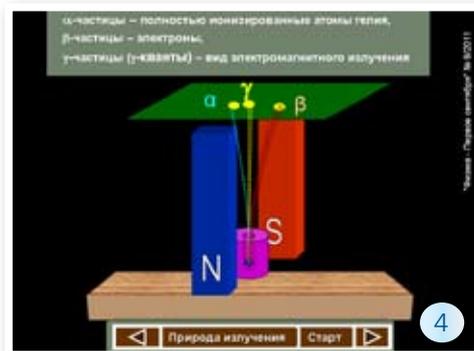
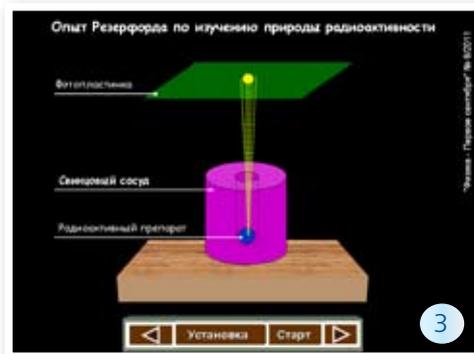
Учащиеся. Положительный заряд распределён по всему атому, электроны находятся внутри шара. Суммарный заряд атома равен 0.

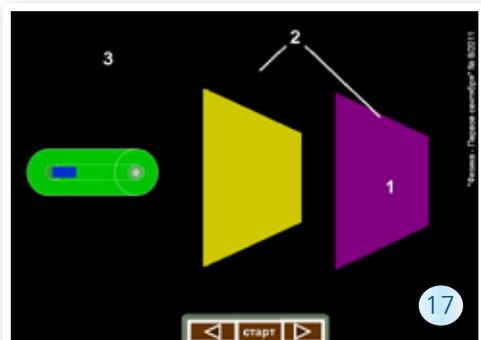
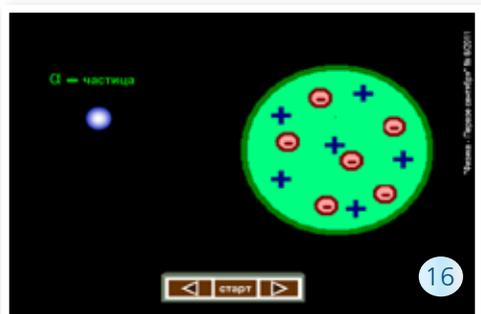
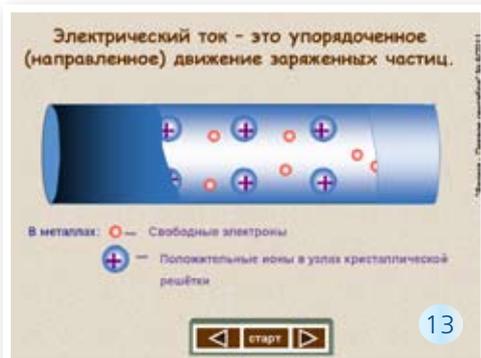
Учитель. Модель Томсона часто называют «кекс с изюмом» («кликает» по портрету Томсона на слайде 7 – появляется слайд 12). Какие предложенные на доске явления можно объяснить на основе модели Томсона?

Учащиеся. Электризацию тел, электрический ток в металлах. (После ответов учитель «кликает» по плашке «Электрический ток», открывая анимированный слайд 13.)

Учитель. А разве нельзя на основе данной модели объяснить испарение, давление, диффузию?

* Можно на уроке рассмотреть какое-то одно явление, а рассмотрение остальных задать на дом.





Учащиеся. Можно.

Учитель. Сравните модели.

Учащиеся. Вторая модель объясняет больше явлений.

Учитель. О Томсоне однажды написали, что это человек, который расколол атом [4]. Однако сам Томсон не настаивал на том, что его модель – самая правильная. Как выяснить, справедлива ли предлагаемая модель?

Учащиеся. Проверить экспериментально.

Учитель. В 1911 г. Резерфорд поставил опыт (слайд 14). В свинцовом сосуде находится радиоактивное вещество, испускающее α-частицы. Это тяжёлые положительно заряженные частицы, в 8000 раз превосходящие по массе электрон и летящие со скоростью 15 000 км/с. По сравнению с электроном α-частица всё равно, что пушечное ядро рядом с горошиной. Увидеть эти частицы непосредственно нельзя, поэтому для их обнаружения использовали экран, покрытый тонким слоем специального вещества, которое «вспыхивает» в том месте, куда попадает α-частица. Вспышки наблюдаются с помощью микроскопа. Каков результат опыта? (Демонстрирует анимацию, слайд 14.)

Учащиеся. Вспышки образуют небольшое пятно против отверстия в сосуде.

Учитель. Почему частицы не попадают в другие точки на экране?

Учащиеся. На пути частиц нет препятствий.

Учитель. Резерфорд поместил на пути α-частиц тонкую золотую фольгу (слайд 15) и предсказал результаты опыта на основе модели Томсона. Попробуем и мы с вами повторить рассуждения Резерфорда.

Учащиеся. В атоме Томсона положительный заряд распределён по всему объёму, а электрон слишком мал, так что α-частица будет отталкиваться лишь от небольшой части положительного заряда и не должна существенно изменить траекторию, поэтому, как прежде, попадёт в центр экрана.

Учитель (демонстрирует анимированный слайд 16). Опишите, что наблюдал в действительности Резерфорд (слайд 17).

Учащиеся. Одна группа α-частиц попадала, как и прежде, в центр экрана, на их пути не встречалось препятствий. Вторая группа рассеивалась на некоторый небольшой угол. Третья группа отбрасывалась назад, на эти частицы действовала какая-то сила.

Учитель. Как согласуется теоретическое предположение Резерфорда с результатом опыта? В чём причина расхождения?

Учащиеся. Или наши рассуждения неверны, или модель Томсона неправильна.

Учитель. Два года Резерфорд думал над строением атома всюду и везде. Однажды он, сияющий, ворвался в кабинет и воскликнул: «Я теперь знаю, как выглядит атом!» [4]. Современный школьник знаком с истинами, до которых учёные додумывались веками. Модель атома Резерфорда давно попала на страницы учебников физики и химии. Расскажите, что вы знаете об атоме Резерфорда.

Учащиеся. В центре атома находится положительное тяжёлое ядро, вокруг вращаются по орбитам электроны.

Учитель. Как называют модель Резерфорда?

Учащиеся. Планетарной, или ядерной моделью (слайд 18).

Учитель. Резерфорд рассчитал размеры атома и ядра: $R_a = 10^{-10}$ м, $R_j = 10^{-14} \dots 10^{-15}$ м. Это чрезвычайно малые величины, мы даже не можем их представить. Ведь обычно мы говорим: тонкий, как паутинка, лёгкий, как пух. Чтобы представить размеры атома и ядра, увеличим

мысленно атом водорода приблизительно в 10^{15} раз – станет размером с Москву. При этом ядро атома окажется размером с дыньку и будет находиться в центре Красной площади, а электрон, размером с пылинку, будет летать по окружности кольцевой дороги. Всё остальное в атоме Резерфорда – пустота [5]. Объясните рассеивание α -частиц, используя ядерную модель атома.

Учащиеся. Большая часть α -частиц (первая группа) проходит на большом расстоянии от ядра, не взаимодействуют с ним и поэтому не отклоняется. Вторая группа пролетает вблизи ядра, третья группа – очень близко от ядра. (После обсуждения учитель демонстрирует модель взаимодействия ядра и α -частиц на фрагменте из программного пакета «Физика в картинках».)

Учитель. Чтобы нарисовать эту картину, необходима была большая научная смелость. Какие выводы можно сделать из опытов Резерфорда?

Учащиеся. Резерфорд: 1) предложил ядерную модель атома; 2) определил размеры атома и ядра; 3) доказал несовершенство модели атома Томсона.

Учитель. Какие явления (слайд 19) можно объяснить на основе ядерной модели атома?

Учащиеся. Все, да ещё и радиоактивность.

Учитель. Чем вызван переход от одной модели к другой?

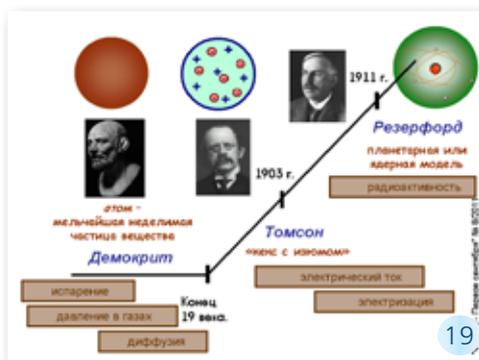
Учащиеся. Углублением знаний о природе вещей.

Учитель. На партах у вас тесты (см. Приложение на диске. – *Ред.*) На листочках пишем фамилию, вариант и выполняем задание. (Учащиеся работают.) Проверяем правильность выполнения: меняемся листочками с соседом, проверяем ответы и сверяем их с ответами на слайде 20. Поднимите руку, кто справился на «4»? на «5»? («5» – нет ошибок; «4» – одна-две ошибки; «3» – три ошибки, «неуд» – больше ошибок).

IV. Подведение итогов (5 минут)

Учитель. Вернёмся к целям урока (слайд 21). Проанализируем, все ли цели достигнуты: ● Рассмотрены ли разные модели атома? ● Выяснили ли мы роль эксперимента в становлении модели атома? ● Выяснили ли мы роль модели атома в физике? ● Поняли ли мы, зачем в физике используют модели атома?

Сегодня судьба человечества зависит от расщеплённого атома: либо мы его обуздаем, либо



он уничтожит нас. Дилемма эта вполне реальна и очень важна, поэтому каждый человек должен иметь грамотное представление о сущности физических процессов – от них зависит сама жизнь.

Задание на дом: § 62 [3]; зарисуйте схему опыта Резерфорда по рассеянию α -частиц; приведите примеры не рассмотренных нами на уроке физических явлений и объясните их с точки зрения модели атома Демокрита, Томсона и Резерфорда.

Литература

1. Сухорукова А.Э. Пароль – БТА, Л.: Детская литература, 1988.
2. Физика в картинках 6.2. Учебный диск. ООО «Физикон», 1993.
3. Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2007.
4. Пономарёв Л.И. По ту сторону кванта. М.: Молодая гвардия, 1971.
5. Линец Ю. Использование понятия «Модель» в преподавании курса физики // Физика-ПС. 1995. № 40.



Фаина Ивановна Трубеко – учитель физики высшей квалификационной категории. Окончила Чувашский государственный университет. Потомственный педагог – и мама, и дядя, и сёстры были педагогами, дочь окончила Пермский ГПУ и работает воспитателем в детском садике. Педагогическое кредо: учить видеть красоту мира и удивляться. В своей работе широко использует эксперимент, компьютерное моделирование и исторические обзоры, что позволяет видеть рождение физических теорий, драму идей. Ученики побеждают на городских олимпиадах, успешно выступают на НПК города и края, успешно сдают ГИА и ЕГЭ. Фаина Ивановна – победитель районного конкурса «Учитель года-2006», Почётный работник общего образования, любит рукодельничать, обожает лыжи, часто ходит с учениками в походы, на сплавы, изучает пещеры.

История физики на уроках: мифы, слухи... анекдоты

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: педагогические мифы, радиоактивность, опыт Резерфорда, модель атома

М.А. БРАЖНИКОВ,
редакция журнала «Физика-
ПС», г. Москва

К сожалению, нередко в присылаемых статьях встречаются «педагогические» мифы, основанные на непроверенных данных, статьях из СМИ, радио- и телесообщениях. В частности, это касается и, в общем-то, хорошей статьи Ф.И. Трубеко, см. с. 6–9.

1. Классический опыт по «расщеплению» радиоактивного излучения на три компоненты следует считать гипотетическим, – приписывание его только Э. Резерфорду неправомерно. По видимому, своим происхождением «опыт» обязан рисунку, сделанному М. Склодовской-Кюри, как это можно себе представить из следующей фразы Ф. Содди: «Это отклонение изображено г-жой Кюри на диаграмме (приводится рисунок. – М.Б.), где лучи изображены выходящими, под действием сильного магнитного поля, из радия, помещённого в куске свинца. Направление поля перпендикулярно плоскости бумаги. Слабо нарисованный пучок представляет собой неотклоняемые γ -лучи, слабо отклонённые α -лучи, а круговые линии разных радиусов – β -лучи, отклонённые в сторону, противоположную α -лучам. Нужно заметить, что отклонение α -лучей на диаграмме весьма преувеличено в сравнении с отклонением β -лучей, что сделано для большей наглядности» [1, с. 78–79] (Причём на диаграмме Кюри фотопластинка расположена внизу!) Опыт с отклонением β -лучей был впервые поставлен А. Беккерелем в 1899 г.: «Пользуясь фотографическим методом, он показал, что β -лучи сильно отклоняются электрическим и магнитным полем, если, например, в свинцовый желобок (приводится рисунок. – М.Б.) насыпать соли радия, поместить его на фотографическую пластинку, завернутую в чёрную бумагу и создать магнитное поле, параллельное желобку (то есть перпендикулярное плоскости рисунка), то согласно теории движения электронов, в поле β -лучи будут описывать окружности или винтовые линии, коих кривизна зависит от их начальной скорости, и, следовательно, попадут на чувствительный слой пластинки, производя на нём свой отпечаток» [2, с. 919].

Отклонение α -лучей было впервые определено Э. Резерфордом в 1903 г., и более детально в 1906. «Мы рассмотрим вкратце опыты того же учёного, выполненные им в более точной форме в 1906 г.; в главных из них источником лучей служила тонкая проволока, покрытая налётом радия С. Для наблюдения магнитного отклонения над проволокой, на расстоянии нескольких см располагался экран со щелью, параллельный проволоке, а ещё выше – фотографическая пластинка; весь прибор находился в пустоте. Лучи отпечатывали изображение щели на пластинке, когда же всё помещалось в однородное магнитное поле, которого линии сил были параллельны проволоке и щели, то траектории α -частиц несколько смещались и изображения смещались в сторону» [2, с. 913]. Таким образом, в гипотетическом опыте совмещены опыты А. Беккереля и Э. Резерфорда. Хотелось бы ещё указать, что изучением природы радиоактивности занимались супруги Кюри, а также Ф. Содди.

На мой взгляд, было бы полезно обсудить с учениками гипотетический опыт, разобранный в учебнике, и объяснить, почему такой опыт нельзя поставить, а также указать фамилии всех перечисленных выше учёных.

2. Говоря о моделях атома, следует иметь в виду следующее. Во-первых, кроме атома Демокрита, в науке XVIII–XIX вв. существовали и иные модели атомов, например, Босковича (о юбилее которого писала «Физика-ПС» № 6/2011), вихревых атомов Г. Гельмгольца и У. Томсона (Кельвина). В данном случае для учеников важны не столько детали тех моделей, а то, что физика вплоть до XX в. (а не только в эпоху Демокрита) усиленно думала над «устройством» атома. Во-вторых, открытие электрона – не единовременный творческий акт Дж.-Дж. Томсона, но труд многих физиков, среди которых необходимо назвать Г. Гельмгольца, В. Крукса, Ф. Ленарда. Возможно, не следует рассеивать внимание учеников множеством фамилий, но необходимо указать, что «открытие» электрона – результат работы многих учёных конца XIX в. В-третьих, следует иметь в виду, что к теории строения атома «причастны» двое Томсонов – лорд Кельвин (Уильям Томсон), предложивший в 1901 г. модель, позже названную «пудинговой», и «открывший» электрон Дж.-Дж. Томсон – учитель Э. Резерфорда, развивавший эту модель в 1903–1911 гг. Модель Кельвина–Томсона была первой, которая правильно не только предсказала размеры атома, но и объясняла периодический закон Д.И. Менделеева.

3. Стоит подчеркнуть, хотя кажется, что об этом пишут очень часто, что Э. Резерфорд не проводил опытов сам, а его теория стала осмыслением результатов тех экспериментов по рассеиванию α -частиц, которые проводили сотрудники его лаборатории Э. Марсден и Г. Гейгер, об исследованиях которых он написал в [3] (равно как и о том, что и Кельвин и Томсон, являлись авторами существовавшей модели). Следует рассказать ученикам, даже не приводя формулы, что на основании своей гипотезы о «нуклеарном» строении атома Резерфорд получил формулу вероятности события рассеивания, когда α -частица отклоняется на некоторый угол. Эта формула была экспериментально проверена Гейгером и Марсденом, и гипотеза Резерфорда стала обретать черты теории. Существенный вклад в её становление внёс датский учёный Н. Бор, – в 9-м классе стоит упомянуть фамилию этого учёного. При изложении «опыта Резерфорда» не следует смешивать схему, нарисованную Резерфордом для расчёта вероятности отклонения частицы, со схемой постановки эксперимента, она в [3] иная – ближе всего к ней рисунки из учебника Г.С. Ландсберга, т. III. При изложении этого материала необходимо проиллюстрировать ученикам «схему» познания: опыт → гипотеза → проверочный опыт → теория.

Литература

1. Содди Ф. Радиоактивность. Элементарное изложение с точки зрения распада атомов, СПб: Типография М.М. Стасюлевича, 1905 г.
2. Хвольсон О.Д., Курс физики, т. V, Берлин, ГИЗ, 1923 г.
3. Резерфорд Э. Строение атома и искусственное разложение элементов, сборник статей, ред. сост. Э.В. Шпольский, М.-П., ГИЗ, 1923 г.

Две работы физического практикума

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физический практикум, плотность, гидростатическое взвешивание, закон сохранения заряда, закон сохранения энергии, соединение конденсаторов, темы «Вес тела», «Электродинамика», 10 класс

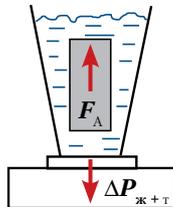
В.В. ЕФИМОВ
 efimberez@mail.ru,
 МОУ СОШ № 3,
 г. Березники, Пермский край

Лабораторная работа 1 Определение плотности твёрдых тел и жидкостей методом гидростатического взвешивания на электронных весах

Цель работы: измерив вес тела в воздухе и определив уменьшение его веса в жидкости (силу Архимеда) по известной плотности одного из веществ, определить плотность другого.

Оборудование: ● лабораторные электронные весы ● прозрачный пластиковый стакан объёмом 200 мл с дистиллированной водой ● пластиковый стакан с жидкостью неизвестной плотности ● набор металлических тел для определения их плотности ● крючок из тонкой стальной проволоки диаметром 0,3–0,4 мм, закреплённый на конце карандаша ● измерительный цилиндр.

Теория. При погружении тела в жидкость, его вес $P = \rho_t V_t g$ уменьшается на величину выталкивающей силы Архимеда $F_A = \rho_{ж} V_t g$, равной весу вытесняемой телом жидкости. Эта сила действует со стороны жидкости на тело вверх, но по третьему закону Ньютона тело с такой же силой действует на жидкость вниз. Поэтому увеличение силы, с которой жидкость с погружённым в неё телом давит на опору, то есть в конечном итоге – на весы, равно по модулю силе Архимеда: $\Delta P_{ж+т} = F_A$.



Зная вес тела в воздухе P_t и увеличение веса стакана с жидкостью при погружении в неё тела $\Delta P_{ж+т}$, можно по плотности тела (или жидкости) вычислить плотность жидкости (или опущенного в неё тела): $P_t = \rho_t V_t g$, $\Delta P_{ж+т} = \rho_{ж} V_t g \Rightarrow \frac{P_t}{\Delta P_{ж+т}} = \frac{\rho_t}{\rho_{ж}}$.

ЛР1 – адаптированный для школьников вариант ЛР МФТИ [1].
 ЛР2 поставлена по задачам из сборников [2–4].

При определении плотности твёрдых тел в качестве жидкости берём дистиллированную воду – её плотность составляет $\rho_{в} = 0,998 \text{ г/см}^3 \approx 1,00 \text{ г/см}^3$

при 20 °С. Следовательно: $\rho_t = \rho_{в} \frac{P_t}{\Delta P_{ж+т}}$.

[Учитывая, что весы отградуированы в граммах, то есть в единицах массы, а вес $P = mg$ выражается в ньютонах, для простоты расчёта результатов можно записать выражение для плотности тела в виде:

$$\rho_t = \rho_{в} \frac{m_t g}{\Delta m_{в+т} g} = \rho_{в} \frac{m_t}{\Delta m_{в+т}}, \text{ где } m_t \text{ – масса тела, рав-$$

ная показаниям весов при взвешивании тела в воздухе, $\Delta m_{в+т} = \Delta P_{в+т} / g$ – кажущееся приращение массы, обусловленное появлением выталкивающей силы $F_A = \Delta P_{в+т}$ при погружении тела в стакан с водой и равное показаниям весов при взвешивании стакана с водой и телом за вычетом показаний, полученных при взвешивании стакана только с водой. – *Ред.*]

Относительная погрешность измерения плотности $\epsilon_{\rho_t} = \epsilon_{\rho_{в}} + \epsilon_{P_t} + \epsilon_{\Delta P_{ж+т}}$. Погрешностью $\epsilon_{\rho_{в}}$ табличного значения плотности воды, при использовании трёх значащих цифр, можно пренебречь. Погрешность каждого взвешивания на электронных весах ϵ_{P_t} , $\epsilon_{\Delta P_{ж+т}}$ не превышает 2%, поэтому относительная погрешность измерения плотности данным методом не больше 4%.

ХОД РАБОТЫ

1. Включите электронные весы. Когда на дисплее появятся нули, весы готовы к работе.
2. Взвесьте одно из выданных вам тел. Показания весов с точностью до сотых долей запишите в табл. 1.

Таблица 1

№ тела	Показания весов при взвешивании		Вычисленная плотность тела ρ_t , г/см ³	Интервал значений плотности с учётом границ погрешности $[\rho_{min}; \rho_{max}]$, г/см ³	Металл, из которого сделано тело и его плотность по табл. 2, г/см ³
	тела m_t , г	стакана с водой и погружённым в него телом* $\Delta m_{в+т}$, г			

*За вычетом показаний, полученных при взвешивании стакана только с водой. – *Ред.*

3. Поставьте на весы стаканчик с дистиллированной водой. Нажмите кнопку **ТАРА**, весы пока-

жут «0» и не будут при последующих взвешиваниях учитывать начальный вес стакана с водой.

4. Используя проволочный крючок, полностью погрузите исследуемое тело в воду, не касаясь дна стакана и его стенок. Показания дисплея возрастут. Запишите их в таблицу. Оботрите тело.

5. Повторите п. 2–4 для оставшихся тел.

6. Вычислите и запишите в таблицу плотность вещества каждого из тел. Вычислите абсолютную погрешность измерения плотности $\Delta\rho_T = \rho_T \varepsilon_{\rho_T}$. Относительная погрешность измерения плотности данным методом не превышает 4%: $\varepsilon_\rho = 0,04$.

7. Вычислите границы интервала значений плотности: $\rho_{min} = \rho_T - \Delta\rho_T$, $\rho_{max} = \rho_T + \Delta\rho_T$ – и занесите их в табл. 1.

8. Используя табл. 2, определите, из какого металла сделано каждое тело.

Таблица 2

Металл	Плотность, г/см ³	Металл	Плотность, г/см ³
Алюминий	2,7	Медь	8,9
Железо	7,8	Свинец	11,3
Золото	19,3	Серебро	10,5
Магний	1,7	Титан	4,5
Цинк	7,1	Латунь	8,5

Используя тело, плотность которого вы определили, найдите гидростатическим взвешиванием плотность неизвестной жидкости. Перелейте эту жидкость в измерительный цилиндр и измерьте её плотность ареометром. Сравните результаты.

Контрольные вопросы¹

1. Определение плотности, формула плотности, её единицы.

2. Покажите, что 1 г/см³ = 1000 кг/м³.

3. Выразите плотность вещества через массу его молекулы.

4. Плотность вещества твёрдых тел можно определить, измерив их массу и объём. Почему этот способ даёт большую погрешность? В чём преимущество метода определения плотности гидростатическим взвешиванием?

5. Почему при погружении тела в жидкость увеличение веса жидкости равно выталкивающей силе, действующей на тело?

6. Почему в данной работе не учитывалась выталкивающая сила воздуха?

7. Что ещё, кроме погрешности взвешивания, могло повлиять на точность результата (что могло внести дополнительную погрешность)?

8. Как, зная плотность вещества и его молярную массу, определить среднее расстояние между молекулами? Вычислите среднее расстояние между молекулами воды.

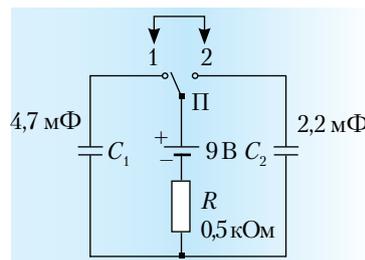
¹ Ответы на контрольные вопросы, бланки таблиц к ЛР 1 и 3, а также табл. 2 см. на диске к № 8/2011. – Ред.

Лабораторная работа 2

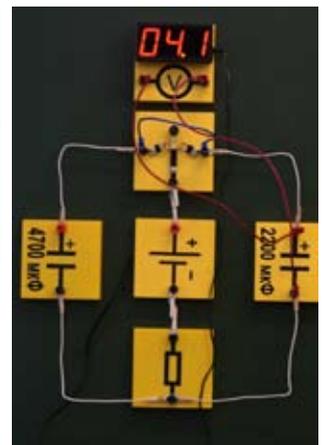
Проверка выполнения закона сохранения электрического заряда при соединении двух конденсаторов

Комментарий для учителя. Закон сохранения электрического заряда – один из фундаментальных законов физики, поэтому очень важно провести его экспериментальную проверку в демонстрационном эксперименте или в ходе лабораторной работы. Но проверить выполнение этого закона при соединении двух заряженных тел, например, шаров, сложно из-за трудностей измерения зарядов этих тел. А вот проверить выполнение закона при соединении двух заряженных конденсаторов достаточно просто. Для этого необходимо измерить их ёмкость и напряжение на обкладках. Для работы больше подходят электролитические конденсаторы* ёмкостью около 1 мФ с малой утечкой, но предварительно нужно как можно более точно измерить их ёмкость. Для этого можно подключить к заряженному конденсатору вольтметр с известным сопротивлением и измерить время, за которое напряжение на конденсаторе уменьшится в e (2,72) раз: $t_e = RC \Rightarrow C = t_e/R$. Напряжение на конденсаторе лучше измерять электронным вольтметром или мультиметром, так как они имеют очень большое входное сопротивление и поэтому почти не будут разряжать конденсатор.

В демонстрационном варианте работу по проверке закона сохранения электрического заряда я провожу при изучении темы «Конденсатор» (см. схему и фотографию). Цепь собирается на магнитной доске – это последовательно соединённые источник постоянного тока (4–9 В), переключатель П и резистор $R = 0,5...1,0$ кОм. Чем больше сопротивление, тем медленнее заряжаются конденсаторы. Вначале демонстрационный электронный вольтметр подключаю к конденсатору C_1 , переключатель устанавливаю в левое положение и после окончания зарядки измеряю напряжение U_1 . После зарядки первого конденсатора заряжаю второй, для чего переключатель ставлю в правое положение, вольтметр



*Заметим, что электролитический конденсатор включают в цепь с соблюдением полярности: вывод «+» конденсатора следует подсоединять к «+» источника. – Ред.



подключаю к конденсатору C_2 и после окончания зарядки измеряю напряжение U_2 . Затем, не отключая вольтметр, перевожу переключатель в среднее положение и замыкаю перемычкой клеммы 1 и 2, соединяя оба конденсатора параллельно – вольтметр показывает установившееся на них напряжение.

Для подтверждения закона сохранения заряда вычисляем с классом сумму зарядов конденсаторов до их соединения $q = C_1U_1 + C_2U_2$ и сравниваем с зарядом на двух параллельно соединённых конденсаторах, суммарная ёмкость которых $C = C_1 + C_2$: $q' = (C_1 + C_2)U$.

В рамках лабораторного практикума эту работу выполняют учащиеся 10-го класса.

ХОД РАБОТЫ

Цель работы: убедиться, что при соединении двух конденсаторов сумма их зарядов сохраняется.

Оборудование: ● панель для выполнения работы ● два конденсатора $C_1 = 5,4$ мФ, $C_2 = 3,1$ мФ ● мультиметр для измерения напряжения.

Теория. Закон сохранения электрического заряда – один из фундаментальных законов физики: алгебраическая сумма зарядов замкнутой системы тел сохраняется. Проще всего это проверить, соединяя заряженные конденсаторы параллельно. Обкладки конденсатора имеют равные по величине, но противоположные по знаку заряды. Заряд конденсатора – это величина (модуль) заряда одной из его обкладок, он равен произведению ёмкости конденсатора на напряжение между обкладками: $q = CU$.

Если два заряженных конденсатора C_1 и C_2 соединить параллельно, и напряжения на обкладках примерно равны ($U_1 \approx U_2 \approx U$), то заряды не будут перетекать с одного конденсатора на другой, и сумма зарядов конденсаторов до их соединения $q = C_1U_1 + C_2U_2$ будет равна заряду суммарного конденсатора общей ёмкостью $C = C_1 + C_2$:

$$q' = (C_1 + C_2)U.$$

Описание прибора. На панели для выполнения работы установлены: гнезда для подключения конденсаторов и мультиметра, источник постоянного тока 9 В, кнопка Kn_1 для зарядки конденсаторов, кнопка Kn_2 для разрядки конденсаторов, переключатель Π_1 , с помощью которого к источнику тока подключается один из конденсаторов, и кнопка Kn_3 для соединения конденсаторов.

ХОД РАБОТЫ

1. Заготовьте таблицу для записи результатов эксперимента (см. с. 14).

2. Подсоедините к панели, соблюдая полярность, конденсаторы и мультиметр. Установите переключатель мультиметра в положение **20 В**.

3. Убедитесь в том, что оба конденсатора не заряжены, измеряя вольтметром напряжение на каждом (не трогая кнопки Kn_1 , Kn_2 , поставьте переключатель Π_1 сначала в положение **1**, а затем в положение **2**. Если конденсатор не заряжен, показание вольтметра равно нулю).

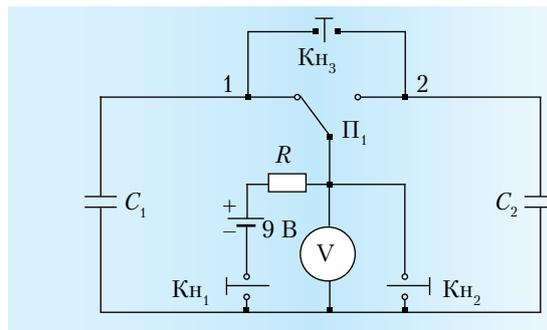
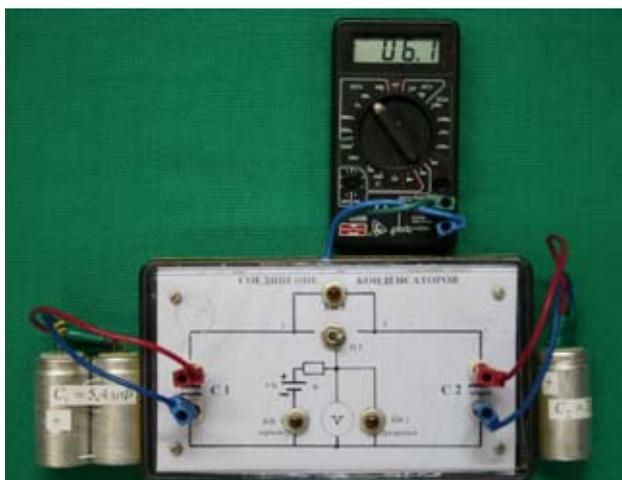
4. Установите переключатель Π_1 на панели в положение **1**. Нажав кнопку Kn_1 , зарядите конденсатор C_1 . Запишите в таблицу напряжение на нём. Вычислите его заряд: $q_1 = C_1U_1$.

5. Переведите переключатель Π_1 в положение **2** и, нажав кнопку Kn_1 , зарядите конденсатор C_2 до напряжения $U_2 \approx U_1$. Вычислите его заряд: $q_2 = C_2U_2$.

6. Вычислите сумму зарядов конденсаторов: $q = q_1 + q_2$.

7. Нажав кнопку Kn_3 , соедините конденсаторы C_1 и C_2 . Измерьте установившееся на конденсаторах напряжение U . Вычислите их общий заряд: $q' = (C_1 + C_2)U$.

8. При нажатой кнопке Kn_3 нажмите кнопку Kn_2 и удерживайте обе кнопки до полной разрядки конденсаторов.



9. Опыт повторите ещё раз (п. 3–8).

10. Сделайте вывод по результатам эксперимента: сравните сумму зарядов конденсаторов до соединения с зарядом батареи из двух параллельных конденсаторов.

Контрольные вопросы

1. Всегда ли сумма зарядов тел (конденсаторов) при их соединении сохраняется?

Таблица 3

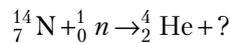
№	До соединения конденсаторов				После соединения конденсаторов		
	Напряжение на 1-м конденсаторе U_1 , В	Заряд 1-го конденсатора q_1 , мКл	Напряжение на 2-м конденсаторе U_2 , В	Заряд 2-го конденсатора q_2 , мКл	Сумма зарядов конденсаторов $q_1 + q_2$, мКл	Напряжение на батарее конденсаторов U , В	Заряд батареи конденсаторов q' , мКл
1							

2. При соединении заряженных конденсаторов энергия их электрического поля уменьшается. Не нарушается ли здесь закон сохранения энергии?

3. Конденсатор ёмкостью C , заряженный до напряжения U , соединили одноимёнными полюсами с конденсатором ёмкостью $2C$, имеющего напряжение между обкладками $4U$. Какое напряжение установится на конденсаторах и сколько выделится тепла при их соединении?

4. Шар радиусом R с зарядом $-q$ соединили тонким проводником с шаром радиусом $2R$ и зарядом $+4q$. Какой заряд установится на каждом шаре после их соединения, и каким будет их потенциал?

5. Помня о законе сохранения заряда, допишите ядерную реакцию:



Литература

1. Физический практикум. Механика и молекулярная физика. М.: Наука, 1967. 352 с.
2. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика: учеб. пособие; в 3 кн. М.: Физматлит, 2001. (Кн 1. Механика. 352 с.)
3. Гольдфарб Н.И. Физика. Задачник. 9–11 кл.: пособие для общеобразоват. учеб. заведений // 4-е изд. М.: Дрофа, 2000. 368 с.
4. Задачи по физике: учеб. пособие. М.: Наука, 1988. 416 с.

Комментарий редакции

Лабораторная работа 1. Хотелось бы более чёткого описания выполненных экспериментов. Так, в части «Оборудование» не указано число знаков после запятой в показаниях электронных весов.

Лабораторная работа 2. Интересно продолжить исследование*, заряжая конденсаторы до разных напряжений $U_1 \neq U_2$ (пусть например $U_1 > U_2$). Тогда после соединения конденсаторов параллельно (одноимёнными обкладками) заряд будет перетекать с одного конденсатора на другой (по цепи потечёт ток) до тех пор, пока потенциалы обкладок не выровняются и на обкладках не установится общее напряжение $U = q' / (C_1 + C_2)$, причём $q' = (q_1 + q_2)$, а $U_1 < U < U_2$.

В этом случае можно посчитать потери энергии, обусловленные выделением джоулева тепла в про-

водах и в конденсаторах, а также величину результирующего заряда. Действительно, энергия конденсатора $W_C = \frac{1}{2}CU^2$, заряд конденсатора $q = CU$.

До соединения конденсаторов их энергия составляла $W_1 + W_2$, где $W_1 = \frac{1}{2}C_1U_1^2$, $W_2 = \frac{1}{2}C_2U_2^2$, а заряд был равен $q = q_1 + q_2 = C_1U_1 + C_2U_2$.

После соединения энергия станет равной $W = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)U^2$, а заряд $q' = (C_1 + C_2)U$.

1. Найдите количество выделившейся теплоты, равное разности энергий системы конденсаторов до и после соединения:

$$Q = \Delta W = \frac{1}{2}[(C_1U_1^2 + C_2U_2^2) - (C_1 + C_2)U^2].$$

2. Найдите величину заряда Δq , перетёкшего с одного конденсатора на другой:

$$\Delta q = \left| \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} \cdot (U_1 - U_2) \right|.$$

3. Повторив опыт несколько раз при разных напряжениях U_1, U_2 , убедитесь, что величина перетёкшего заряда, а следовательно и потери энергии в виде выделившегося тепла будут тем больше, чем больше разность этих напряжений.



Василий Васильевич Ефимов – Заслуженный учитель РФ, почётный работник общего образования РФ, учитель физики. В 1971 г. окончил Пермский ГПИ, педагогический стаж 39 лет. Подготовил двух призёров международных олимпиад по физике, более 40 призёров российских олимпиад, четырёх 100-балльников по ЕГЭ. В 1991 г. добился открытия на базе общеобразовательной школы физматклассов. Около 50 выпускников этих классов – студенты и выпускники МФТИ. Семикратный Соросовский учитель, двукратный призёр фонда Дмитрия Зимина «Династия». Победитель Всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России-2007». Большое внимание уделяет работе с одарёнными детьми и совершенствованию физического эксперимента.

*Идея подана автором, но, к сожалению, не была достаточно обоснована и раскрыта. Подробный расчёт приведён на диске к № 8/2011, см. с. 26. – Ред.

Липкая электростатика, или Как отрезать один нанокulon?

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клейкая лента, скотч, полиэтилен, электризация, нанокulon, 10 класс

К.Ю. БОГДАНОВ

kbogdanov1@yandex.ru,

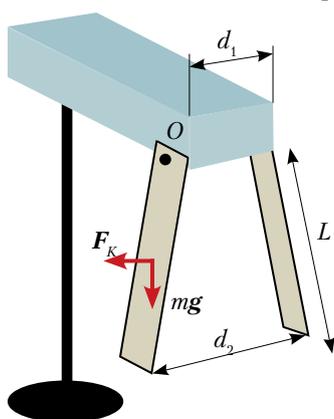
ГОО лицей № 1586, г. Москва



Каждому известна проблема, возникающая при использовании клейкой ленты (скотча) – трудно бывает найти её начало (место предыдущего обрыва), так как лента очень тонкая и плотно прилегает к катушке. Когда же наконец удаётся найти его и отрезать кусок, свободный конец, стоит его отпустить, опять стремится приклеиться к катушке. Происходит это из-за того, что скотч и катушка при разрыве электризуются, заряжаясь разноимённо. Лента при этом заряжается положительно, что легко проверить, если приклеить отрезок к плафону выключенной настольной лампы. Свободно висящая лента будет притягиваться к пластмассовой расчёске, которой незадолго до этого мы приводили в порядок причёску.

С помощью простого опыта можно оценить плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при сматывании с катушки. У меня была лента шириной 48 мм и толщиной 45 мкм из полиэтилена плотностью 910 кг/м³.

Приклеим к плафону два отрезка скотча длиной $L = 30$ см каждый и измерим, на какое расстояние



разойдутся два свободно свисающих конца. В моём опыте при расстоянии между верхними концами $d_1 = 10$ см между нижними, в среднем, было $d_2 = 18$ см. Убедиться в том, что отрезки лент отталкиваются именно электростатически, очень легко. Достаточно зажжён-

ную спичку на несколько секунд поместить между свисающими отрезками лент, и они станут параллельными, так как поднимающиеся вверх ионы, заряженные частички пыли и копти быстро нейтрализуют заряд.

Простые расчёты показывают, что отрезок такой ленты длиной 30 см имеет массу $m = 0,57$ г. Очевидно, что при равновесии момент силы тяжести, действующей на правый отрезок ленты, относительно точки O должен компенсироваться моментом кулоновских сил относительно O , действующих со стороны левого отрезка. Чтобы упростить решение, будем считать, что результирующая F_K кулоновских сил приложена там же, где и сила тяжести – в точке пересечения диагоналей правого отрезка клейкой ленты. Тогда вышеупомянутое условие равенства моментов можно записать следующим образом:

$$mg \cdot \left(\frac{d_2 - d_1}{4} \right) = F_K \cdot \sqrt{\frac{L^2}{4} - \left(\frac{d_2 - d_1}{4} \right)^2},$$

откуда следует, что

$$mg \cdot \left(\frac{d_2 - d_1}{4} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{\left(\frac{d_2 + d_1}{2} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{L^2}{4} - \left(\frac{d_2 - d_1}{4} \right)^2}.$$

Второе уравнение позволяет оценить заряд q каждого отрезка, который оказывается равным примерно 40 нКл. Так как площадь ленты составляет $4,8 \times 30 = 144$ см², то плотность зарядов на ленте близка к 0,3 нКл/см². Таким образом, чтобы «отрезать» 1 нКл, надо взять около 3 см² «свежеоторванного» скотча.



Константин Юрьевич Богданов – учитель физики высшей квалификационной категории, кандидат физико-математических наук, доктор биологических наук, окончил Московский физико-технический институт в 1969 г., педагогический стаж 8 лет. Работал в Институте хирургии им. А.В. Вишневского, Кардиологическом научном центре и в Университете John Hopkins (г. Балтимор, США), автор 65 научных работ, 8 монографий и учебников по физике для 10–11-го классов. Педагогическое кредо: рассказывать ученикам то, что знаешь сам. Проблемы общероссийские – мало мотивированных учеников. Наград нет, а семья есть. Жена – фармацевт. Дочь – заместитель директора гостиницы. Сын работает в страховой компании. Внук учится в начальной школе.

Система задач из одной задачи!?

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конденсатор, операции анализа и синтеза, обобщённый образ прибора, 10 класс

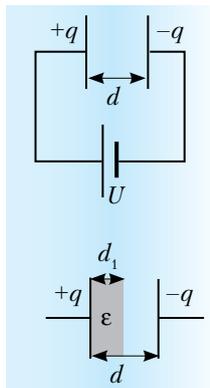
А.А. НАЙДИН
 naidin_anatoli@mail.ru,
 гимназия № 44, г. Новокузнецк,
 Кемеровская обл.

Мышление можно развивать от урока к уроку, помня, что это процесс длительный, но всегда благодарный. Интересные примеры мыслительных операций анализа (разложение целого на части) и синтеза (соединение целого из частей) часто возникают при решении задач. Даже в профильных классах традиционно трудными для понимания являются процессы, происходящие в цепи плоского раздвижного конденсатора при различных манипуляциях с ним. Обсуждение каждой из них в конкретных задачах привело бы к непомерным затратам учебного времени, а составление одной скроет физическую суть процессов потоком неизвестных, которые необходимо определить. В таких случаях есть смысл «большую» задачу разбить на несколько «мелких», решив которые, можно обобщить полученные знания.

● Площадь каждой обкладки плоского конденсатора равна 250 см^2 , расстояние между ними 2 мм . Конденсатор заряжается от батареи с напряжением 150 В . Затем его отключают от батареи ($q = \text{const}$) и между обкладками вводят диэлектрическую пластину толщиной 1 мм , диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$ и такой же площади, что и обкладка [1].

Имея такую информацию, можно определить: ● начальную ёмкость конденсатора с воздушным зазором ● заряд на каждой обкладке ● напряжённость электрического поля между обкладками до введения диэлектрика ● напряжённость электрического поля в диэлектрике ● напряжение между обкладками после введения диэлектрика ● ёмкость конденсатора с диэлектриком ● напряжение между обкладками и ёмкость конденсатора при введении проводника таких же размеров. Кроме того, полезно определить те же величины при условии, что конденсатор не отключают от батареи ($U = \text{const}$).

Разобьём данную задачу на ряд простых, чтобы каждая последующая была логическим продолжением предыдущей.



Задача 1. Площадь обкладок плоского конденсатора $S = 250 \text{ см}^2$, расстояние между ними $d = 2 \text{ мм}$. Конденсатор заряжается от батареи с напряжением $U = 150 \text{ В}$.

Определите: ● ёмкость конденсатора C ● его заряд q ● напряжённость электрического поля между его обкладками E .

Ответы. $C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \approx 111 \text{ пФ}$; $q = CU \approx 16,6 \text{ нКл}$;
 $E = U/d = 75 \text{ кВ/м}$.

Задача 2. После этого конденсатор отключили от батареи (заряд на обкладках при этом не изменяется) и между обкладками ввели диэлектрическую пластину толщиной $d_1 = 1 \text{ мм}$, диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$ и такой же площади, что и обкладка.

Определите: ● напряжённость электрического поля в диэлектрике E_d ● напряжение между обкладками после введения диэлектрика U_1 ● ёмкость конденсатора с диэлектриком C_1 .

Ответы. $E_d = \frac{E}{\epsilon} = 15 \text{ кВ/м}$;
 $U_1 = E(d - d_1) + E_d d_1 = 90 \text{ В}$; $C_1 = \frac{q}{U_1} \approx 184 \text{ пФ}$.

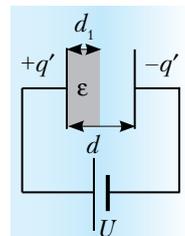
Примечание. Электрическую ёмкость конденсатора с диэлектриком можно определить, рассматривая его как два последовательно соединённых конденсатора ёмкостями $2\epsilon C$ и $2C$:

$$C_1 = \frac{2\epsilon \cdot C \cdot 2C}{2\epsilon \cdot C + 2C} = \frac{2C \cdot \epsilon}{\epsilon + 1} \approx 184 \text{ пФ}.$$

Если вместо диэлектрической пластины между обкладками ввести проводящую пластину того же размера, то напряжение между обкладками станет $U_2 = E(d - d_1) + 0 \cdot d_1 = 75 \text{ В}$, а электрическая ёмкость конденсатора $C_2 = q/U_2$ стала бы приблизительно равна 221 пФ .

Задача 3. Если бы мы ввели диэлектрическую пластину, не отключая конденсатор от источника ($U = \text{const}$), то какими бы стали после этого заряд конденсатора q' и напряжённость электрического поля в воздушном зазоре E' и в диэлектрике E'_d ?

Решение. Поскольку напряжение на конденсаторе осталось бы неизменным, то $q' = C_1 U = 27,6 \text{ нКл}$; $E' = \frac{q'}{S\epsilon_0} = 125 \text{ кВ/м}$, а в диэлектрике $E'_d = 25 \text{ кВ/м}$.



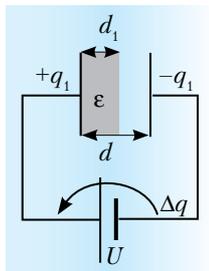
Задача 4. Какое количество теплоты Q выделится в конденсаторе при введении в него диэлектрической пластины, когда он был отключён от батареи ($q = \text{const}$)?

Решение. Энергия конденсатора $W_1 = \frac{q^2}{2C}$ до введения в него пластины и $W_2 = \frac{q^2}{2C_1}$ после введения.

Поэтому $Q = W_1 - W_2 \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж} \approx 0,5 \text{ мкДж}$.

Задача 5. Какое количество теплоты Q' выделится в цепи при введении в конденсатор диэлектрической пластины, если он не был отключён от батареи ($U = \text{const}$)?

Решение. $W_1 = \frac{CU^2}{2}$,
 $W_2 = \frac{C_1U^2}{2}$, работа источника



тока $A = \Delta q \cdot U = (C_1 - C) \cdot U^2/2$. По закону сохранения энергии, $W_1 + A = W_2 + Q'$, откуда:

$$Q' = W_1 + A - W_2 = (C_1 - C) \frac{U^2}{2} \approx 0,82 \text{ мкДж}.$$

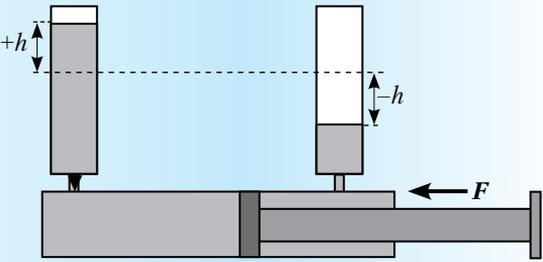
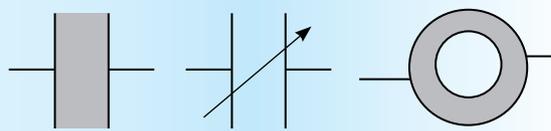
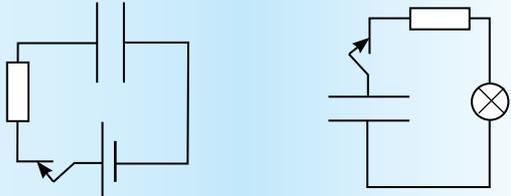
Выделившееся в цепи количество теплоты составляет ровно половину от работы источника тока!

В основе приведенной выше задачи лежит научный факт – реальный процесс. Решение задачи начинается с выдвижения догадки-гипотезы и построения модели процесса (рисунок, график, опытная установка). В процессе теоретического анализа модели (применение законов) или экспериментов с ней (мысленные опыты, эксперименты) создаётся план решения задачи, часто очень быстро переходящий в её решение, после чего ученики приходят к определённым следствиям, которые получают в виде определённых формул или выводов. Полученные законы позволяют выявить, при каких условиях и как будет протекать данный процесс, почему он будет протекать именно так, объяснить ряд других явлений, рассмотреть возможности их технического применения. Решение такой задачи позволяет глубже понять свойства изучаемого прибора, помогает сформировать его образ и закрепить его в виде таблицы с рисунками, которая будет в дальнейшем использована учениками при решении других задач.

ПЛАН ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРА

- 1. Общая характеристика прибора
- 2. Устройство прибора (схематически)
- 3. Модель прибора
- 4. Основные уравнения, описывающие прибор
- 5. Типы прибора
- 6. Практические применения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР

1	Электрическим конденсатором называют систему из двух проводников (обкладок), разделённых слоем диэлектрика
2	
3	
4	$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$, $q = C \cdot U$, $W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$, $W = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$
5	 Плоский конденсатор Конденсатор переменной ёмкости Сферический конденсатор
6	 Зарядка конденсатора Разрядка конденсатора $U(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $I = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$

Литература

1. Джанколи Д. Физика. М.: Мир, 1989. Т. 2, с. 87–88.

Практикум: решение творческих задач

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод научного познания, творческая задача, экология, качество воды, транспортировка каменного угля, метановая линза, удельное сопротивление почвы, экологическое воспитание, добыча нефти, практические применения, 10–11 классы

А.А. НАЙДИН
naidin_anatoli@mail.ru,
гимназия № 44, г. Новокузнецк,
Кемеровская обл.

1. Региональный компонент и экология

Есть такое правило: встал поутру, умылся,
привёл себя в порядок – и сразу приведи
в порядок свою планету.

Антуан де Сент-Экзюпери. Маленький принц

В начале XXI века существенно возрос интерес к экологическим проблемам – трагедия Чернобыля, произошедшая 25 лет назад, глобальное потепление, рост численности населения, беспощадная вырубка лесов, «грязные» технологии, ухудшение качества питьевой воды и прочее. Решение большинства этих задач по силам только всему человечеству, однако, как известно, всё большое начинается с малого дела. Поэтому экологическому воспитанию и соответствующим проблемам на уроках физики следует уделять пристальное внимание. В качестве примера приведу реку Аба, которая протекает по центру г. Новокузнецка. Ещё полвека назад она славилась хорошими уловами рыбы, а сейчас переливается всеми цветами радуги из-за высокой концентрации в её воде нефтепродуктов и угольной взвеси из шахтных выбросов. Можно ли улучшить экологическое состояние реки? Да!

Оставим для биологов эффект самоочистки любой экологической системы и обратимся к чисто техническим методам. Одна из гипотез моих учеников состоит в том, что молекулы углеводов должны ориентироваться во внешнем электрическом поле. Если такое внешнее электрическое поле создать* и «посыпать» поверхность воды «склеивающим» молекулы углеводов веществом, то можно получить нерастворимый в воде продукт, который легко удалить механическим способом. Опыт в лаборатории действительно показал, что в силь-

ном электрическом поле наблюдается ориентация молекул углеводов, а крахмал даже в небольшой концентрации претендует на роль «склеивающего» вещества. Поиски других веществ ученики продолжают, и я надеюсь, что будет разработан и реализован проект очистки реки Абы.

Другой не менее злободневной проблемой для Новокузнецка остаётся загрязнение окружающей среды выбросами металлургических комбинатов. Электрические фильтры, применяемые для очистки дыма, имеют по паспорту КПД 99%, но на самом деле он в пределах 90%. Ученические опыты в школьной лаборатории показали, что неплохие перспективы имеет винтовая труба. Благодаря центробежному эффекту и вязкому трению частицы дыма замедляют свою скорость в трубе и легко задерживаются электрическими фильтрами (предложил *Александр Жданов*, лауреат международной конференции «Шаг в будущее-1999», окончил Сибирский государственный индустриальный университет в 2006 г.).

Серьёзные проблемы возникают и при транспортировке каменного угля по железной дороге. Для того чтобы ослабить ветровую эрозию, уголь в вагонах поливают масляными вододисперсионными смесями. Это действительно ослабляет ветровую эрозию, но увеличивает массу вагона, повышает затраты на транспортировку, загрязняет атмосферу продуктами испарения, в холодное время года значительно увеличивает время на разгрузку вагона. А нельзя ли использовать водорастворимое, дешёвое и экологически чистое вещество, которое при испарении воды образовывало бы тонкую корку, препятствующую выветриванию угля? Опыты в лаборатории и экономические расчёты выпускника 1998 г. *Сергея Трифонова* показали, что есть вполне реальный кандидат на роль такого вещества.

Не менее важной задачей в Кузбассе является поиск альтернативных источников энергии, в качестве такового можно использовать, например, метан. Этот газ в основном находится между угольными пластами и не образует крупных месторождений, что затрудняет его добычу традиционными способами. Поэтому поиск даже небольших месторождений газа – основная задача добытчиков этого вида топлива. Допустим, что в шахте работа-

*Кроме технической проблемы – как создать сильное электростатическое поле в масштабах реки, озера, моря, полезно обсудить с учениками и экологическую – какое воздействие окажет сильное поле на живые организмы в воде! – Ред.

ет угледобывающий комбайн. Тогда в окружающих породах будут возникать сейсмические волны малой интенсивности, которые, однако, с помощью специальных приборов (микрофона с усилителем) можно зарегистрировать на поверхности. Если на пути такой волны встретится «метановая линза», то она будет фокусировать волны, и распределение интенсивности сигнала на поверхности изменится. Можно составить карту распределения интенсивности сигнала и таким образом установить границы и перспективность месторождения. Модельные опыты были проведены учениками 11-го класса с водяными и воздушными линзами в школьной лаборатории. Результаты обнадеживают*.

Важной проблемой в городах Кузбасса является мониторинг качества воды. Для его проведения необходимы специальные лаборатории, которые есть далеко не в каждом городе. Однако для питьевой воды существует система государственных стандартов. Например, по ГОСТу, проводимость воды не должна превышать $5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{ м}^{-1}$. Некоторые из этих параметров могут быть измерены в школьных лабораториях, однако для грубой оценки можно ограничиться простым опытом. Идея опыта состоит в том, что после испарения капли на поверхности стекла остаётся след от неё в виде концентрических колец. Чем больше в воде растворено солей, тем чаще следуют кольца друг за другом. Простой подсчёт числа колец и сравнение с эталоном дают возможность оперативно оценить качество питьевой воды (*Фонов Василий*, лауреат Всероссийской конференции «Первые шаги-2008», награждён медалью Эвариста Галуа, сейчас студент 2-го курса МЭИ).

В последние годы в Кузбассе стала актуальной проблема рекультивации земель, загрязнённых в своё время промышленными предприятиями. Ученик 9-го класса *Сергей Мартыненко* (диплом 1-й степени на Всероссийской конференции «Первые шаги-2007») сейчас студент 2-го курса факультета проблем физики и энергетики МФТИ) попробовал классифицировать почвы по зависимости их удельного электрического сопротивления от концентрации влаги. Построив графики, он убедился, что ниже всех графиков, за исключением глины, идёт график чернозёма. Почвы худшего плодородия, например, песок или суглинок, имели большое сопротивление, поскольку содержали меньше органических остатков, соединений азота, фосфора и тому

*Расчёт распространения звуковых волн в пористо-слоистой неоднородной среде – очень сложная задача, это ученикам необходимо сообщить. Кроме того, сейсмические волны – это инфразвуковые волны с частотой 0,1–10 Гц, их нельзя регистрировать простым микрофоном. При частоте 1 Гц и скорости 5 км/с длина волны составляет около 5 км. Какие должны быть пласты метана, чтобы их линейные размеры позволяли использовать геометрическую акустику? Полезно рассмотреть с учениками вопрос, чем будет сферическая полость с метаном в сплошном твёрдом теле – фокусирующей или рассеивающей звуковой линзой. – *Ред.*

подобное, но после обработки электрическими разрядами их сопротивление уменьшалось в несколько раз. По его гипотезе, образующийся при высоковольтных разрядах озон окисляет атмосферный азот. Соединения азота в почве диссоциируют на ионы, что приводит к уменьшению удельного сопротивления почвы и повышению плодородия.

Все эти примеры убедительно демонстрируют, что настоящее знание всегда готово к применению, но довести ученика до уровня, когда он уже способен применить знания, – задача учителя. Для достижения этого можно задействовать всё – и любовь к родному краю, и инстинкт самосохранения, и веру в светлое будущее страны. Это ещё один мотив к изучению физики в школе! Мотив этот был бы более убедительным, если бы заинтересованные городские службы создали бы свой сайт в Интернете, на который «стекались» бы все задачи (технические, экологические, экономические и так далее), которые надо решить. Школьники и студенты под руководством своих преподавателей тогда могли бы принять посильное участие в их решении, и это способствовало бы их профессиональной ориентации, карьере, приносило блага и пользу городу.

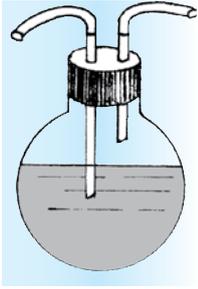
2. Применение свойств газов в технике

Многое твёрдо должно быть
установлено прежде,
Нежели сможешь постичь ты
правильно сущность предмета:
Надо к нему подходить и окольной,
и длинной дорогой.
Тит Лукреций Кар

В школьных учебниках достаточно подробно рассказывается о применении свойств газов в технике, об их использовании в качестве рабочего тела двигателей и амортизаторов. Некоторые применения можно продемонстрировать на уроке. Дальнейшие рассуждения удобно вести поэтапно по алгоритму научного исследования: научный факт → гипотеза → модель → опыты → теория → практические применения. Проследить эту поэтапность можно на примере решения любой творческой задачи.

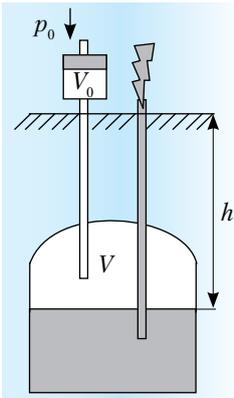
Например, известно, что иногда при бурении из скважины вырывается фонтан нефти. Это происходит потому, что месторождение крупное и окружающие его породы создают достаточное давление. Но наступает такой момент, когда запасы месторождения истощаются, и нефть из скважины не течёт. Из некоторых скважин нефть вообще не идёт, (породы не создают достаточного давления), и они консервируются до лучших времен.

Как достать нефть с большой глубины? Одной из первых в голову ученикам приходит гипоте-



за – использовать всасывающий насос. В качестве модели установки удобно использовать круглую колбу объёмом 2–3 л, наполовину заполненную машинным маслом. Горлышко колбы закрываем резиновой пробкой, через которую пропускаем две стеклянные трубки, одна из которых касается поверхности масла. Если к ней через резиновую трубку подсоединить всасывающий насос, то масло начнёт подниматься по трубке. Этот эксперимент показывает, что наша гипотеза оказалась верной, однако легко показать теоретически, что таким способом нефть можно поднять только на высоту $h = p_0 / (\rho_m g) \approx 11,3$ м, где p_0 – атмосферное давление, ρ_m – плотность масла. Нефтяное месторождение находится на гораздо большей глубине, поэтому таким способом нефть на поверхность не поднимешь. Таким образом, теоретический расчёт опроверг нашу гипотезу.

Другая гипотеза, которую предлагают ученики, состоит в том, чтобы, наоборот, закачивать воздух в воздушную полость над нефтью. Проверяем гипотезу: подсоединяем нагнетающий насос к другой трубке и закачиваем в полость воздух, при этом по первой трубке масло поднимается на поверхность.



Гипотеза получила экспериментальное подтверждение, однако проведём теоретическую оценку.

Допустим, месторождение содержит 40 млн т нефти, его объём $5 \cdot 10^7$ м³, объём воздушной полости $V = 5 \cdot 10^6$ м³, глубина месторождения $h = 1$ км, рабочий объём нагнетающего насоса $V_0 = 1$ м³, его производительность 10 ходов поршня (качков) в секунду. Если пренебречь изменением давления воздуха с глубиной,

то в соответствии с законом Бойля–Мариотта можно записать:

$$p_0(N \cdot V_0 + V) = (p_0 + \rho_n g h)V,$$

где N – число качков, а плотность нефти $\rho_n = 730$ кг/м³.

Нефть достигнет уровня земли, если $N = \frac{\rho_n g h V}{p_0 V_0}$,

то есть при заданных числовых данных придётся сделать $N = 3,5 \cdot 10^8$ качков, на что уйдёт около года.

Как ускорить процесс? Можно в скважину закачать воду. Объём воздушной полости при этом

уменьшится и пропорционально уменьшится время подъёма нефти на поверхность при последующем закачивании в скважину воздуха. Это хорошо демонстрируют опыты на модели установки, и наша гипотеза получает ещё и экспериментальное обоснование. Конечно, экологически чистым вариантом была бы возгонка нефти в месторождении, но эта гипотеза ещё даже не обсуждалась.

Предложенная творческая задача позволяет не только обсудить способы решения технической проблемы, но и демонстрирует учащимся, что знание всегда готово к применению. Покажем, например, как сконструировать прибор для измерения объёма жидкости в сосуде – газовый объёмометр. Если в горлышко пустой колбы вставить пробку с двумя стеклянными трубками, одну из которых соединить со школьным нагнетающим насосом с рабочим объёмом V_0 , а другую – с микроманометром, то одно качание приведёт к увеличению давления в колбе на Δp_1 . Если же колбу предварительно частично заполнить водой и сделать одно качание, то изменение давления Δp_2 будет больше. Рассуждая, как и в предыдущей задаче, получим, что объём налитой в колбу жидкости

$$V_{\text{ж}} = p_0 V_0 \left(\frac{1}{\Delta p_1} - \frac{1}{\Delta p_2} \right).$$

Мы изобрели газовый объёмометр!

Дополнение редакции. Решение последней задачи также основано на использовании Бойля–Мариотта. Действительно, в отсутствие жидкости в сосуде справедливо уравнение:

$$p_0(V_0 + V) = p_1 V,$$

где p_1 – давление в сосуде объёмом V после вдвигания поршня. Отсюда получаем измеряемый манометром прирост давления $\Delta p_1 = p_1 - p_0 = p_0 \frac{V_0}{V}$.

Аналогично для случая, когда в сосуде содержится вода объёмом $V_{\text{ж}}$, можем записать:

$$p_0(V - V_{\text{ж}} + V_0) = p_2(V - V_{\text{ж}}),$$

а прирост давления равен $\Delta p_2 = p_2 - p_0 = p_0 \frac{V_0}{V - V_{\text{ж}}}$.

Исключая V из выражений для Δp_1 и Δp_2 , получаем:

$$\Delta p_2 \left(V_0 \frac{p_0}{\Delta p_1} - V_{\text{ж}} \right) = p_0 V_0,$$

откуда приходим к приведённой автором формуле:

$$V_{\text{ж}} = p_0 V_0 \left(\frac{1}{\Delta p_1} - \frac{1}{\Delta p_2} \right).$$

Годовая подшивка газеты «ФИЗИКА» на компакт-диске

ПОЛНАЯ ПОДБОРКА МАТЕРИАЛОВ ЗА 2010 ГОД ПОВТОРНЫЙ ТИРАЖ ПОДШИВОК ЗА 2005, 2006, 2007, 2008 И 2009 ГОДЫ

**А ТАКЖЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ СБОРНИКИ
И ПОДШИВКИ ДРУГИХ ГАЗЕТ ИД «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»**

Удобная система навигации и поиска: материалы можно выбрать по тематике, рубрике или по номеру газеты.

Для пользователей любого уровня: включи и работай — не требуются установка и место на винчестере.

Компакт-диск пригоден для работы на компьютерах даже устаревшей конфигурации (Windows-95 и выше).

Стоимость диска включает доставку. Рассылка производится только на территории РФ.



КУПОН

ЗАПОЛНЯЕТСЯ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ!

ФАМИЛИЯ

ИМЯ

ОТЧЕСТВО

ИНДЕКС АДРЕС

**ЭТИ ДИСКИ
МОЖНО ПРИОБРЕСТИ:**

- заполнив купон и отправив его в конверте с пометкой «Книга — почтой» по адресу:
ИД «Первое сентября», ул. Киевская, д. 24, г. Москва, 121165
- заказав по телефону: **(499) 249-47-58**
- заказав по электронной почте: **podpiska@1september.ru**
- заказав на сайте: **www.1september.ru**

Цена за один диск с доставкой	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
	299 руб.	299 руб.	299 руб.	299 руб.	399 руб.	399 руб.	499 руб.	699 руб.

Английский язык	x	x	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.
Библиотека в школе	x	шт.						
Биология	шт.							
География	шт.							
Дошкольное образование	x	шт.						
Здоровье детей	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
Информатика	x	x	x	x	x	x	x	шт.
Искусство	x	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
История	шт.							
Классное руководство и воспитание школьников	x	x	x	x	x	шт.	шт.	шт.
Литература	шт.							
Математика	x	x	x	x	x	x	шт.	шт.
Начальная школа	x	шт.						
Немецкий язык	x	x	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.
Русский язык	шт.							
Спорт в школе	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
Управление школой	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
Химия	шт.							
Физика	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
Французский язык	x	x	x	x	шт.	шт.	шт.	шт.
Школьный психолог	шт.							

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ
СБОРНИКИ**

Цена за один диск с доставкой – 399 руб.

- Газета «Начальная школа»
- «50 лет системе Л.В. Занкова» — шт.
- «1001 ёлка на Новый год» — шт.
- Газета «Школьный психолог»
- «Тренинг в теории и на практике» — шт.
- Газета «Школьный психолог»
- «Тест со всех сторон» — шт.
- Газета «Литература»
- «Консультации по темам экзаменационных сочинений» — шт.

Цены действительны до 31 августа 2011 года

Исследовательские лабораторные работы

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспериментальные задания, самодельные приборы, лабораторный эксперимент

См. также № 3/2011 и диск к № 4/2011

С.В. ТАНЫГИН
tanyginsv@mail.ru,
ДЮЦ, АлтГПА, г. Барнаул,
Алтайский кр.

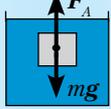
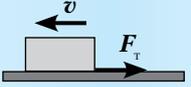
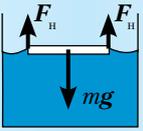
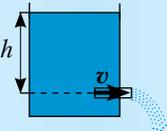
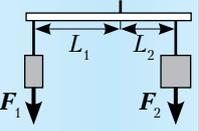
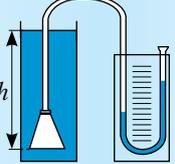
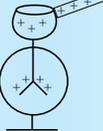
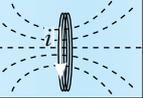
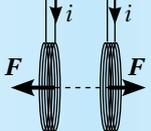
1. Принцип отбора экспериментальных заданий для лабораторного эксперимента

Процесс исследовательской работы разбивается на несколько этапов: ● наблюдение за физическим процессом или явлением ● фиксация опытных фактов ● выдвижение гипотез, объясняющих наблюдаемое явление или процесс (прогнозирование зависимости какой-либо физической величины от всевозможных параметров B_1, B_2, \dots, B_n) ● экспериментальная проверка выдвинутых гипотез ● выявление зависимости изучаемой физической величины от параметров $f = f(B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)$.

Рассмотрим сказанное на конкретном примере. Будем наблюдать за телом, погружённым в жидкость. Выдвинем гипотезы о зависимости силы, действующей на тело со стороны жидкости, от различных параметров, характеризующих как тело, так и жидкость, а именно от: ● объёма тела (V_T), температуры жидкости ($T_{ж}$), плотности жидкости ($\rho_{ж}$), формы тела (Φ), массы тела (M_T), глубины погружения (h).

Получив результаты экспериментальных исследований, проанализируем их и выделим те параметры, от которых изучаемая величина зависит. (В данном случае сила, действующая на тело, погружённое в жидкость, будет зависеть от **объёма тела** и **плотности жидкости**.)

Используя данную схему, можно предложить достаточно много экспериментальных заданий, которые могут лечь в основу исследовательских ученических проектов. В таблице представлены примеры сюжетов. Приводим также несколько работ, которые легко можно провести на простом оборудовании со школьниками в летних лагерях. Полностью все работы приведены на диске к № 8/2011.

Исзуемая величина или явление	Сюжет	Исследуемый параметр
1. Сила, действующая на тело, погружённое в жидкость, со стороны жидкости		Глубина погружения, объём тела, температура жидкости, плотность жидкости, форма тела, масса тела
2. Сила трения		Шероховатость, площадь поверхности бруска, вес бруска, угол наклона поверхности
3. Сила, действующая на тело со стороны поверхностного слоя жидкости		Плотность жидкости, температура жидкости, площадь соприкасающихся поверхностей, периметр тела
4. Характер истечения жидкости из отверстия		Высота уровня жидкости, диаметр отверстия, плотность жидкости, температура жидкости
5. Равновесие рычага, имеющего закреплённую ось вращения		Положение оси вращения, направление действия сил, расстояние от оси вращения до линии действия силы
6. Давление, оказываемое на тело, погружённое в жидкость		Глубина, форма сосуда, площадь зонда, направление, плотность жидкости
7. Электризация тел		Вид заряда, деление заряда, виды тел
8. Взаимодействие магнитных полей		Геометрия рамки, направление тока, количество витков в рамке
9. Взаимодействие рамок с током		Направление тока, положение рамок, количество витков в рамке, сила тока в рамке, замкнутость рамки, расстояние между рамками

Изучение зависимости сопротивления проводника от различных параметров

Оборудование: цифровой авометр, графитовый карандаш марки 2М, линейка, картон.

Постановка задачи. Необходимо выяснить, от чего зависит сопротивление участка цепи и как найти общее сопротивление данного участка при последовательном и параллельном соединении проводников.

Выбор метода. Чтобы исследовать зависимость сопротивления от длины проводника, будем изменять длину и фиксировать изменение сопротивления. Для изучения законов параллельного и последовательного соединений будем, соответственно, соединять сопротивления и измерять общее сопротивление участка. В роли резисторов будем использовать графит. Измерять параметры электрической цепи будем при помощи цифрового авометра.

21. Изучение зависимости сопротивления проводника от его длины

Ход работы

1. Карандашом нарисуйте на листе бумаги прямоугольник длиной 10 см и шириной 1 см; заштрихуйте его. (*Следите за тем, чтобы штриховка была однородной.*)

2. При помощи цифрового авометра измерьте сопротивление получившегося проводника, для чего установите предел измерения 200 кОм.

3. Установите один контакт авометра на начало полосы, а второй ставьте на полосу на расстоянии 2, 4, 6, 8, 10 см от первого. Фиксируйте значение сопротивлений.

4. Полученные результаты занесите в таблицу:

L, м					
R, Ом					

Обработка экспериментальных данных, выводы

1. Определите погрешность измерений сопротивления: ● проведите несколько измерений по п. 3 ● найдите разность двух показаний для одинаковых значений L ● по данным таблицы постройте график зависимости сопротивления проводника от его длины с учётом ошибки измерений.

2. Сделайте выводы о характере полученной зависимости

3. Попробуйте описать исследуемую зависимость формулой.

4. Сделайте вывод по проделанной работе.

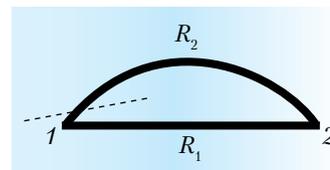
22. Изучение параллельного и последовательного соединений проводников

Ход работы

1. На листе картона нарисуйте прямоугольную полосу длиной 5 см и шириной 1 см, равномерно её

заштрихуйте; авометром измерьте сопротивление этого проводника R_1 .

2. Над полосой нарисуйте проводник R_2 в виде дуги линией толщиной 1 см так, чтобы концы двух проводников были соединены, как показано на рисунке.



3. Измерьте общее сопротивление $R_{\text{общ}}$ этих проводников в точках 1 и 2 (параллельное соединение).

4. Сделайте лезвием на картоне прорезь по указанной на рисунке пунктирной линии и измерьте сопротивление второго проводника.

5. Результаты измерений занесите в таблицу.

Параллельное соединение						
R_1 , Ом	R_2 , Ом	$R_{\text{общ}}$, Ом	$\frac{1}{R_1}$, Ом ⁻¹	$\frac{1}{R_2}$, Ом ⁻¹	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, Ом ⁻¹	$\frac{1}{R_{\text{общ}}}$, Ом ⁻¹

6. Сравните два последних столбца и сделайте вывод о способе расчёта общего сопротивления проводников при их параллельном соединении.

7. Для изучения законов последовательного соединения нарисуйте первый проводник – прямоугольник длиной 5 см и шириной 1 см и измерьте его сопротивление R_1 .

8. К этому проводнику подрисуйте ещё такой же прямоугольник, измерьте его сопротивление R_2 .

9. Измерьте общее сопротивление R_{12} полученной полосы длиной 10 см.

10. Подрисуйте ещё один прямоугольник; измерьте его сопротивление R_3 .

11. Измерьте общее сопротивление R_{13} полученного проводника длиной 15 см.

12. Результаты занесите в таблицу.

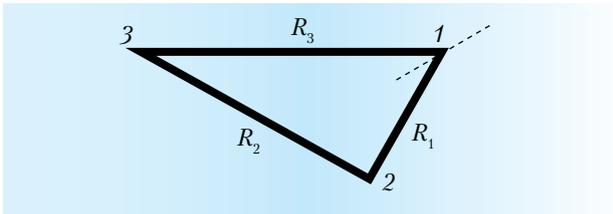
Последовательное соединение							
R_1 , Ом	R_2 , Ом	$R_{\text{общ}}$, Ом	$R_1 + R_2$, Ом	R_{12} , Ом	R_3 , Ом	$R_1 + R_2 + R_3$, Ом	R_{13} , Ом

13. По полученным данным сделайте вывод о расчёте общего сопротивления при последовательном соединении проводников.

14. По полученным результатам сделайте вывод о проделанной работе, запишите формулы для расчёта общего сопротивления для последовательного и параллельного соединения N проводников.

Задание: ● карандашом начертите на картоне и равномерно заштрихуйте полосу длиной 4 см и шириной 5 мм ● измерьте её сопротивление R_1 ● перпендикулярно ей проведите вторую линию, как показано на рисунке, и измерьте сопротивление R_2

между точками 1 и 3 ● проведите третью линию, как показано на рисунке, измерьте сопротивление между точками 1 и 3 ● по полученным результатам найдите сопротивление R_3 третьей линии ● для проверки полученного ответа сделайте лезвием прорез по пунктирной линии, (см. рисунок), измерьте сопротивление в точках 1 и 3 и сравните полученный результат с расчётным.



Исследование взаимодействия электрических токов и зарядов

23. Изучение взаимодействия двух рамок с током

Постановка задачи. Необходимо выяснить, порождает ли электрический ток в проводниках магнитное поле и, если порождает, то как взаимодействуют проводники между собой.

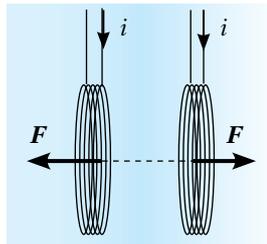
Выбор метода. Для решения поставленной проблемы самостоятельно изготовим две катушки и, пропуская по ним электрический ток, наблюдаем за характером их взаимодействия.

Оборудование: две самодельные рамки (катушки) с числом витков не менее 100, две батареи на 4,5 В, два штатива.

Ход работы

1. Изготовьте 2 катушки. Для этого на цилиндрическое тело диаметром 4–5 см намотайте проволоку диаметром 0,15 мм так, чтобы получилась катушка из 100–120 витков. Закрепите обмотку скотчем, оставив концы проволоки не менее 30 см длиной для подключения катушек к источнику тока и крепления на штативе.

2. Подвесьте на штативы катушки, как показано на рисунке, на расстоянии около 1 см друг от друга. Длина подвеса должна быть не менее 20 см.



3. Присоедините катушки к источнику питания таким образом, чтобы ток в них тек в одинаковом направлении, и наблюдайте за поведением катушек.

4. Зарисуйте схему установки в тетрадь, отметьте направление тока в катушках и опишите наблюдаемое явление.

5. Присоедините катушки к источнику питания таким образом, чтобы ток в них протекал в противоположных направлениях, наблюдайте за поведением катушек.

6. Зарисуйте схему установки в тетрадь; отметьте направление тока в катушках и опишите наблюдаемое явление.

7. По результатам эксперимента сделайте вывод, как взаимодействуют катушки с током.

8. Объясните полученные результаты.

24. Исследование деления электрического заряда

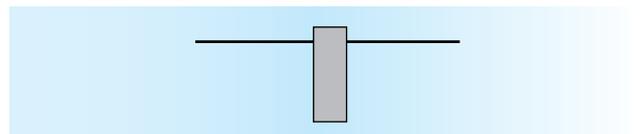
Постановка задачи. Можно ли поделить имеющийся электрический заряд? Как это осуществить?

Выбор метода. Используем самодельный электроскоп – угол отклонения его лепестков зависит от величины заряда. Для исследования перераспределения электрического заряда нам понадобится два самодельных электроскопа. Чтобы снять заряд, надо соединить металлический штырь с землёй или прикоснуться к нему рукой.

Оборудование: два самодельных электроскопа, вязальная спица, ластик, шёлк, стеклянная палочка.

Ход работы

1. Проткните ластик спицей (см. рисунок).



2. С помощью стеклянной палочки и шёлка зарядите один электроскоп так, чтобы отклонение лепестков было значительным.

3. На небольшом расстоянии от наэлектризованного электроскопа поставьте второй электроскоп.

4. Возьмитесь за ластик и соедините спицей металлические штыри электроскопов.

5. Зарисуйте и опишите наблюдаемое в тетради.



6. Сравните углы отклонения лепестков на обоих электроскопах с начальным углом отклонения в первом электроскопе.

7. Нейтрализуйте заряд на втором электроскопе и вновь соедините металлические штыри спицей. Зафиксируйте угол отклонения лепестков.

8. Прделайте опыт несколько раз до тех пор, пока отклонение лепестков ещё заметно.

9. Проанализируйте результаты и сделайте выводы о способе деления электрического заряда и о проделанной работе.

Электронные приложения к статьям в № 5–8 и полные тексты этих номеров в формате pdf на диске-вложении к № 8/2011

(Размещаются без редактирования, без рецензирования и без гонорара.
Выход на каждый материал – по гиперссылке из файла «Содержание»)

Полнотекстовые номера 5, 6, 7, 8

ИТОГИ конкурса «Я иду на урок-2010»

Рецензии на работы, опубликованные в № 1–24/2010 (№ 5)

Материалы для организации занятий на тему «Учёные – фронту»

● **Спирidonова Е.Н.** spiridonova_elenochka@mail.ru (КЭС, г. Казань, Респ. Татарстан). Сценарий устного журнала «Учёные фронту» с переходом по гиперссылкам к 70 иллюстрациям, аудио- и видеофайлам. Дана сжатая и ёмкая картина жизни, труда и быта тыловой Казани.

● **Суббота Н.А.** (ПЛ № 125, г. Трёхгорный, Челябинская обл.). Сценарий урока «Реактивное движение. Техника, которая во многом определила Победу» и презентация к нему.

Работа над ошибками

Исправленные статьи из № 1/2011 («Небо в феврале», «Хочу учиться в МГУ», «Почему же, почему?...») и **презентация** «Знаете, каким он парнем был!» с диска к № 4/2011 *Корчагиной Н.Н.* korchaginann@rambler.ru (СОШ № 23, г. Дзержинск, Нижегородская обл.).

Из архива Народного учителя России Л.В. Пигалицына levp@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегород-

ская обл.). Иллюстративный материал к темам, изучаемым в мае в курсе физики 8–9-го классов по УМК Е.М. Гутник, А.В. Пёрышкина и 10–11-го классов по УМК Г.Я. Мякишева:

● **8 класс.** Световые явления (Прямолинейное распространение света. Отражение света. Преломление света. Оптические приборы), 68 рис. ● **9, 11 классы.** Атомная и ядерная физика (Строение атома. Естественная радиоактивность. Биологическое действие радиации. Строение ядра и атомная энергетика. Элементарные частицы. Методы исследования элементарных частиц), 62 рис. ● **10 класс.** Электростатика (37 рис.).

Презентации, дополнительный и раздаточный материал к урокам

● **Аристархова Л.И.** (МОУ РСОШ, п. Ревякино, Ясногорский р-н, Тульская обл.). Раздаточный материал к уроку «Глаз и зрение», 8 кл. (№ 6).

● **Белюстов В.Н.** Belyustov@yandex.ru (БЦО, г. Борисоглебск, Воронежская обл.). Презентации и расширенные тексты к памятным датам ● **в мае** (№ 6): *Андрей Дмитриевич Сахаров* (21.05.1921–14.12.1989), *Руджер Иосип Боскович (Бошкович)*, 18.05.1711–13.02.1787) ● **в июне** (№ 8): *Джеймс Клерк Максвелл* (13.06.1831–05.11.1879), *Шарль Огюстен де Кулон* (14.06.1736–23.08.1806).

● **Беляшников А.А.** alex16081972@yandex.ru (ТСОШ № 3 с УИОП, г. Тучково, Рузский р-н, Московская обл.). Раз-

«Труд настоящего преподавателя можно сравнить с работой «скульптора, тщательно обтёсывающего и шлифующего умы и души людей, или архитектора, заботливо застраивающего знаниями все уголки человеческого существа» (*Я. Коменский*). Как оценить результат учительского труда, ведь его нельзя увидеть, измерить? Мой труд – это уроки физики. Академик А.М. Прохоров писал: «Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и законы её движения».

Я всё чаще слышу: «И зачем нам эта физика нужна! Нужно ли в наш век компьютерных и нанотехнологий заниматься физикой? Зачем тратить такое дорогое и скоротечное время на физику?» Я отвечаю так: «Именно физики двигают прогресс, именно благодаря этой науке вы живёте в домах, где есть газ, телефон, свет, водоснабжение и канализация. Эта наука дала человеку комфорт и безопасность, покорила стихии и открыла новые горизонты для завоеваний. Практически во всё, чем мы пользуемся, вложена физика.

Сейчас, спустя более 65 лет с момента окончания Великой Отечественной войны, это событие и сама война лучше видятся, о них много написано, многое осмыслено. Думается: справедливо считать, что салют Победы, состоявшийся 9 мая 1945 г., славил подвиг всех людей страны – и тех, кто с оружием в руках в смертельной схватке с врагом отстоял свободу и независимость нашей Отчизны, и тех, кто варил сталь, делал снаряды, строил танки и самолёты, кто ковал оружие Победы, кто, не жалея сил, день и ночь трудился в тылу на благо фронта – учёных, конструкторов, исследователей, технологов. Это благодаря их труду, знаниям, практическому опыту и полёту творческой мысли рождались в небывало короткие сроки образцы новой боевой техники и совершенствовалась уже имевшаяся. Страна салютовала всем своим гражданам: ведь это их неимоверными усилиями была завоевана великая Победа. Она салютовала нравственному подвигу народа, выстоявшему в жесточайшей длительной борьбе и вышедшему из неё победителем.

В заключение хочу сказать: человек всегда ищет и открывает новые, неизведанные пути, которые покрыты вуалью тайны. Очень хочется знать больше, проникнуть туда, где начинается эта таинственная темнота, которая несёт в себе столько тайн.

Н.А. СУББОТА (ПЛ № 125, г. Трёхгорный, Челябинская обл.)

даточный материал к уроку закрепления умений и навыков «Последовательное соединение проводников», 8 кл. (№ 6).

● **Блинова М.В.** mari60@bk.ru (МОУ СОШ № 5, г. Сергач, Нижегородская обл.). Материал к уроку «Предпосылки к возникновению квантовой физики. Первые шаги новой науки», 11 кл.

● **Боброва Л.Н.** lubov_bobrova1@front.ru (Липецкий ГПИ, г. Липецк). Пример итоговой контрольной работы (после изучения темы «Первоначальные сведения о строении вещества», 7 кл.) в рамках авторской системы контроля знаний и умений в школе (№ 5).

● **Гришин С.А., Муравьев С.Е.** mura@theor.mephi.ru (НИЯУ МИФИ, г. Москва). 5 задач по математике (с решениями), предлагавшиеся на физико-математической олимпиаде памяти профессора И.В. Савельева в МИФИ в 2010 г. (№ 6).

● **Гуденко Е.В.** eviktorovna@mail.ru (ГОУ СОШ № 814, г. Москва). Презентация к фоторепортажу «Как мы повышали квалификацию в ЦЕРНе» (№ 6).

● **Денисова И.Э.** irina.e.denisova@gmail.com (Андреапольская СОШ № 3, г. Андреаполь, Тверская обл.). Презентация к уроку «Фотоэффект» (15 слайдов) с переходом по гиперссылкам к видеороликам «Наблюдение фотоэффекта» и «А. Эйнштейн», 11 кл. (№ 7).

● **Довгань В.Г.**, проф., академик РАКЦ и AMTH press-kv@yandex.ru (СВКВ, г. Москва). Презентация «40 лет первой колее на Луне» – о первой внеземной автоматической лаборатории «Луноход-1» (№ 6).

● **Ерохина Р.Я.** erohina_r@mail.ru, **Матвеева Л.И.** burkowai@rambler.ru (БГПИ, г. Борисоглебск, Воронежская обл.). Школьная научная конференция «Оптика, рождённая лазером», посвящённая 50-летию изобретения лазера. Доклады студентов физмата БГПИ: ● **Тараскина С.** (3 курс). Лазеры. История и области применения ● **Мишина Ж.** (4 курс). Денис Габор – изобретатель первой голограммы ● **Конюхова Н.** (5 курс). Физические основы голографии. Объёмные голограммы ● **Токарева Т.** (4 курс). Юрий Николаевич Денисюк – изобретатель объёмных голограмм ● **Фёдорова О.** (4 курс). Нелинейные оптические эффекты ● **Рудина Е.** (4 курс). Рем Викторович Хохлов – основатель нелинейной оптики и нелинейной акустики (№ 8).

● **Ефимов В.В.** efimberez@mail.ru (МОУ СОШ № 3, г. Березники, Пермский край). Дополнения к ЛР и расчёт количества теплоты, выделяющейся при соединении двух заряженных конденсаторов за счёт перетекания заряда (выполнен **Бражниковым М.А.**). (№ 8.)

● **Кудрявцев А.А., Шапов В.Л.** (ПАПО МО, г. Москва). Скриншоты к интерактивным учебным пособиям фирмы «Экзамэн» (№ 7).

● **Олешкевич С.Н.** sno67@mail.ru (МОУ ТСОШ, д. Тарасково, Каширский р-н, Московская обл.). Презентация к уроку – общественному смотру знаний «Электрические явления», 8 кл.: методические рекомендации для учителя (слайды 1–5, 28–30) и учебный материал для учащихся (слайды 6–27) (№ 5).

● **Пантелеева-Пашкина В.В.** mamajulii@mail.ru (лицей № 16, г. Павлодар, Республика Казахстан). Задания на карточках – альтернатива физическому диктанту. Темы: «Силы в природе» (7 кл.), «Сила тока, напряжение, сопротивление», «Последовательное и параллельное соединение проводников»,

«Работа и мощность тока» (8 кл.), «Электрическое и магнитное поля» (10 кл.), «Виды излучения. Источники света» (11 кл) (№ 5).

● **Пигалицын Л.В.** levp@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.). Новости науки и техники: в гостях у журнала «Популярная механика» URL: <http://www.popmech.ru> (№ 5, 7).

● **Таныгин С.В.** tanyginsv@mail.ru (Детско-юношеский центр Железнодорожного района, Клуб юного кораблестроителя «Верфь», г. Барнаул, Алтайский край). 25 исследовательских лабораторных работ: ● изучение зависимости давления в жидкости от различных параметров (1 – от площади поверхности зонда при постоянной глубине погружения; 2 – от формы сосуда; 3 – от плотности жидкости; 4 – от глубины погружения; 5 – от ориентации зонда) ● изучение силы, действующей на погруженное в жидкость тело (6 – от объёма этого тела; 7 – от плотности жидкости; 8 – от глубины погружения; 9 – от формы тела) ● исследование процесса истечения жидкости из отверстия через трубку (10 – от высоты столба жидкости в сосуде; 11 – от диаметра трубки) ● исследование зависимости силы трения скольжения (12 – от рода соприкасающихся поверхностей; 13 – от веса тела; 14 – от площади соприкасающихся поверхностей; 15 – от угла наклона плоскости) ● изучение условия равновесия рычага (16) ● изучение зависимости силы поверхностного натяжения жидкости (17 – от плотности жидкости; 18 – от формы рамки) ● исследование зависимости объёма газа от его температуры при постоянном давлении (19) ● изготовление индикатора магнитного поля, наблюдение спектров магнитных полей (20) ● изучение зависимости сопротивления проводника от различных параметров (21–22) ● изучение взаимодействия двух рамок с током (23) ● исследование взаимодействия электрических зарядов (24, 25) (№ 8).

● **Трубеко Ф.И.** Licey1@lysya.in (МОУ лицей № 1, г. Лысьва, Пермский кр.) Презентация и раздаточный материал к уроку объяснения нового материала с компьютерной поддержкой «Модели атома», 9 кл., а также методические рекомендации для подготовки к уроку «Ядерная модель атома», 11 кл. (№ 8).

● **Ухова Л.В.** uh-fiz75@rambler.ru (МОУ СОШ № 14, г. Шахунья, Нижегородская обл.). Подборка иллюстраций к уроку «Давление на дно морей и океанов. Исследование морских глубин», 7 кл. (№ 8).

● **Фирсова Е.Л.** firlen@yandex.ru (ОСОШ, с. Орудьево, Дмитровский р-н, Московская обл.). Презентация к уроку комплексной проверки знаний в игровой форме «Электрические явления», 8 кл. (№ 6).

● **Фоменко И.В., Каминская И.Ю.** im-fo1@yandex.ru (ГОУ СОШ № 1270 с угл. изучением английского языка, г. Москва). Презентация группового ученического проекта «БАК – чудо или чума XXI века?» (№ 6).

● **Храпова И.П.** hgn@schekino.tula.net (МОУ лицей, г. Щёкино, Тульская обл.). Презентация к уроку выполнения заданий ЕГЭ на проверку экспериментальных умений с физкультурминуткой для снятия напряжения глаз (№ 7).

● **Шишулина С.Р.** vetsh2007@yandex.rut (МОУ СОШ № 1, г. Фурманов, Ивановская обл.). Презентация к комбинированному уроку-практикуму для подготовки к ГИА «Плотность вещества. Архимедова сила», 9 кл. (№ 7).

Памятные имена и даты: июнь 2011

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Ш.-О. де Кулон, Дж.-К. Максвелл

14 июня 1736 г. в г. Ангулеме (Франция) в семье чиновника родился будущий физик, механик и инженер **Шарль Огюстен де Кулон**. Открытые им закономерности внешнего трения, закон кручения упругих нитей, основной закон электростатики, закон взаимодействия магнитных полюсов – всё это вошло в золотой фонд науки. «Кулоновское поле», «кулоновский потенциал» и название единицы электрического заряда «кулон» прочно закрепились в физической терминологии.

Детство Шарль провёл в Париже. По настоянию матери, которая видела сына врачом, его отдали на обучение в элитарный Коллеж четырёх наций (Коллеж Мазарини). Около тридцати мальчиков дворянского происхождения в возрасте от 10 до 15 лет обучались здесь риторике, математике, логике, классическим языкам и началам физики. Одновременно Шарль посещал лекции известного математика Лемонье в Коллеже Рояль де Франс.

Семейные обстоятельства вынудили юношу по окончании учёбы покинуть Париж и уехать в г. Монпелье. Здесь Шарль начал активно участвовать в работе местного научного общества. Уже в феврале 1757 г. он прочёл свою первую научную работу «Геометрический очерк среднепропорциональных кривых», которая позволила начинающему исследователю стать адъюнктом по классу математики. Вскоре на суд учёных были представлены ещё пять мемуаров – два по математике и три по астрономии (интерес к астрономии проявился после наблюдений кометы Галлея и лунного затмения).

Однако настало время выбора профессии, которая в дальнейшем обеспечивала бы постоянный и надёжный источник средств существования. Кулон поступает в одно из лучших высших технических учебных заведений того времени – Военно-инженерную школу в Мезьере. Лекции по экспериментальной физике там читал известный естествоиспытатель аббат Ж.-А. Нолле. Через полтора года молодой лейтенант Ш. Кулон получает назначение в порт Брест, а затем – на принадлежавший Франции остров Мартиника (Вест-Индия), где руководит строительством крупного форта. Вернувшись через десять лет по состоянию здоровья на родину, Кулон получает назначение в г. Бушен. Здесь он завершает исследование, посвящённое строительной механике, начатое во время службы в Вест-Индии, и представляет его в Парижскую Академию наук (1773). Многие идеи, сформулированные в этой научной работе, до сих пор рассматриваются специалистами по сопротивлению материалов как основополагающие. Первая была связана с проблемой прочности материалов, вторая касалась теории изгиба балок, третья – расчёта давления земли на подпорные стены (теория Кулона-Мора) и четвёртая – теории расчёта арок. Военный инженер всё больше



Шарль Огюстен де Кулон
(14.06.1736 – 23.08.1806)

времени начинает уделять научным исследованиям в области технической механики (статика сооружений, теория ветряных мельниц и тому подобное).

Началу исследований в области физики в немалой степени способствовали конкурсы, регулярно объявляемые Парижской Академией наук. Одна из тем была связана с изучением магнитного поля Земли, в частности, с открытой в 30-х гг. XVIII в. его вариацией – изменением поля во времени (от долей секунды до суток). Величина слабых вариаций не поддавались измерению обычным компасом, магнитная стрелка которого опиралась на остриё – существенные искажения в результате вносило трение. Поэтому Парижская Академия в 1775 г. объявила конкурс на изыскание лучшего способа изготовления магнитных стрелок и их подвешивания. Столь трудную задачу никто из конкурсантов не решил, и спустя два года он был повторен. Победителями оказались двое: шведский учёный ван Швинден, предложивший незначительное усовершенствование обычного компаса, и Кулон, предложивший подвешивать стрелку на тонкой шёлковой нити. До него никому не удавалось использовать такой способ на практике. Оба учёных были удостоены премии Парижской академии наук в 1779 г.

Успешно решить задачу Кулону помог его инженерный опыт и незаурядное мастерство экспериментатора: он сумел установить законы упругого кручения. В частности, определил, что сила закручивания нити зависит от материала, из которого она сделана, пропорциональна углу закручивания и четвёртой степени диаметра нити и обратно пропорциональна её длине. Это открытие давало новый, очень чувствительный метод измерения силы. Малая упругость шёлковых нитей и волос по отношению к кручению позволяла пренебречь возникающим моментом упругих сил, стремящимся вернуть магнитную стрелку на нити в прежнее состояние при изменениях магнитного поля Земли.

Это обстоятельство послужило толчком к изучению кручения металлических нитей цилиндрической формы. Результаты опытов Кулон обобщил в работе «Теоретические и экспериментальные исследования силы кручения и упругости

http://en.citizendium.org/images/0/02/Portrait_Coulomb.jpg

металлических проволок» (1784). В ней он первым верно указал, что общей причиной возникновения неупругих деформаций является сложная зависимость сил межмолекулярного взаимодействия от расстояния между молекулами.

Постепенно Ш. Кулон всё сильнее втягивается в научную деятельность. Хотя карьера военного связана с постоянными переездами, он старается находить возможность для проведения научных исследований. Наконец, в 1781 г. его переводят на постоянное место службы – в Париж, где он занимается инженерными вопросами, связанными с крепостью-тюрьмой Бастилией. Кулон становится консультантом по различным техническим вопросам и назначается на почётную должность смотрителя вод и фонтанов короля с обязанностью инспектировать и ремонтировать дворцовые гидротехнические сооружения. В 1781 г. Кулон удостоивается премии за труд «Теория простых машин», в 1782 г. избирается членом Академии.

Переезд в столицу привёл к качественному изменению тематики научных исследований. Учёный создал достаточно полную теорию механического трения (законы Кулона), опытным путём изучив важнейшие особенности этого явления. Им было установлено, что у тел, изготовленных из одного и того же материала, например, в паре дерево–дерево, продолжительность контакта сказывается на трении незначительно. При контакте же тел из разных материалов коэффициент трения покоя возрастает. Кулон также отметил так называемое *явление застоя*: сила, необходимая для перевода тел, находящихся в контакте, из состояния покоя в состояние относительного движения значительно превосходит силу трения скольжения. Проведённые работы имели большое практическое значение, так как при экспериментах использовались нагрузки, реально встречающиеся в жизни: масса доходила до 1000 кг. Почти целое столетие инженеры пользовались результатами измерений, приведённых в мемуаре «Теория простых машин». В 1790 г. в Академию была представлена ещё одна его работа – «О трении в острие опоры», в которой излагались результаты исследований трения, возникающего при верчении и качании.

С 1784 г. Кулон занимался изучением внутреннего трения в жидкости. Он пытался экспериментально его измерить (1796) по затуханию колебаний движущегося в среде маятника, а также определить зависимость трения от скорости, которая варьировалась от долей миллиметра до нескольких сантиметров в секунду. В итоге учёный показал (1800), что при очень малых скоростях сила сопротивления пропорциональна скорости, а при больших скоростях – квадрату скорости.

Исследование кручения тонких металлических нитей, выполненное Кулоном для конкурса 1777 г., имело важное практическое следствие – создание крутильных весов (1784). Этот беспрецедентный для того времени по чувствительности прибор мог использоваться для измерения малых сил различной природы.

Поиски достойного применения весам привели к изучению проблем электричества и магнетизма. Редкая для XVIII в. по широте программа исследований была изложена в семи мемуарах. В первом и втором – экспериментальное обоснование знаменитого «закона Кулона» (1785), формулировка фун-

даментального закона электростатики: «Сила отталкивания двух маленьких шариков, наэлектризованных электричеством одной природы, обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами шариков». Третий мемуар посвящён установлению экспоненциального закона убывания заряда с течением времени. В следующем Кулон рассмотрел вопрос о характере распределения электричества между телами: «электрический флюид распространяется во всех телах в соответствии с их формой». В пятом и шестом мемуарах представлен количественный анализ распределения заряда между соприкасающимися проводящими телами и определены плотности заряда на различных участках поверхности этих тел.

Применительно к магнетизму Кулон пытался решить те же задачи, что и для электричества. Описание экспериментов с постоянными магнитами составляет существенную часть второго мемуара и практически весь седьмой (1789). Учёному удалось уловить некоторые своеобразные черты магнетизма. Он выдвинул гипотезу, согласно которой магнитные жидкости не свободны или не могут течь, как их электрические аналоги, и связаны с отдельными молекулами. Предположил, что каждая молекула в процессе намагничивания становится поляризованной. Сконструировал магнитометр (1785).

Таким образом Шарль Кулон заложил основы электро- и магнитостатики. Его опыты с крутильными весами дали физикам метод определения единицы электрического заряда через механические величины: силу и расстояние, – что позволило проводить количественные исследования. Полностью завершить свои исследования по электричеству и магнетизму не удалось из-за начавшейся Французской революции. Последние годы жизни учёный занимался совершенствованием системы народного образования в стране. Летом 1806 г. он заболел лихорадкой и скончался в Париже 23 августа 1806 г. Его имя внесено в список величайших учёных Франции, помещённый на первом этаже Эйфелевой башни. С 1970 г. имя «Кулон» носит лунный кратер диаметром 89 км (*crater Coulomb*).

Литература

1. Филонович С.Р. Шарль Кулон. М.: Просвещение, 1988.
2. Самин Д.К. 100 великих учёных. М.: Вече, 2000. [Электронный ресурс] URL: <http://library.istu.edu/hoepersonalia/kulon.pdf>
3. Мир измерений. URL: <http://ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=8300>

● 13 июня 1831 г. в г. Эдинбурге (Шотландия) родился **Джеймс Клерк Максвелл** – учёный, заложивший основы современной классической электродинамики, один из основателей кинетической теории газов и пионер количественной теории цветов. Он оставил глубокий след во всех областях физической науки, к которым успел прикоснуться: электродинамике, молекулярной физике, общей статистике, оптике, механике, теории упругости.

В.Н. БЕЛЮСТОВ
Belyustov@yandex.ru,

БЦО, г. Борисоглебск, Воронежская обл.

Подробную информацию о Ш.-О. де Кулоне и Дж.-К. Максвелле (с презентациями) см. на диске к № 8/2011. – Ред.

Применение качественных методов при вычислении потенциальной энергии груза

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: методика преподавания физики, профильный курс, качественные методы, потенциальная энергия

М.Л. МОСКВИТИН

moskvitin@liceum1550.ru,
ГОУ лицей № 1550, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Москва

При вычислении работы по изменению вертикального положения груза может возникнуть проблема нахождения соответствующих величин его потенциальных энергий. Если тело массы M не является материальной точкой и его части находятся на разных высотах, то изначально неясно, какую именно высоту h следует использовать в формуле $E = Mgh$ для потенциальной энергии. Обычно эту проблему рассматривают после изучения в разделе «Статика» понятия центра тяжести тела. В результате оказывается $E = Mgh_{\text{ц}}$, где $h_{\text{ц}}$ – высота центра тяжести над условно выбранным нулевым уровнем.

Таким образом, задача сводится к применению тех или иных методов расчёта положения центра тяжести тела. С другой стороны, для тел простой формы можно использовать некоторые способы непосредственного вычисления потенциальной энергии, опирающиеся на соображения размерности и симметрии. Ниже рассматриваются соответствующие случаи. Предлагаемый материал можно использовать в рамках элективного курса, посвящённого качественным методам расчётов в физике. При наличии времени в классах с углублённым изучением предмета приведённые примеры полезно разобрать на уроках (хотя бы частично) при прохождении темы «Работа и потенциальная энергия», в том числе и для иллюстрации разнообразия применяемых в физике вычислительных методик.

Однородный вертикальный стержень. На горизонтальной поверхности вертикально расположен однородный стержень высотой h и массой m . Потенциальную энергию стержня запишем в виде $E = \gamma mgh$, где γ – подлежащий определению безразмерный коэффициент. Для его нахождения вообразим, что стержень состоит из двух частей массами m_1 , m_2 и высотами h_1 , h_2 , так что $m = m_1 + m_2$ и $h = h_1 + h_2$.

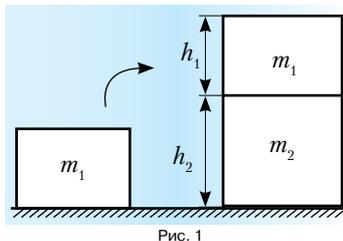


Рис. 1

Можно составить стержень, поместив первую часть на вторую (рис. 1) и совершив при этом работу m_1gh_2 по подъёму тела m_1 (все точки груза m_1 поднимаются на высоту h_2). Поскольку все фигуры подобны, а потенциальная энергия аддитивна, то имеем равенство:

$$\gamma(m_1 + m_2) \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = \gamma m_1gh_1 + \gamma m_2gh_2 + m_1gh_2.$$

Отсюда с учётом условия однородности $\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$

получим $\gamma = 1/2$. Таким образом, потенциальная энергия E вертикального однородного стержня высотой h равна $mgh/2$. При этом основание стержня находится на нулевом уровне высоты.

Неоднородный стержень. Пусть вертикально расположенный стержень состоит из двух раз-

личных однородных частей и условие $\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$ не

выполняется. Тем не менее, с учётом предыдущих рассуждений для потенциальной энергии можно

$$\text{записать } E = \frac{m_1gh_1}{2} + \frac{m_2gh_2}{2} + m_1gh_2.$$

В качестве примера найдём работу по перестановке местами частей 1 и 2 (пусть, скажем, это секции шкафа). Когда первая секция стоит на второй (см. рис. 1), потенциальная энергия равна

$$\frac{m_2gh_2}{2} + \frac{m_1gh_1}{2} + m_1gh_2,$$

$$\text{при перемене секций места-} \\ \text{ми получим } \frac{m_1gh_1}{2} + \frac{m_2gh_2}{2} + m_2gh_1.$$

Изменение энергии составит $m_2gh_1 - m_1gh_2$, что и является искомой работой.

Треугольная пластинка. Рассмотрим однородную пластинку в виде прямоугольного треугольника с основанием на горизонтальной поверхности. Масса треугольника m , вертикальный катет h . Как и в первом примере со стержнем, запишем потенциальную энергию в виде $E = \gamma mgh$. Для нахождения величины γ мысленно разобьём треугольник на три части (рис. 2): два равных треугольника массами $m/4$ каждый и один прямоугольник массой $m/2$. Верти-

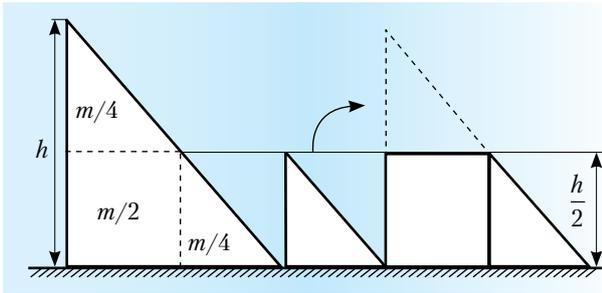


Рис. 2

кальный размер каждой фигуры $h/2$. На горизонтальной поверхности потенциальные энергии равны $\gamma \cdot \frac{m}{4} \cdot g \cdot \frac{h}{2}$ для треугольников и $\frac{1}{2} \cdot \frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{h}{2}$ для

прямоугольника. (Здесь мы учли равенство величин γ у одинаково расположенных подобных треугольников и использовали значение $\gamma = 1/2$ для прямоугольника.)

Исходную фигуру получим, поставив один из треугольников на прямоугольник (см. рис. 2) и совершив при этом работу $\frac{m}{4} \cdot g \cdot \frac{h}{2}$. Следовательно,

для всей потенциальной энергии можно записать:

$$\gamma mgh = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{h}{2} + 2\gamma \cdot \frac{m}{4} \cdot g \cdot \frac{h}{2} + \frac{m}{4} \cdot g \cdot \frac{h}{2}.$$

Отсюда получим значения $\gamma = 1/3$ и $E = mgh/3$.

Нетрудно понять, что такой же результат получится для любого треугольника с основанием на горизонтальной поверхности. Нужно просто сложить (или вычесть) потенциальные энергии прямоугольных треугольников, образующихся при опускании высоты h из вершины исходного треугольника на основание.

Как быть, если треугольник перевернут, то есть расположен вершиной на горизонтальной поверхности, а основанием параллельно ей? Можно, конечно, повторить все предыдущие действия, но проще поступить иначе.

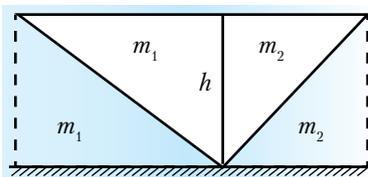


Рис. 3

Разделим перевернутый треугольник высотой h на две части – 1 и 2 – и дополним его до прямоугольника (рис. 3). Искомая потенциальная энергия равна разности потенциальных энергий прямоугольника и дополнительных «нормально» расположенных треугольников:

$$E = 2(m_1 + m_2)g \cdot \frac{h}{2} - m_1g \cdot \frac{h}{3} - m_2g \cdot \frac{h}{3} = \frac{2}{3}mgh,$$

где $m = (m_1 + m_2)$ – масса треугольника.

Рассмотрим пример. Треугольник массой m , сторонами a и b расположен основанием a на горизонтальной поверхности.

Угол между сторонами известен (рис. 4). Требуется найти работу по развороту треугольника основанием b на ту же поверхность. В начальном положении потенциальная энергия треугольника

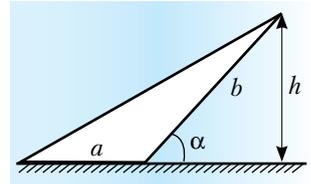


Рис. 4

равна $\frac{mgh}{3}$, или $\frac{1}{3}mgb \sin \alpha$,

в конечном – $\frac{1}{3}mga \sin \alpha$.

Работа равна $\frac{1}{3}mg(a - b) \sin \alpha$.

Наклонённая прямоугольная пластинка. Положение однородной прямоугольной пластинки массой m относительно горизонтальной поверхности показано на рис. 5. Там же показаны дополнительные построения, позволяющие свести расчёт потенциальной энергии к рассмотренным выше случаям.

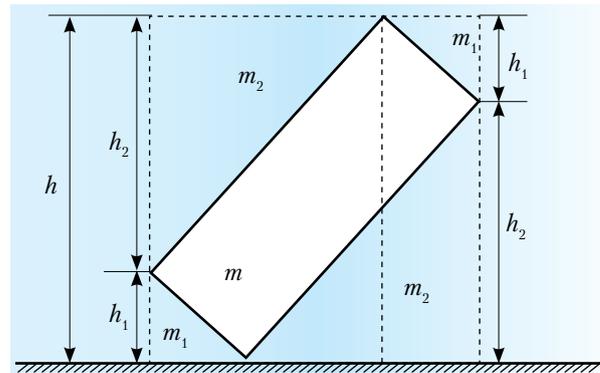


Рис. 5

Дальнейший ход решения таков. Потенциальную энергию E наклонённого прямоугольника найдём,

вычтя из величины $(2m_1 + 2m_2 + m)g \frac{h_1 + h_2}{2}$ энергии

составного вертикального прямоугольника величины энергий дополнительных треугольников массами $m_{1,2}$ и высотами $h_{1,2}$ (при этом $h_1 + h_2 = h$):

$$\frac{1}{3}m_1gh_1 + \frac{1}{3}m_2gh_2 \quad \text{– для нижних треугольников;}$$

$$\frac{2}{3}m_1gh_1 + m_1gh_2 + \frac{2}{3}m_2gh_2 + m_2gh_1 \quad \text{– для верхних}$$

(здесь были использованы коэффициенты $1/3$ и $2/3$, соответствующие расположению вершин треугольников и учтены работы $m_{1,2}gh_{2,1}$ по их подъёму). В результате получим $E = mgh/2$.

Поучительно и другое решение этой задачи. Разложим вектор ускорения свободного падения g на составляющие g_a и g_b , параллельные соответствующим сторонам прямоугольника (рис. 6). Другими

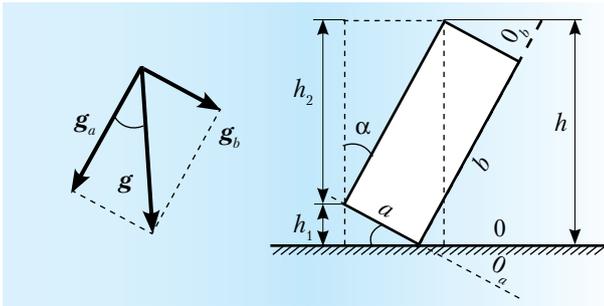


Рис. 6

словами, исходное гравитационное поле заменяется суперпозицией двух взаимно перпендикулярных полей (нулевые уровни высот 0_a , 0_b и 0 для полей g_a , g_b и g соответственно показаны на рис. 6 пунктирными линиями). Тогда потенциальная энергия пластинки с двумя «вертикальными» размерами есть

$$E = \frac{mg_a a}{2} + \frac{mg_b b}{2}. \text{ Учитывая равенства:}$$

$$\begin{aligned} g_a a &= (g \cos \alpha) \cdot a = gh_2, \\ g_b b &= (g \sin \alpha) \cdot b = gh_1, \\ h_1 + h_2 &= h, \end{aligned}$$

получим прежний ответ $E = mgh/2$. При необходимости высоту h можно выразить через стороны прямоугольника и угол наклона: $h = b \sin \alpha + a \cos \alpha$.

С помощью полученной формулы $E = mgh/2$ можно оценить работу в таких практических ситуациях, как поднятие крышки капота автомобиля или установка лестницы под нужным углом. Пусть, например, требуется найти работу по перемещению с поверхности земли на крышу листа шифера массой m . Тогда к величине $mgh/2$ потенциальной энергии лежащего на крыше листа (относительно его нижней кромки, см. рис. 5), следует добавить работу по его подъёму mgh , где H – высота нижней кромки над землёй.

Список подобных примеров, можно, конечно, заметно расширить. В качестве забавного, но поучительного задания можно предложить учащимся рассчитать работу по составлению на вертикальной поверхности конфигурации из подходящих

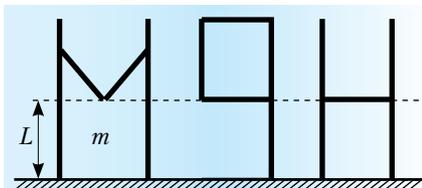


Рис. 7

звеньев (спичек) в виде какой-нибудь известной формулы, например, MgH (рис. 7). Вначале спички лежат на горизонтальной подставке (нижний пунктирный уровень), длина каждой спички L , масса m . В букве «М» угол наклона спичек 45° .

$$(\text{Ответ. } A = mgL \left(17,5 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)).$$

В заключение отметим следующее. Тот факт, что во многих случаях расчёт потенциальной энергии возможен без привлечения понятия центра тяжести, совершенно не обесценивает его роль в изучении условий равновесия и динамики тел. Мы здесь не касаемся этих вопросов. Предложенный материал можно изучать в профильных классах сразу после рассмотрения вопроса о потенциальной энергии материальной точки, либо в рамках элективного курса соответствующей тематики. Кстати сказать, при желании полученные результаты можно использовать и для *определения* положений центров тяжести рассмотренных фигур, как точек сосредоточения потенциальных энергий. Так, для прямоугольной пластинки $E = mgh/2$ при любом угле наклона. Ясно, что такое же значение всегда будет иметь место, если считать массу пластинки сосредоточенной в центре пересечения диагоналей, являющемся, таким образом, её центром тяжести. Аналогичные рассуждения для треугольной пластинки позволяют считать центром тяжести точку пересечения медиан. И всё-таки в отношении к самим результатам вычислений данная методика скорее напоминает лазейку, позволяющую кое-где сэкономить время. Гораздо важнее, на наш взгляд, то, что мы имеем возможность продемонстрировать учащимся определённый стиль рассуждений с применением соображений размерности, симметрии, принципа суперпозиции. Подобные методы широко применяются практически во всех разделах физики (например, [1, 2]), они чрезвычайно полезны не только при получении количественных результатов, но и, что не менее важно, при осмыслении их с общих позиций.

Литература

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976. (Вып. 1, с. 74–80).
2. Мигдал А.Б. Качественные методы в квантовой теории. М.: Наука, 1975. 336 с.



Михаил Львович Москвитин – учитель физики высшей квалификационной категории, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, окончил физфак МГПИ им. В.И. Ленина в 1980 г., педагогический стаж 20 лет, к. ф.-м. н. Работал в МГПИ им. В.И. Ленина на кафедре физики твёрдого тела, ныне преподаёт физику в лицее и в МГТУ. Педагогическое (и вообще жизненное) кредо: делай, что должно, и будь, что будет. Соросовский учитель (2000), имеет гранты Правительства Москвы (2003, 2006), грант фонда «Династия» (2010); победитель всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России-2006». Выпускники практически все поступают в вузы Москвы и Санкт-Петербурга, причём, не только в технические. Среди них есть лауреаты и победители конкурсов и олимпиад различного уровня.

Чуть заходя за пределы школьного курса

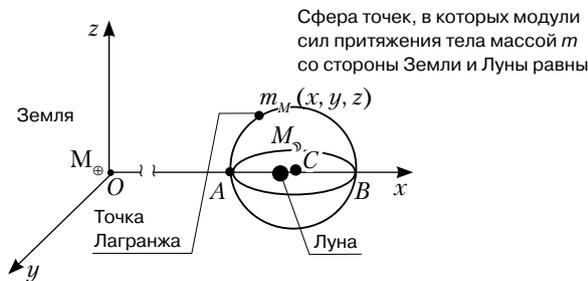
Неплохие идеи для
ученических проектов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, ученические исследовательские проекты, точки Лагранжа, правило моментов

В.Б. Дроздов,
г. Рязань

1. Обобщение одной задачи

В книге «Методика преподавания астрономии в средней школе» [1] решается задача № 2 из упражнения 7 [2]: «Вычислите, на каком расстоянии от Земли на линии Земля–Луна находятся те точки, в которых притяжение Землёй и Луной одинаковы, зная, что расстояние между Луной и Землёй равно 60 радиусам Земли, а массы Земли и Луны относятся как 81 : 1». В конце решения говорится: «Для точек, не лежащих на прямой, которая соединяет центры Земли и Луны, решение задачи значительно сложнее».



Однако это решение не выходит за рамки школьного курса математики и расширяет межпредметные связи астрономии и математики. Итак, определим множество точек в пространстве, в которых пробное тело массой m одинаково притягивается Землёй и Луной. По условию задачи, имеем уравнение:

$$\frac{GM_{\oplus}m}{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{GM_{\text{л}}m}{(x-l)^2 + y^2 + z^2},$$

откуда $x^2 + y^2 + z^2 = \frac{M_{\oplus}}{M_{\text{л}}} \cdot (x^2 + y^2 + z^2 - 2xl + l^2)$.

Обозначив для краткости $\frac{M_{\oplus}}{M_{\text{л}}} = n$ и приведя подобные члены, получим:

$$(n-1)x^2 + (n-1)y^2 + (n-1)z^2 - 2nlx = -nl^2 \Rightarrow x^2 - 2\frac{nl}{n-1} \cdot x + y^2 + z^2 = -\frac{nl^2}{n-1}.$$

Прибавив к обеим частям равенства $\frac{n^2l^2}{(n-1)^2}$,

после очевидных преобразований получим:

$$\left(x - \frac{nl}{n-1}\right)^2 + y^2 + z^2 = \left(\frac{\sqrt{n} \cdot l}{n-1}\right)^2.$$

Так как $n = 81$, $l = 60R_{\oplus}$, то из приведённого уравнения вытекает уравнение множества точек, в которых силы притяжения тела массы m к Земле и к Луне совпадают по модулю:

$$(x - 60,75R_{\oplus})^2 + y^2 + z^2 = (6,75R_{\oplus})^2.$$

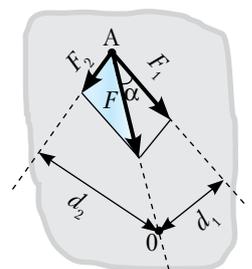
Из школьного курса геометрии учащиеся знают, что последнее уравнение есть уравнение сферы радиусом $6,75R_{\oplus}$ с центром в точке $C(60,75R_{\oplus}; 0; 0)$, лежащей на линии центров Земли и Луны. Внутри сферы преобладает лунное притяжение, а вне неё – земное. Положив в этом уравнении $y = z = 0$, получим $x - 60,75R_{\oplus} = \pm 6,75R_{\oplus}$; значит, сфера пересекает ось X в двух точках: $A(54R_{\oplus}; 0; 0)$ и $B(67,5R_{\oplus}; 0; 0)$. Точка A – единственная в пространстве, в которой равнодействующая сил притяжения Земли и Луны равна нулю. В точке B равные по модулю силы притяжения Земли и Луны направлены в сторону Земли.

(Аналогичные рассуждения справедливы и для случая кулоновского взаимодействия точечных зарядов. – *Ред.*)

2. Простой вывод формулы для правила моментов

В прежних изданиях учебника «Физика-8» И.К. Кикоина, А.К. Кикоина [3] приводилось обоснование условия равновесия тела с закреплённой осью, однако в последующих изданиях вывод этого условия был опущен ввиду его громоздкости. Но этот вывод можно значительно упростить и дать учащимся (если теорема синусов к нужному времени ещё не пройдена, то вывести формулу для правила моментов можно при повторении механики).

Итак, рассмотрим тело, способное вращаться вокруг оси, проходящей перпендикулярно плоскости



МАИ-2011: российская аэрокосмическая олимпиада

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, российская аэрокосмическая олимпиада, абитуриенту, МАИ(ТУ)

См. также № 1/2011



В.П. ДЕМКОВ, В.В. ОЗОЛИН,
Г.Э. СОЛОХИНА
МАИ(ТУ), г. Москва

Билет № 1

рисунка через точку O . К находящемуся в равновесии телу приложены две силы F_1 и F_2 , точки приложения которых мы вправе для удобства совместить в одной точке A . Очевидно, что линия действия равнодействующей сил F проходит через точку O (иначе тело вращалось бы). Пусть d_1 и d_2 – плечи сил F_1 и F_2 соответственно. Сила F_1 составляет с силой F угол α , а сила F_2 – угол β .

Из треугольников OAB и OAC имеем:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{OA \sin \alpha}{OA \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Из заштрихованного треугольника по теореме синусов получаем:

$$\frac{F_2}{\sin \alpha} = \frac{F_1}{\sin \beta}, \text{ откуда}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{F_2}{F_1}.$$

Объединяя обе формулы, сразу получаем, что $F_1 d_1 = F_2 d_2$, что и требовалось доказать.

Литература

1. Воронцов Б.А., Дагаев М.М., Засов А.В. и др. Методика преподавания астрономии в средней школе. М.: Просвещение, 1985. С. 104–105.

2. Моше Д. Астрономия. М.: Просвещение, 1985. С. 33.

3. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. 8 класс. М.: Просвещение, 1982. (§ 47, с. 153–154); 1986.

ОТ РЕДАКЦИИ. Рекомендуем также статью: Булюбаш В.Б. Точки Лагранжа. // Физика-ПС. 2010. № 9.

1. Мячик брошен с поверхности земли под некоторым углом к горизонту. Определите угол, под которым был брошен мячик, если точка броска, точка падения и вершина траектории мячика находятся в вершинах правильного треугольника. Сопротивление воздуха не учитывать. Ответ выразите в градусах и округлите до целых.

Дано:
Правильный треугольник.

 α – ?

Решение
Дальность и максимальная высота полёта мячика определяются формулами:

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

Из этих формул следует:

$$\frac{h_{\max}}{L} = \frac{\sin \alpha}{4 \cos \alpha} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{4h_{\max}}{L}.$$

Обозначим сторону треугольника буквой a . Тогда $L = a$, $h_{\max} = \frac{a\sqrt{3}}{2}$.

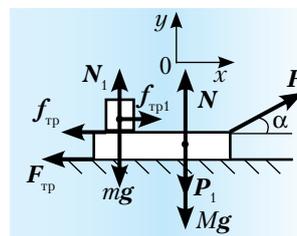
Объединяем формулы: $\operatorname{tg} \alpha = 2\sqrt{3}$; $\alpha = 74^\circ$.

2. Санки массой $M = 10$ кг тянут по горизонтальной поверхности с помощью веревки, приложив к её свободному концу силу $F = 80$ Н, направленную под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. На санках лежит груз массой $m = 25$ кг. Коэффициент трения полозьев саней о снег $\mu = 0,2$. Найдите силу трения, действующую на груз, если он не скользит по санкам при их движении. Массу верёвки не учитывать. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с². Ответ округлите до целых.

Дано:
 $M = 10$ кг,
 $F = 80$ Н,
 $\alpha = 30^\circ$,
 $\mu = 0,2$.

 $F_{\text{тр}}$ – ?

Решение



Это первый (он же он-лайн) тур 2010/2011 гг. За каждую задачу ставится или 0, или 1 балл, сумма умножается на 10. Во 2-м туре оценки уже дифференцируются.

Расставим силы, действующие на санки и груз (см. рисунок), и запишем уравнения движения санок и груза:

$$\begin{cases} F \cos \alpha - F_{\text{тр}} - f_{\text{тр}} = Ma_1, \\ N + F \sin \alpha - Mg - N_1 = 0, \\ F_{\text{тр}} = \mu N. \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} f_{\text{тр}} = ma_2, \\ N_1 - mg = 0. \end{cases}$$

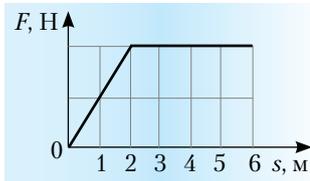
Здесь $F_{\text{тр}}$ – сила трения полозьев саней о снег, $f_{\text{тр}}$ – сила трения между грузом и санями. Мы учли, что по третьему закону Ньютона $f_{\text{тр}1} = f_{\text{тр}}$, $N_1 = P_1$. Выразим из этих уравнений ускорения саней и груза:

$$a_1 = \frac{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g(M + m) - f_{\text{тр}}}{M}; \quad a_2 = \frac{f_{\text{тр}}}{m}.$$

Так как груз по санкам не скользит, $a_1 = a_2$. Отсюда находим силу трения, действующую на груз:

$$\begin{aligned} f_{\text{тр}} &= m \left(\frac{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}{M + m} - \mu g \right) = \\ &= 25 \cdot \left(\frac{80 \cdot (\sqrt{3}/2 + 0,2 \cdot 0,5)}{10 + 25} - 0,2 \cdot 10 \right) \approx 5 \text{ Н}. \end{aligned}$$

3. На тело действует сила, величина которой меняется в зависимости от пройденного пути по закону, представленному на рисунке. Во сколько раз работа этой силы на первых 3 м пути меньше работы силы на следующих 3 м пути? Сила всё время направлена вдоль направления движения тела. Ответ умножьте на 10.



Дано: График.
Решение Решим задачу графически. Работа силы F есть площадь под заданным графиком. Обозначим максимальное значение силы F_0 .

Тогда: $A_{0-3} = \frac{F_0 \cdot 2 \text{ м}}{2} + F_0 \cdot 1 \text{ м} = 2F_0 \cdot 1 \text{ м};$

$A_{3-6} = F_0 \cdot 3 \text{ м} = 3F_0 \cdot 1 \text{ м}$, то есть, $A_{3-6}/A_{0-3} = 1,5$.

Умножая результат на 10, получаем ответ: 15.

4. Тело совершает гармонические колебания. Расстояние от положения равновесия до крайней точки $s = 2$ см тело проходит за $\Delta t = 0,2$ с. Определите скорость тела при прохождении им положения равновесия. Ответ умножьте на 10^3 и округлите до целых.

Дано: $s = 2$ см,
 $\Delta t = 0,2$ с.
 $v_p - ?$

Решение Расстояние от положения равновесия до крайней точки есть амплитуда колебаний, а время прохождения телом этого расстояния равно четверти периода.

Следовательно, $A = s$; $T = 4\Delta t$.
Запишем закон движения при гармонических колебаниях: $x = A \sin(\omega t + \alpha)$. Взяв производную, получим закон изменения скорости тела $v = x' = A\omega \cos(\omega t + \alpha)$, откуда следует, что при прохождении положения равновесия ($x = 0$, $(\omega t + \alpha) = 0$) скорость тела максимальна и равна

$$v_p = v_{\text{max}} = A\omega = A \frac{2\pi}{T}.$$

Подставляя выражения для амплитуды и периода, получаем $v_p = s \frac{\pi}{2\Delta t} = 0,02 \cdot \frac{3,14}{2 \cdot 0,2} = 0,157$ м/с.

Умножив результат на 10^3 , получаем ответ: 157.

5. В стальном баллоне находится сжатый воздух при температуре $t_1 = -23$ °С. На баллоне имеется предохранительный клапан. Клапан открывается, если давление в сосуде увеличивается на $\Delta p = 2$ атм. При нагревании баллона до $t_2 = 27$ °С из него вышло $n = 10\%$ газа. Найдите первоначальное давление газа. Ответ выразите в атмосферах.

Дано: $t_1 = -23$ °С,
 $\Delta p = 2$ атм,
 $t_2 = 27$ °С,
 $n = 10\%$.
 $p_1 - ?$

Решение Запишем уравнения состояния для начального и конечного состояния воздуха в баллоне:

$$\begin{cases} p_1 V = \nu RT_1, \\ p_2 V = (1 - n/100) \nu RT_2. \end{cases}$$

Откуда следует:

$$p_2 = p_1 \left(1 - \frac{n}{100} \right) \frac{T_2}{T_1};$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = p_1 \left(\left(1 - \frac{n}{100} \right) \frac{T_2}{T_1} - 1 \right).$$

Находим начальное давление воздуха в баллоне:

$$p_1 = \frac{\Delta p}{\left(1 - \frac{n}{100} \right) \cdot \frac{T_2}{T_1} - 1} = \frac{2}{(1 - 0,1) \cdot \frac{300}{250} - 1} = 25 \text{ атм.}$$

6. Тепловая машина работает по циклу Карно. Температура нагревателя $T_1 = 600$ К, холодильника $T_2 = 300$ К. Температуру нагревателя увеличили на $\Delta T = 100$ К. На сколько градусов следует увеличить температуру холодильника, чтобы КПД машины не изменился? Ответ выразите в кельвинах.

Дано:
 $T_1 = 600 \text{ К}$,
 $T_2 = 300 \text{ К}$,
 $\Delta T = 100 \text{ К}$,
 $\eta_1 = \eta_2$.

Решение
 КПД цикла Карно и КПД определяются формулами:

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}; \quad \eta_2 = 1 - \frac{T_2 + \Delta T_2}{T_1 + \Delta T}$$

$\Delta T_2 = ?$

Приравнявая, получаем $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2 + \Delta T_2}{T_1 + \Delta T}$, откуда

находим искомую величину:

$$\Delta T_2 = \Delta T \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{100 \cdot 300}{600} = 50 \text{ К}.$$

7. Свинцовая дроби́нка, летящая со скоростью $v = 100 \text{ м/с}$, застряла в закреплённой доске. На сколько градусов изменилась температура дроби́нки, если $n = 52\%$ количества теплоты, выделившейся при ударе, пошло на её нагревание? Удельная теплоёмкость свинца $c = 130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Дано:
 $v = 100 \text{ м/с}$,
 $n = 52\%$,
 $c = 130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Решение
 При ударе выделяется количество теплоты $Q = \frac{mv^2}{2}$, а на нагрев дроби́нки идёт

$$Q_{\text{др}} = \frac{n}{100} Q; \quad Q = \frac{nmv^2}{200}$$

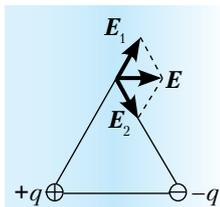
Записав уравнение теплового баланса $Q_{\text{др}} = cm\Delta T$, получаем:

$$cm\Delta T = \frac{nmv^2}{200} \Rightarrow \Delta T = \frac{n \cdot v^2}{200 \cdot c} = \frac{52 \cdot 100^2}{200 \cdot 130} = 20 \text{ К}.$$

8. Два противоположных точечных заряда $+q = = 16 \text{ нКл}$ и $-q = 16 \text{ нКл}$ расположены в вершинах равнобедренного треугольника со стороной $a = 2 \text{ м}$. Определите величину напряжённости электрического поля в третьей вершине треугольника. Среда – вакуум.

Дано:
 $+q = 16 \text{ нКл}$,
 $q = 16 \text{ нКл}$,
 $a = 2 \text{ м}$.

Решение
 Согласно принципу суперпозиции, напряжённость электрического поля в свободной



вершине треугольника есть векторная сумма напряжённостей полей E_1 и E_2 , создаваемых каждым из зарядов в отдельности (см. рисунок). Из геометрии рисунка следует, что

$$E = E_1 = E_2 = \frac{kq}{a^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 16 \cdot 10^{-9}}{2^2} = 36 \text{ В/м}.$$

9. Конденсатор подключён к источнику ЭДС. Когда параллельно конденсатору подключили резистор сопротивлением $R = 15 \text{ Ом}$, заряд конденсатора уменьшился в $n = 1,2$ раза. Определите внутреннее сопротивление источника ЭДС.

Дано:
 $R = 15 \text{ Ом}$,
 $n = 1,2$.

Решение

В первой схеме подключения заряд конденсатора равен $q_1 = C\mathcal{E}$, где C – ёмкость конденсатора. Если параллельно конденсатору подключить резистор, то через него

будет течь ток, величину которого определим из закона Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. При этом напряжение на резисторе $U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{R+r}$ будет равно напряжению на конденсаторе.

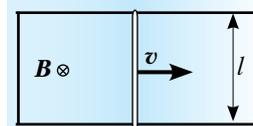
Тогда заряд конденсатора во второй схеме равен

$$q_2 = CU = \frac{C\mathcal{E}R}{R+r}.$$

Учитывая, что по условию задачи $q_1/q_2 = n$, получаем

$$n = \frac{R+r}{R}, \text{ откуда } r = (n-1)R = (1,2-1) \cdot 15 = 3 \text{ Ом}.$$

10. Длинный проводник согнут в виде буквы П и расположен в горизонтальной плоскости. На параллельных сторонах проводника лежит перемычка длиной $l = 1 \text{ м}$ (см рисунок, вид сверху). Сопротивление перемычки $R = 2 \text{ Ом}$. В пространстве создано однородное магнитное поле индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$, силовые линии которого направлены вертикально. Перемычку перемещают по рельсам с постоянной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$. Определите силу тока в перемычке. Сопротивлением проводника пренебречь. Ответ умножьте на 100.



Дано:
 $l = 1 \text{ м}$,
 $R = 2 \text{ Ом}$,
 $B = 0,1 \text{ Тл}$,
 $v = 1 \text{ м/с}$.

Решение

При движении перемычки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная $\mathcal{E}_i = B \cdot l \cdot v$. Соответственно, по перемычке будет идти ток:

$I = ?$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{B \cdot l \cdot v}{R} = \frac{0,1 \cdot 1 \cdot 1}{2} = 0,05 \text{ А}.$$

Умножив результат на 100, получаем ответ: 5.

Искусство удивлять

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Дом занимательной науки, научно-технические музеи, Я.И. Перельман, музей воды, музей оптики

Б. В. Булюбаш
borisbu@sandy.ru,
НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
г. Н. Новгород

Фоторепортаж

Автор выражает благодарность О.В. Фроловой (Центральный музей связи им. А.С. Попова) за помощь в подготовке статьи

■ В 1935 г. в Ленинграде было принято решение об организации в помещении Шереметьевского дворца на Фонтанке Дома занимательной науки (ДЗН). Душой проекта и научным руководителем ДЗН стал Яков Исидорович Перельман – знаменитый популяризатор точных наук, автор «Занимательной физики», «Занимательной астрономии» и множества других занимательных книг о науках. Вскоре в залах дворца появились многочисленные экспонаты, иллюстрировавшие физические и астрономические явления, модели технических устройств. Таких экспонатов было больше полутысячи, и ДЗН активно работал в течение нескольких отведённых ему лет до начала Великой Отечественной войны. Всего в период с 1935 по 1941 гг. Дом занимательной науки на Фонтанке посетил в общей сложности 400 тысяч человек, и, согласно статистике, по посещаемости он уступал только Эрмитажу.

75-летию основания ДЗН была посвящена научно-практическая конференция «Искусство удивлять», прошедшая в Санкт-Петербурге, в Центральном музее связи им. А.С. Попова. Конференция проходила при поддержке Комитета по культуре Администрации г. Санкт-Петербурга и ООО «Агентство гуманитарных технологий Санкт-Петербург». Участниками конференции и состоявшихся в рамках конференции конкурсов стали около 70 человек (в основном, музейные работники и педагоги) из разных регионов России: Санкт-Петербурга, Москвы и Московской области, Нижнего Новгорода, Самары, Казани, Перми, Екатеринбурга, Владивостока. Выступая на открытии конференции с докладом «Восстановление утраченных традиций», замдиректора музея по научной работе Н.А. Борисова особо выделила то обстоятельство, что сам термин «занимательная» применительно к науке был впервые введён Я.И. Перельманом. По её словам, «именно в нашей стране (в довоенном Ленинграде 1934–35 гг.), а не в США (Сан-Франциско, 1969 г.), как считают во всём мире, был создан первый в мире *эксплораториум*, названный его создателями *Домом занимательной науки*». По мнению Н.А. Борисовой, курс на модернизацию российской экономики в качестве обязательного условия предполагает формирование интереса к науке и технике, а также формирование доверия общества к научным программам и исследованиям.

Информацию о предстоящей конференции её организаторы распространяли в первую очередь среди сотрудников отечественных научно-технических музеев. Автор этой статьи, к примеру, узнал о ней от коллеги из музея науки Нижегородского университета. Подобная «закрытость» показалась мне сначала явным просчётом организаторов. Однако, познакомившись со сборником статей участников конференции, я понял дальновидность организаторов, – в нём не было малосодержательных наукообразных текстов типа тех, что в большом количе-



Водонапорная башня (вид с фасада и сбоку), где расположен Музей воды. Перед фасадом – памятник водовозу. Скульптор Сергей Дмитриев



Музей «Мир воды»



Канализационные люки



Рукомойники



Деревянные канализационные трубы



Скульптура «Девочка с зонтиком» по эскизам художницы Людмилы Киселёвой

Санкт-Петербурга»

стве наполняют объёмистые «Труды» многочисленных конференций образовательного направления. Ориентация на практически ориентированных музейных работников оказалась в этом смысле абсолютно правильной.

В рамках конференции её организаторы провели два конкурса – «Интерактивный экспонат» и «Статья к 75-летию открытия Дома занимательной науки на Фонтанке». Первый конкурс проходил по двум номинациям: «Интерактивный экспонат – сделано в России» и «Занимательная физика Я.И. Перельмана». Несколько номинаций было и во втором конкурсе: «История популяризации науки», «Из опыта популяризации науки и техники», «Мечтая о будущем», «Наука и искусство». Из статей, представленных на этот конкурс, и был составлен сборник «Искусство удивлять».

Тематически конференция была весьма разнообразной, что и не удивительно, так как каждый делает науку «занимательной» по-своему. Так, на пленарном заседании были заслушаны доклады: ● «М.В. Ломоносов и “*scientifica*” Физического кабинета Петербургской Кунсткамеры: от занимательных экспериментов до экспериментальных наук в XVIII в.» (докладчик – учёный секретарь Ломоносовской комиссии Президиума СПбНЦ РАН Т.М. Моисеева) ● «Музей оптики» (директор музея оптики СПбГУ ИТМО Н.Г. Анисимова) ● «Анатомический театр: язык барокко и науки» (начальник Военно-медицинского музея МО РФ А.А. Будко и с. н. с. того же музея А.Ю. Волькович) ● «От истории создания вещей к истории развития идей, или Путь превращения технических музеев в инновационные центры» (завотделом игровых познавательных программ Политехнического музея П.В. Аксёнов).

В программу пленарного заседания был включён также и «образовательный» доклад – его представили сотрудники Санкт-Петербургского Центра поддержки физического образования Д.А. Порохов и М.А. Верховцева. Они рассказали о придуманном ими и проводимом ежегодно в Санкт-Петербурге открытом фестивале физико-математических наук «Физический фейерверк». Все мероприятия Фестиваля организуются по двум основ-

Центральный музей связи им. А.С. Попова



Макеты средств перевозки почты конца XIX–начала XX вв.



Коллекция телефонных аппаратов



Коллекция почтовых ящиков

ным направлениям: научно-техническом (физика, астрономия и математика) и творческом – «Наука и искусство». В прошлом учебном году Фестиваль был поддержан двумя крупнейшими вузами города: Политехническим университетом и Педуниверситетом им. А.И. Герцена. В первый день Фестиваля был проведён совместный форум учителей физики и преподавателей вузов города, а во второй – научный форум школьников.

Д.А. Порохов и М.А. Верховцева своей главной задачей считают «самореализацию школьников через новые игровые и интеллектуальные виды деятельности». Не сомневаюсь, что участники Фестиваля с энтузиазмом наблюдали боди-арт-шоу «*I love physics*», участниками которого стали самые известные в С.-Петербурге специалисты по боди-арту.

Пленарное заседание сменил кофе-брейк, после которого мы стали зрителями замечательного представления Театра занимательной науки, о котором газета «Физика-Первое сентября» писала не один раз*. Заслуживает упоминания и кафе со вполне физическим названием «Гравицапа», которое мы посетили в обеденный перерыв.

Во второй половине дня участники конференции представляли свои доклады, причём три (из восьми по программе) были «образовательными». О своих достижениях в искусстве удивлять рассказывали Е.Н. Аксёнова из МИФИ (курс логики «Сказка, рассказанная математиком и традиция Я.И. Перельмана»), И.И. Доценко из Центра научно-познавательного досуга для детей «Маленькие находчивые» («Создание игротеки развивающих игр») и Г.Ф. Туркина, учитель физики московской школы дистанционной поддержки образования детей с ограниченными возможностями по здоровью и руководитель детского научно-познавательного клуба «Маленькие находчивые из i-школы» («Как мы познаем мир. Физика на воздушных шариках»). Галина Фёдоровна предложила организовать виртуальный музей, в котором школьники, обучающиеся дистанционно, могли бы представлять видеозаписи придуманных ими экспериментов. Такой музей мог бы стать видеOVERсией домашней лаборатории занимательной науки.

Несколько докладов было посвящено интерактивным экспонатам в музейных экспозициях. О них рассказывали П.В. Аксёнов (Политехнический музей) и Ф.Д. Батырова (Музей естественной истории Татарстана). В докладе А.Е. Земко (ООО «Экспо Наука Интерактив») были представлены интерактивные экспонаты, выпускаемые серийно.

* См. на сайте «Физика-ПС»

Кириллов С.Н. Экспериментальный театр. http://fiz.1september.ru/2002/18/no18_2.htm

Кириллов С.Н. Театр занимательной науки. http://fiz.1september.ru/2003/25/no25-26_1.htm

Милюкова Н.Ю. Школьный экспериментальный театр <http://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200501603>

Музей музыки



Спинет-бюро (неизвестный мастер). Германия. Начало XVII в. Шереметевский дворец



Предцерковная комната. Архитектор И.Д. Корсини. Шереметевский дворец

Е. Стрелков из Музея науки Нижегородского педагогического университета в докладе «Меди-арт и музей науки» рассказал о реализованных проектах, демонстрирующих взаимодействие науки и искусства (проекты были поддержаны Фондом «Династия» и Фондом Потанина). Автор этой статьи и С.М. Пономарёв из Нижегородского ГПУ в докладе «Нижегородский кружок любителей физики и астрономии – уникальное явление в истории российского наукопопа» рассказали о первом в России астрономическом обществе, объединявшем гимназических учителей естественных наук.

Завершением первого дня конференции стало знакомство с экспозицией Центрального музея связи, достойно представляющей традиционную почту и радиосвязь. Весьма впечатлил, к примеру, стенд с почтовыми ящиками разной конструкции. Почте же посвящён красивый проект *мэйлартиссимо* (англ. *mail* – почта, *art* – искусство) – направление современного искусства, в рамках которого художественные произведения превращаются в почтовые послания. С деталями этого проекта можно познакомиться на сайте музея связи по адресу <http://www.rustelecom-museum.ru/objects/?ContainerID=7161&ContainerType=63&objectID=7160&langID=57>.

Тщательно продумана и экспозиция залов, посвящённых электро- и радиосвязи, – не только обилием исторических экспонатов (знаменитый приёмник Попова с когерером, телеграфные и телефонные аппараты, первые радиолампы, работающие АТС), но и их неконфликтным сосуществованием с экспонатами интерактивными. Порадовало отсутствие каких-либо противопоставлений Попов – Маркони: наш выдающийся соотечественник корректно назван создателем первой практически действующей системы радиосвязи. А в атриуме музея к потолку подвешен настоящий спутник связи. Следует сказать, что

открывшаяся в музее в 2008 г. экспозиция «Физические основы электросвязи» стала первой в России стационарной интерактивной научно-познавательной экспозицией. Её проект стал победителем конкурса «Научный музей в XXI веке», организованным Фондом Дмитрия Зимина «Династия» при поддержке Ассоциации научно-технических музеев российского комитета *ICOM*. Проект был поддержан также и Российским фондом истории связи. Об одном из ярких элементов экспозиции – интерактивной инсталляции «Как работает радиоприёмник» – можно также подробнее узнать на сайте музея <http://www.rustelecom-museum.ru/containerList/?ContainerID=8969&ContainerType=63&langID=57>.

Во второй день конференции для участников была организована экскурсия в три музея: музей «Мир воды Санкт-Петербурга», Музей оптики Института (университета) точной механики и оптики и Музей музыки в Шереметевском дворце – том самом, где размещался Дом занимательной науки.

В музее «Мир воды» мы в тот день были первыми посетителями. Вполне современный музей, начинающийся, как и положено, с околomuзейного пространства с доминантой в виде водонапорной башни, с которой в позапрошлом веке начиналась система водоснабжения столицы Российской империи. Началась же экскурсия со знакомства с впечатляющей и масштабной диорамой Санкт-Петербурга, с помощью которой экскурсовод рассказывал нам о роли водоканала в жизни города, о множестве его каналов и мостов. Потом мы отправились в канализацию. На подоконнике сидела кошка, по полу ползла крыса, а из-за стены раздавался грохот поездов метро, хотя от станции до музея я шёл пешком не менее 20 минут. В уходящем вверх канализационном колодце виделось туловище слесаря-сантехника. Покинув гостеприимную канализацию, мы направились в

Музей оптики в Санкт-Петербургском Институте



Образцы оптического стекла



Световая арфа



Об экспозиции музея оптики рассказывает С.К. Стафеев, заведующий кафедрой физики Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, директор Образовательно-исследовательского центра по оптическим и информационным технологиям



Старинные оптические приборы

водонапорную башню, на каждом этаже которой – отдельная экспозиция: унитазаы и биде, старинные ручки. Отдельный этаж посвящён теме блокады.

Из рассказа экскурсовода запомнилась реплика о речных раках, помогающих в настоящее время контролировать чистоту воды в Санкт-Петербурге. За сердечной деятельностью раков постоянно следят – сбой интерпретируется как свидетельство неблагоприятия качества воды. Когда мы выходили из музея, в гардеробе уже шумели семиклассники, в «Мире воды Санкт-Петербурга» начинался обычный рабочий день.

Следующим в нашей насыщенной программе стал Музей музыки, размещённый в бывшем Шереметьевском дворце. Музей показался несколько эклектичным. Мне было с чем сравнивать, поскольку этим летом я побывал в замечательном ярославском частном музее «Музыка и время». Там всё – патефоны, клавишины и часы – находилось в рабочем состоянии, так, что можно было их послушать, например, даже сыграть мелодию на почтовых колокольчиках.

Впечатлил музей оптики в Санкт-Петербургском Институте точной механики и оптики: многочисленные голографические установки, впечатляющие оптические иллюзии; камера-обскура, которую я, признаюсь, первый раз увидел в действии. На отдельном стенде были представлены многочисленные образцы оптического стекла, а рядом с ними – световая арфа с лазерными лучами-струнами – пересекаешь их руками, и раздаются звуки разной высоты. На столике лежат китайские магические зеркала – на отбрасываемом «зайчике» можно увидеть узор обратной стороны зеркала. Несмотря на свою молодость, музей оптики очень популярен, попасть



Китайские зеркала



«Водопад» из световодов

в него «с улицы» невозможно – в середине октября экскурсии из школ записывали только на декабрь.

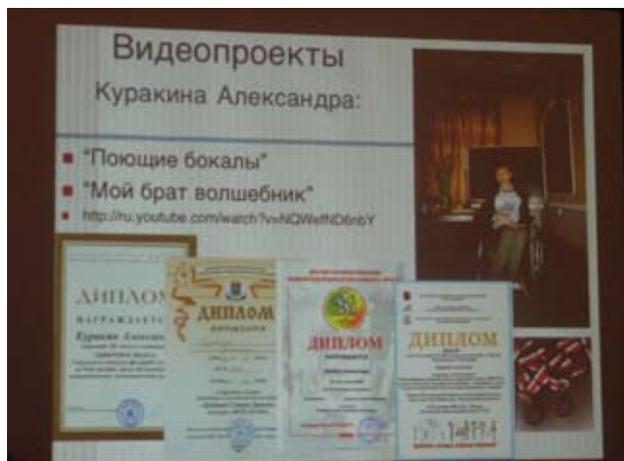
Завершился второй день конференции круглым столом участников и награждением победителей конкурсов. В резолюции (с ней можно познакомиться на сайте Центрального музея связи) среди прочего, обращается внимание на крайне недостаточный уровень популяризации науки и техники в современной России: «недооценка роли популяризации науки и техники, отсутствие чёткой политики и разработанной общей концепции в этой области, инерционность в планировании, а также административная разобщённость ведомств (наука, образование и культура), призванных участвовать в этом процессе, – все эти факторы привели к тому, что Россия заметно отстаёт от практики популяризации науки не только в технологически развитых, но и в развивающихся странах».

Безупречно организованной конференцией «Искусство удивлять» Центральный музей связи имени А.С. Попова достойно отметил 75-летие Дома занимательной науки и внёс посильный вклад в изменение сложившейся ситуации. Будем надеяться, что прошедшая конференция – первый шаг к восстановлению утраченных нами традиций.

Фотографии автора, П.В. Аксёнова (Политехнический музей, г. Москва) и сотрудников музея «Мир воды Санкт-Петербурга»



Экспозиция голограмм



Видеопроекты Александра Куракина, ученика Г.Ф. Туркиной (i-школа)



Борис Викторович Булюбаш – к. ф.-м. н., доцент кафедры «Общая и ядерная физика» НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Окончил физфак ГГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидатскую диссертацию защитил в Институте истории естествознания и техники АН СССР. В научно-педагогической сфере наиболее интересными считает два направления: история науки и наука и СМИ. За последние пять лет опубликовал более 60 научно-популярных статей в газете «Физика», журналах «Знание – сила» и «Потенциал», сетевых изданиях «Наука и технологии России», «Телеграф “Вокруг Света”». Жена – врач – психотерапевт, старший научный сотрудник ННИИТО. Сын – студент мехмата ННГУ им. Н.И. Лобачевского, дочь закончила перводческий факультет Нижегородского иняза. Хобби – лыжи, книжки и беседы с женой.

Оптика, рождённая лазером



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: научно-техническая студенческая конференция, лазеры, история создания, принцип работы, области применения

Студенческая научная конференция

Научно-практическая конференция была проведена в 2010 г. в связи с полувековым юбилеем изобретения лазеров. За сравнительно короткое время лазеры прочно вошли в различные сферы человеческой деятельности. Их появление изменило облик физической оптики: возникли два совершенно новых научных направления – голография и нелинейная оптика. Конференция посвящена этим бурно развивающимся новым наукам и их творцам.

Организация подобных мероприятий в школе неразрывно связана с формированием таких ключевых компетенций учащихся, как самоорганизация и самообразование, наиболее значимых для адаптации в быстро меняющемся мире. Это в полной мере отвечает социальному заказу современного общества, сформулированному для системы образования в Федеральном образовательном стандарте второго поколения. Обсуждая стандарт, директор ИСМО РАО М.В. Рыжаков отмечает, что «школа должна стать более эффективной, более способной поучаствовать в формировании, возможно, самой новой привычки современного человека – привычки учиться» (Рыжаков М.В. О стандарте второго поколения // Физика в школе. 1999. № 2. С. 7). Работая над докладами для научных школьных конференций, учащиеся как раз и приобретают такую привычку.

Предлагаемый материал может служить методической поддержкой для учителя физики. Доклады подготовлены студентами 3–4 курсов физико-математического факультета Борисоглебского ГПИ под руководством доцентов кафедры физики и методики её преподавания Р.Я. Ерохиной и Л.И. Матвеевой. Общая продолжительность мероприятия 1,5 часа. Всего было сделано шесть сообщений*:

- Тараскина С. Лазеры. История и области применения
- Мишина Ж. Денис Габор – изобретатель первой голограммы
- Колюхова Н. Физические основы голографии. Объёмные голограммы
- Токарева Т. Юрий Николаевич Денисюк – изобретатель объёмных голограмм
- Фёдорова О. Нелинейные оптические эффекты
- Рудина Е. Рем Викторович Хохлов – основатель нелинейной оптики и нелинейной акустики.

Приводим одну работу.

Лазеры. История и области применения

ТАРАСКИНА С.И. физмат, 3 курс

Первый работающий лазер был получен Теодором Мейманом в 1960 г. в исследовательской лаборатории компании Хьюза, штат Калифорния (США) с привлечением групп Таунса из Колумбийского Университета и Шалоу из компании Bell laboratories [1–3].

* Полные тексты всех докладов представлены на диске к № 8/2011. – Ред.

Существование явления вынужденного излучения — физической основы работы любого лазера – было предсказано ещё в 1916 г. А. Эйнштейном. Строгое теоретическое обоснование в рамках квантовой механики это явление получило в работах П. Дирака в 1927–1930 гг. Следующая крупная теоретическая работа была выполнена советскими учёными в 1940 г. В. Фабрикантом и Ф. Бутаевой – они предсказали возможность использования вынужденного излучения среды с инверсией населённостей для усиления электромагнитного излучения.

Это предсказание было реализовано в 1955 г. советскими учёными А. Прохоровым и Н. Басовым на молекулярных квантовых усилителях (мазерах, работавших при низких температурах и в СВЧ-диапазоне). В 1964 г. они и Ч. Таунс (американский учёный, первым, в 1953 г., получивший когерентный микроволновой пучок) были удостоены Нобелевской премии по физике. Для усиления электромагнитного излучения оптического диапазона необходимо было создать объёмный резонатор, размеры которого были бы порядка микрона. Из-за связанных с этим технологических трудностей многие учёные в то время считали, что это невозможно. Настоящим прорывом оказалось предложение А. Прохорова использовать для усиления излучения открытый резонатор – резонатор Фабри-Перо. Первый лазер был создан в 1960 г. Мейманом. В 2000 г. за разработку полупроводниковых гетероструктур, лёгших в основу миниатюрных лазеров, способных работать при комнатной температуре, Нобелевская премия по физике была присуждена Ж. Алфёрову (Россия) и Г. Крёмеру (Германия).

Физической основой работы лазера служит явление вынужденного (индуцированного) излучения. Электроны первоначально находятся на основном энергетическом уровне. При возбуждении атома электроны переходят с основного уровня с энергией E_1 на уровень с более высокой энергией E_2 . При спонтанном излучении, пробыв на этом уровне примерно 10^{-8} с, электрон возвращается на основной уровень с испусканием фотона, энергия которого равна разности энергий $E_2 - E_1$. При индуцированном излучении пролетающий мимо фотон провоцирует излучение кванта той же энергии, не изменяясь при этом сам. Но для индуцированного излучения необходима среда с инверсной заселённостью энергетических уровней (то есть такая среда, в которой число электронов на уровне с более высокой энергией больше, чем на уровне с более низкой). Такую среду удалось создать на рубине.

Процесс перевода среды в инверсное состояние, необходимое для работы оптического квантового генератора, называется накачкой. Генератор с рубиновым кристаллом работает по трёхуровневой схеме. При освещении ксено-

<http://nauka.izvestia.ru/science/article79902.html>



В.А. Фабрикант
(1907–1991)

<http://physics.hut.ru/serious/serious12.htm>



А.М. Прохоров
(1916–2002)

http://phys.mephi.ru/history_laser.html



Н.Г. Басов
(1922–2001)

http://photos.aip.org/searchResult2.jsp?item_id=Townnes Charles B3&name=townnes_charles_b3.jpg&title=null&description=old+age;full+face;suit+eyeglasses;sting;book&credit=ALP+Emilio+Segre+Visual+Archives+Physics+Today+Collection&photoDate=null&storePublished=&col-or=null&names=Townnes,+Charles+Hard&contactID=null



Ч.-Х. Таунс
(1915–2010)

новой лампой (лампой накачки) электроны переходят с основного уровня C в широкие энергетические зоны A . Но там они долго не «живут», а переходят на метастабильный уровень B , где могут находиться в 100 000 раз дольше. Пролетающие мимо фотоны стимулируют переход электронов с этого метастабильного уровня на основной с излучением фотонов той же энергии. Итак, в активной среде 1 (a) движется фотон D . Он порождает лавину фотонов, летящих в том же направлении (b). Долетев до полупрозрачного зеркала 3 , лавина отражается и при обратном движении в активной среде усиливается (e). После отражения от зеркала 2 , усиленный поток фотонов будет двигаться так же, как и первоначальный фотон (z). Достигнув определённого значения энергии в результате многократного усиления, поток фотонов выходит из полупрозрачного зеркала. Первые лазеры выглядели достаточно скромно: маленький рубиновый кубик ($1 \times 1 \times 1$ см) с двумя посеребрёнными противоположными гранями.

Обработка материалов с помощью лазеров вылилась в последнее время в мощное направление. Вот что говорил об этом направлении академик Н. Г. Басов: «Лазерный луч – это уникальный тепловой источник, способный нагреть облучаемый участок детали до высоких температур за столь малое время, в течение которого тепло не успеваеет «растечься». Нагреваемый участок может быть при этом размягчён, рекристаллизован, расплавлен, наконец, его можно испарить. Дозируя тепловые нагрузки путём регулирования мощности и продолжительности лазерного облучения, можно обеспечить практически любой температурный режим и реализовать различные виды термообработки. Лазерный нагрев используется для поверхностной закалки и легирования металлов, для плавления при сварке, для плавления и испарения с выбросом паров при резке и сверлении». Можно сформулировать основные достоинства, которые имеет лазерная обработка материалов:

- большое разнообразие процессов обработки самых различных видов ма-

http://www.societe-anonyme.net/?page_id=129

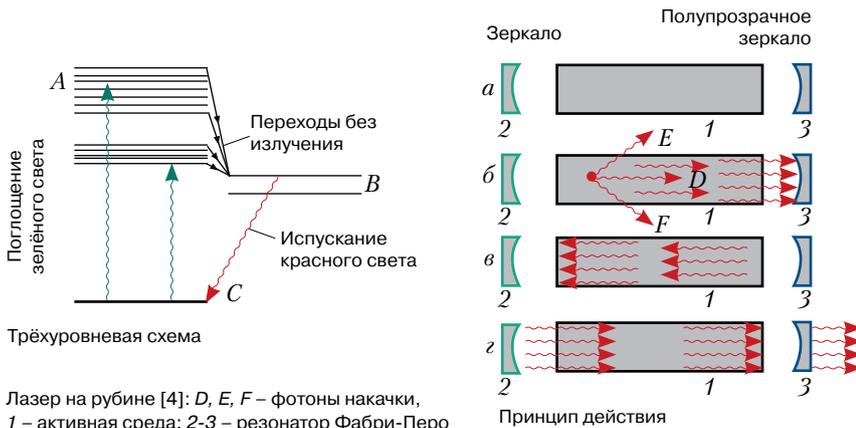


Т. Мейман (1927–2007)

<http://www.internetlook-online.com/pub/129-1-0-7088>



Ж.И. Алфёров (1930)





Лазеры в медицине: лазерная хирургия – применение лазерного скальпеля для удаления патологических образований (а) и для коррекции дефектов зрения (б); лазерная терапия (в)

териалов ● высокая скорость выполнения операций ● высокое качество обработки.

Способностью лазерного луча сверлить и сваривать различные материалы заинтересовались не только инженеры, но и медики. Они используют его в качестве скальпеля. Лазерный скальпель отличается постоянством режущих свойств, рассекает ткань на расстоянии, абсолютно стерилен, производит почти бескровный разрез, позволяет хирургу хорошо видеть оперируемый участок, в то время как обычный скальпель заораживает рабочее поле. Широко используют лазер в офтальмологии при лечении глазных болезней. Стоматологи используют лазер в качестве ускорителя химических реакций при отбеливании зубов.

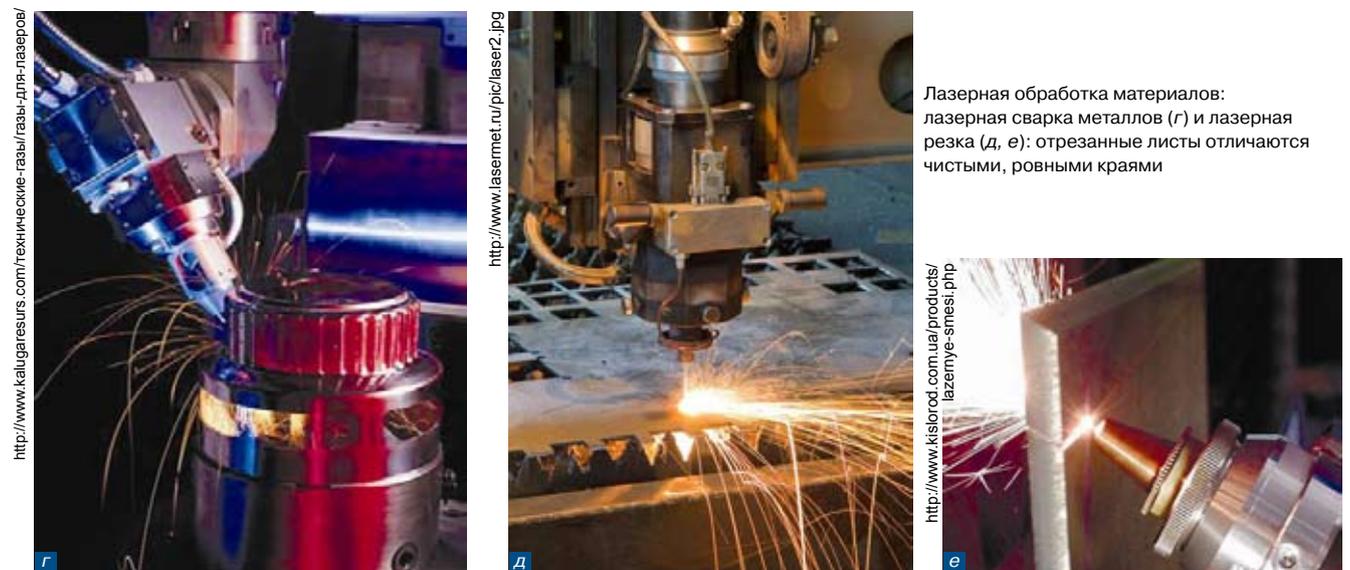
Исследования показали, что лазерное излучение оказывает сильное воздействие на ткани злокачественных опухолей, при минимальном воздействии на здоровые ткани. Не было замечено каких-либо изменений в работе сердечнососудистых систем, внутренних органов, изменений кожи. Зато установлено, что с помощью лазерного излучения можно уничтожать меланомы – сильно пигментированные раковые клетки. Ведутся исследования по применению лазеров в нейрохирургии. Обнаружено весьма эффективное биологическое воздействие красного из-

лучения гелий-неонового лазера. Его стали использовать для лечения заболеваний слизистой оболочки рта, для сращения костей после переломов, для лечения заболеваний вен, приводящего к трофическим язвам, для лечения послеожоговых ран.

Весьма перспективно использование лазеров для передачи информации. Для характеристики канала связи необходим такой параметр, как ширина полосы, то есть диапазон частот, который используется в этом канале связи. Чем больше скорость передачи, тем шире полоса разрешённых частот. Оба этих параметра вынуждают осваивать электромагнитные колебания всё более высоких частот. В последние десятилетия физики научились модулировать и детектировать лазерный луч, так что используется весь оптический диапазон. Оптический участок спектра гораздо шире, чем радиоволновой.

В космонавтике широкое применение нашли лазерные локаторы. С их помощью успешно осуществляется стыковка космических аппаратов на орбите. А при наземных астрономических наблюдениях мощные лазеры используются для уменьшения влияния атмосферы Земли [5].

Лазерное излучение нашло применение в пищевой промышленности, а также промышленности микробиоло-



Лазерная обработка материалов: лазерная сварка металлов (г) и лазерная резка (д, е): отрезанные листы отличаются чистыми, ровными краями

гических препаратов. Уже сейчас применяется лазерная стимуляция посевного материала, лазерное дистанционное зондирование полей, космическое землеведение, лазерное прогнозирование состояния атмосферы, лазерное исследование качества зерна, лазерный контроль качества яиц и обработка мясных продуктов лазерным излучением.

Сложились основные направления внедрения лазерной техники в военное дело [6]: ● лазерная локация (наземная, бортовая, подводная) ● лазерная связь ● лазерные навигационные системы ● лазерное оружие ● лазерные системы ПРО. Так, пушка Mobile Tactical High Energy Laser (MTHEL), сконструирована американскими и израильскими военными. Система сложна – это собственно лазер, система управления и специальная радарная установка для обнаружения и сопровождения целей. Принцип действия предельно прост: после обнаружения объекта и наведения на него лазера, последний включается и несколько секунд греет жертву непрерывным лучом.

А в России на МАКС-2003 была выставлена боевая лазерная машина, которую показывали под видом «оборудования дистанционной резки металлоконструкций и железобетона». В НПО «Алмаз» давно велись работы в данном направлении. В местечке Сарышаган была построена мощная лазерная установка «Терра-3», излучение которой испытали на себе члены экипажа американского многоразового челнока «Челленджер» в 1984 г. при полёте над озером Балхаш: лазерный луч нарушил работу электронной аппаратуры (отключилась связь, возникли сбои в работе бортовых компьютеров), а экипаж почувствовал недомогание. И конечно, лазеры используются и при звукозаписи на компакт-диски, и в развлекательных шоу [7].

Можно не сомневаться, что в будущем луч лазера подарит нам новые возможности, представляющиеся сегодня фантастическими.



Лазерное шоу на Неве

http://www.azion.kz/doki/slider_top/28-fotopodborka-21-iyunya-pozhar-na-gore-v-rio.html

Литература

1. Тарасов Л.В. Лазеры и их применение: учеб. пособие для ПТУ. М.: Радио и связь, 1983.
2. Тарасов Л.В. Лазеры: действительность и надежды. М.: Наука. Гл. ред. Физмат. лит., 1985.
3. Шербаков И.А. К истории создания лазера // УФН. 2011. Т. 181. № 1. С. 71–78.
4. Фёдоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применения. М.: ДОСААФ, 1988.
5. A Telescope Laser Creates an Artificial Star. <http://www.astronet.ru/db/xware/msg/apod/2005-02-07>
6. Laser Avenger на базе бронемашины <http://www.liveinternet.ru/users/amayfaar/post120810104>
7. Лазерное шоу: http://www.psychedelic.ru/party/raja_ram/mg0903.jpg; http://www.azion.kz/doki/slider_top/28-fotopodborka-21-iyunya-pozhar-na-gore-v-rio.html; http://www.spb-guide.ru/foto_12207.htm/ http://www.psychedelic.ru/party/raja_ram/mg0903.jpg

Лазерное шоу у фрегата на реке Нева для выпускников школ и военных академий

Боевые лазеры



http://www.azion.kz/doki/slider_top/28-fotopodborka-21-iyunya-pozhar-na-gore-v-rio.html



Татьяна Вячеславовна Львова с отличием окончила школу в г. Шуя Ивановской области. Физика вовсе не была для неё любимым предметом, но девушка решила пойти по пути наибольшего сопротивления – стала читать дополнительную учебную и научно-популярную литературу по физике и астрономии, в результате появился интерес, особенно к астрофизике, философским и мировоззренческим проблемам естествознания. На физфаке Ивановского госуниверситета обучалась на кафедре теоретической физики. С дипломом по специальности «Физик. Преподаватель» в 1983 г. по распределению приехала в г. Соликамск Пермской области и начала преподавать физику в школе сразу в старших классах. А уже через год всем коллективом сыграли комсомольскую свадьбу. И весь её 10 «Б» приехал из трудового лагеря посмотреть на свою учительницу в белом платье и крикнуть «Горько!»

Подумать только – уже дети тех первых выпускников окончили школу, обещают внуков привести.

Семья мужа – учительская: бабушка Улакова Татьяна Васильевна работала учителем биологии в сельской школе, дедушка Улаков Павел Михайлович был директором этой школы и учителем географии и астрономии (погиб в боях под Тарту), свекровь Львова Зоя Павловна и её сестра Улакова Галина Павловна преподавали математику. Дети продолжают династию: сын Антон окончил Ивановский университет и остался работать в Иванове, дочь Мария – студентка магистратуры математического факультета того же университета. (Примечательно, что их учили те же учителя, что и 30 лет назад учили их маму: Маурин Лев Николаевич, Давидзон Михаил Иосифович, Рутенберг Михаил Липович, Засобина Галина Александровна. Низкий им поклон, здоровья и долголетия!)

За 27 лет Татьяне Вячеславовне довелось поработать и в школе, и в детском саду, и в лицейских классах медицинского училища. Сейчас она в гимназии № 2 ведёт физику в 7–11-м классах, причём и физико-математического, и химико-математического, и гуманитарного профилей. Ежегодно человек 20 сдают ЕГЭ по физике, причём половина из классов базового уровня. Средний балл около 60. Уже 10 лет Татьяна Вячеславовна занимается с детьми учебно-исследовательскими работами в рамках НОУ «Светоч». К победам учеников в городских конкурсах УИР все уже привыкли, да и на краевых этапах они нередко становятся лауреатами или дипломантами, как например, Дмитрий Никитин (2009 г.), Катя Антропова и Миша Никонов (2010 г.).

Сформировалась собственная позиция по ряду проблем преподавания физики в школе. Одна из них – строить историю физики как историю не только великих открытий, но и великих заблуждений, чтобы снять у многих школьников психологический барьер, порождающий комплекс неполноценности и препятствующий изучению предмета. Другая исключительно важная проблема – обеспечить каждому ученику осознанный выбор мировоззрения. За стенами школы – расцвет астрологии, оккультных наук, разрастающаяся сеть разномастных сект, ТВ-репортажи о посещениях бывшими партийными деятелями религиозных служб... Да, выбор мировоззрения должен быть свободным. Однако для этого нужны знания и опыт, длительные и серьёзные размышления, личностная зрелость. Может быть, есть смысл знакомить школьников и с атеистическими, и с религиозными воззрениями? Ведь если постоянно откладывать принятие столь важного выбора, как выбор собственной позиции в мировоззренческих вопросах, то легко превратиться в безвольное существо, которым очень легко управлять.

Татьяна Вячеславовна считает себя счастливым человеком – есть кого любить, кому помогать. Но наверное, нет на свете человека, который был бы более достоин счастья, чем её мама, Редькина Софья Васильевна. Мало кому досталось в жизни столько трудностей и испытаний, но когда она вспоминает свою многотрудную жизнь, то обычно говорит: «У каждого – свой крест. Я свой донесла. И вы донесите». Повезло и с мужем Павлом – он инженер-электронщик, настоящий профессионал, человек, что называется, той же крови: круг их интересов и пристрастий во многом совпадает, и не только в области научно-познавательной. Вместе с ним и детей вырастили хорошими порядочными людьми.

Татьяна Вячеславовна с грустью отмечает, что городское педагогическое сообщество учителей физики с каждым годом становится малочисленнее и фактически превращается в тесный круг друзей-единомышленников. Приходят невесёлые мысли о том, насколько востребована (или не востребована?) сегодня профессия учителя в нашем государстве. Средний возраст учителя физики в городе перевалил за 50. Молодых учителей, кому можно было бы передать накопленный опыт, рядом нет. Кто будет учить детей лет через 5–10? И что такое нанотехнологии и инновационная экономика без усиления физико-математической и технической составляющих базового образования? Вопросы остаются открытыми...

*От всей души желаем Татьяне Вячеславовне успехов и удачи!
Вы блестящий учитель, у вас прекрасные ученики!*

ФИЗИКА – ПС

Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСКА

Подпишитесь на сайте www.1september.ru, не выходя из дома, – и вы **без задержек** сможете скачивать (в формате pdf) журналы **текущего** месяца (и, разумеется, любого прошедшего месяца полугодия), а также дополнительные материалы на дисках

- 699 руб. за полгода
- 599 руб. – за полгода, если вы уже подписывались на сайте в предыдущем полугодии
- 130 руб. за номера в любом месяце 2011 г.
- 99 руб. за любой номер 2010 г.

Пожалуйста: ● зайдите на сайт www.1september.ru ● нажмите на красный блок внизу «**ВХОД. Личный кабинет**» ● нажмите на гиперссылку «Регистрация» ● нажмите на кнопку «Да» (если вы участвовали в каком-нибудь нашем образовательном проекте) или «Нет» (если никогда не участвовали) ● заполните анкету и нажмите на кнопку «Зарегистрироваться» ● на ваш электронный адрес сейчас же придёт письмо с личным идентификатором (9 цифр) и паролем – это письмо нужно сохранить! ● ещё раз зайдите в «**Личный кабинет**» и введите свои идентификатор и пароль – вы откроете **свой личный кабинет**, откуда сможете подписаться на полугодие, на любой месяц 2011 г. и на любой номер 2010 г. ● распечатайте счёт и оплатите его в банке ● через несколько дней информация из банка об оплате поступит к нам – и вы получите доступ к гиперссылке «скачать номера» ● а вскоре мы пришлём вам инструкцию на бумажном носителе с исчерпывающей информацией о всех образовательных проектах нашего издательства и о предоставляемых участникам и подписчикам льготах.

Дизайн сайта всё время обновляется, следуйте интерактивным рекомендациям!

Со второго полугодия 2011 г. журнал будет выходить раз в месяц, зато на 64 страницах и с диском!!!

ВАС ЖДУТ: ● сценарии уроков с использованием новейших педагогических технологий – в рубрике «Я иду на урок» ● сжатое и ёмкое описание принципа работы современных технических устройств и гаджетов – в рубрике «Как это устроено» ● объяснения экспертами физических явлений в повседневной жизни – в рубрике «Почему же, почему?...» ● задачи олимпиад разного уровня – в рубрике «Абитуриенту» ● **загадочные картинки и задачки на смекалку** – в рубрике «Школьнику» ● и многое другое, необходимое и учителю, и ученику, и родителю.





Издательский дом

ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ

НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ

Уважаемые коллеги! Напоминаем, что со II полугодия 2011 года все наши предметно-методические газеты становятся журналами: цветными, 64-страничными, в каждом номере CD-диск с материалами к урокам (для непредметных изданий с дополнительными материалами). **ЖУРНАЛЫ ВЫХОДЯТ В БУМАЖНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИЯХ.**



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ЖУРНАЛОВ!

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

- Полностью соответствует бумажной
- Каждый номер приходит гарантированно в срок
- Цена подписки существенно ниже
- Получение по Интернету



На электронную версию можно подписаться

НА ПОЧТЕ

КАК ЭТО СДЕЛАТЬ?

В каталогах «Роспечать» и «Почта России» откройте раздел «ЖУРНАЛЫ». Информация о наших изданиях размещена под заголовком «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ. ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА». Каждый журнал имеет индексы для подписки на бумажную и на электронную версию. При подписке на электронную версию по почте вам придет письмо с карточкой доступа. Номера вместе с материалами к уроку вы будете получать через Интернет.

Цена подписки для индивидуальных подписчиков и организаций – **780 рублей за полгода.**

НА САЙТЕ www.1september.ru

Цена подписки для индивидуальных подписчиков и организаций – **699 рублей за полгода.**

...И ПОЛУЧИТЬ МЕСЯЦ ПОДПИСКИ БЕСПЛАТНО

может каждый, кто оформит полугодичную подписку на электронную версию журнала на сайте www.1september.ru

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЕ ВЕРСИИ ЖУРНАЛОВ НА САЙТЕ www.1september.ru