ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 1 (960)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

fiz.1september.ru

С Новым Годом по григорианскому, юлианскому и восточному календарям!

Фундаментальные свойства окружающего мира – от элементарных частиц до галактик с. 40

НИЯУ МИФИ – школе с. 4

Паровые двигатели с. 36, 57

Физика вокруг нас с. 61

Экспресс-подготовка к ЕГЭ с. 61

электронная версия журнала
дополнительные материалы
в Личном кабинете
на сайте
www.1september.ru

издательский дом 1september.ru
Первое сентября
январь 2014

Подписка на сайте www.1september.ruили по каталогу «Почта России»: 79147 (бумажная версия); 12757 (CD-версия)

В номере

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

4–5 С.А. Ганат
Сетевая школа НИЯУ МИФИ – помощь вуза школе

6–11 Д.А. Ивашкина
Эксперимент как метапредметная деятельность: реализация ФГОС на примере курса физики

28–29 Ж.В. Чопорова
Музей «Огни Москвы»: открытие музейной светотехнической лаборатории

61–62 Рефераты электронных публикаций

МЕТОДИКА

12–15 В.А. Соловьёва
Сетевые онлайн-уроки с использованием цифровых лабораторий для учащихся с ограниченными возможностями здоровья. 7 кл.

ЭКСПЕРИМЕНТ

16–20 С.В. Коновалихин
Демонстрации с применением ИКТ. 10 кл.

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»

21–27 Л.И. Аристархова
Электромагнитные волны. 11 кл.

АСТРОНОМИЯ

30, 31 34, 35 Проф. В.М. Чаругин
Звёздное небо в феврале

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И ...

32–33 В.Д. Чупин
Пыхтящий двигатель прогресса на банкнотах мира

36–37 В.Ф. Карташов
Цветная Вселенная

39 Н.Д. Козлова
«ЕГЭ» по-американски

НАУКА И ТЕХНИКА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

40–47 Академик РАН проф. В.А. Рубаков
Физика элементарных частиц и космология: современный этап развития

53–56 Б.В. Булюбаш, С.М. Пономарёв
Нижегородский кружок любителей физики и астрономии: страницы истории

АБИТУРИЕНТУ

48–50 В.П. Демков, В.В. Озолин, Г.Э. Солохина
МАИ (НИУ): Российская аэрокосмическая олимпиада-2013

51–52 С.Е. Муравьёв
Олимпиада «Росатом». Физика

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

57–60 М.А. Бражников
«... На звание техника путей сообщения...»

К материалам, обозначенным этим символом, см. электронные дополнения в своём Личном кабинете на сайте www.1september.ru.

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Уважаемые подписчики бумажной версии журнала!

Дополнительные материалы к номеру и электронная версия журнала находятся в вашем Личном кабинете на сайте www.1september.ru

Для доступа к материалам воспользуйтесь, пожалуйста, кодом доступа, вложенным в январский номер.

Срок действия кода с 1 января по 30 июня 2014 года.

Для активации кода:

- Зайдите на сайт www.1september.ru
- Откройте личный кабинет (зарегистрируйте, если у вас его ещё нет)
- Введите код доступа и выберите своё издание

Справки: podpiska@1september.ru или через службу поддержки на портале «Первого сентября»

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор: Артем Соловейчик (генеральный директор)

Коммерческая деятельность: Константин Шмарковский (финансовый директор)

Развитие, IT и координация проектов: Сергей Островский (исполнительный директор)

Реклама, конференции и техническое обеспечение Издательского дома: Павел Кузнецов

Производство: Станислав Савельев

Административно-хозяйственное обеспечение: Андрей Ушков

Педагогический университет: Валерия Арсланьян (ректор)

ГАЗЕТА ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:
Первое сентября – Е.Бирюкова

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:
Английский язык – А.Громушкина,
Библиотека в школе – О.Громова,
Биология – Н.Иванова,
География – О.Коротова,
Дошкольное образование – Д.Тюттерин,
Здоровье детей – Н.Сёмина,
Информатика – С.Островский,
Искусство – О.Волкова,
История – А.Савельев,
Классное руководство и воспитание школьников – М.Битянова,
Литература – С.Волков,
Математика – Л.Рослова,
Начальная школа – М.Соловейчик,
Немецкий язык – М.Бузоева,
ОБЖ – А.Митрофанов,
Русский язык – Л.Гончар,
Спорт в школе – О.Леонтьева,
Технология – А.Митрофанов,
Управление школой – Е.Рачевский,
Физика – Н.Козлова,
Французский язык – Г.Чесновицкая,
Химия – О.Блохина,
Школа для родителей – Д.Тюттерин,
Школьный психолог – М.Чибисова

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО«ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»
Зарегистрировано ПИ № ФС77-44336 от 21.03.11 в Министерстве РФ по делам печати
Подписано в печать: по графику 11.12.13, фактически 11.12.13 Заказ №
Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография», филиал «Чеховский Печатный Двор»Ул. Полиграфистов, д. 1, Московская область, г. Чехов, 142300; сайт: www.chpd.ru; e-mail: sales@chpk.ru; факс: 8 (496) 726-54-10, 8 (495) 988-63-76

Электронные публикации рецензируются, но не оплачиваются. Подробнее см. Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте журнала http://fiz.1september.ru в разделе Правила для авторов публикаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:
ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165
Тел./факс: **(499) 249-3138**
Отдел рекламы: **(499) 249-9870**
Сайт: **1september.ru**

Только в физике соль!

ФИЗИКА

Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания

Издаётся с 1992 г.
Выходит один раз в месяц

РЕДАКЦИЯ:
Главный редактор: Нана Дмитриевна Козлова 8-919-104-5657
Консультанты: И.Д. Воронова, В.А. Козлов, Н.Ю. Милюкова, Т.А. Соловейчик, А.В. Берков
Корреспонденты: Е.В. Гуденко, Ж.В. Чопорова
Дизайн макета: И.Е. Лукьянов
Корректура и набор: И.С. Чугреева
Вёрстка: Д.В. Кардановская

Иллюстрации: Фотобанк Shutterstock, если не указано иное

Журнал распространяется по подписке
Цена свободная Тираж 13 457 экз.
Тел. редакции: **(499) 249-2883**
E-mail: **fiz@1september.ru**
Internet: **fiz.1september.ru**

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. Москва), **В.В. Майер** (проф., д.п.н., ГГПИ, 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.Л. Стасенко** (проф., д.ф.-м.н., МФТИ, г. Жуковский), **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.), **Л.П. Алексеева** (к. ф.-м. н.), **К.Ю. Богданов** (к.ф.-м.н., д.биол.н.), **М.А. Бражников** (ИХФ РАН), **В.А. Грибов** (к.ф.-м.н., МГУ им. М.В. Ломоносова), **С.Я. Ковалева** (зам. гл. редактора, к.п.н., МБОУ ВПО АСОУ МО), **Л.В. Пигалицын** (Нар. учитель России, МБОУСОШ № 2 с УИПФМЦ, г. Дзержинск), **В.М. Чаругин** (д.ф.-м.н., проф. МПГУ, действительный член РАКЦ).

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:
Почта России:
бумажная версия – **79147**
CD-версия – **12757**

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:
Телефон: **(499) 249-4758**
E-mail: **podpiska@1september.ru**

Дорогие друзья и коллеги!

От имени Национального исследовательского ядерного университета МИФИ хочу поздравить всех вас, учителей физики, а вместе с вами и всех школьных учителей с Новым Годом. Мы благодарны вам за ваш труд, за ваше неравнодушие, ответственность и компетентность, за вашу любовь к физике и любовь к детям.

Профессия учителя сложна, ответственна и часто неблагодарна. Болеть – не за себя. Переживать – не за себя. Радоваться – когда твои ученики становятся лучше тебя. Но зато в душе каждого из нас, бывшего ученика, обязательно остаётся Учитель, человек, с которым всегда можно посоветоваться и который подскажет и поможет в трудную минуту.

Для НИЯУ МИФИ школьный учитель физики – это тот человек, с которого начинаются наши абитуриенты, это наша опора и наша надежда. Вы закладываете необходимую основу, без которой невозможно подготовить новых Курчатовых, Королёвых, Ландау. Да и просто нормального грамотного инженера. Более того, я думаю, что без основ естественнонаучного образования немыслим сегодняшний интеллигентный человек – образованный, мыслящий, культурный, способный решать любые задачи в любых областях. Поэтому и будущее инновационное развитие страны – наша с вами общая ответственность.

Для НИЯУ МИФИ, который был создан в разгар войны для подготовки специалистов в области обычного, а затем и ядерного оружия, хорошие абитуриенты – основа будущего развития. Ведь НИЯУ МИФИ сегодня – это лидер образования, науки и инноваций в области ядерных, радиационных и наноразмерных технологий. НИЯУ МИФИ сегодня – это сетевой, территориально распределённый университет. Это 20 институтов и колледжей, расположенных в 15 субъектах Российской Федерации. Это более 35 тысяч учащихся и 1600 профессоров и доцентов. Это более 100 специальностей высшего и среднего профессионального образования. Это современный, динамично развивающийся политехнический университет. И НИЯУ МИФИ ждёт ваших лучших выпускников.

Наш университет всегда был открыт для контактов с учителем физики. В настоящее время мы проводим множество мероприятий для учителей. Это и экскурсии на наши кафедры и лаборатории, и курсы повышения квалификации (в том числе и выездные, во время которых наши ведущие педагоги выезжают в регионы и работают с учителями), и издание учебно-методических материалов для учителя, и проведение научно-популярных лекций по ключевым направлениям современной физики, а также дистанционных лекций и практических занятий со школьниками и учителями. Сейчас в нашем университете создаётся система дистанционной работы с учителями и школьниками страны – сетевая школа НИЯУ МИФИ, в которую я всех вас приглашаю.

Здоровья вам. Терпенья вам. Хороших учеников вам. И удачи. Во всём!

Ректор НИЯУ МИФИ
профессор Михаил Николаевич Стриханов

С Новым Годом!

Сетевая школа НИЯУ МИФИ – помощь вуза школе

Приведена информация о дистанционных курсах для школьников и школьных учителей в рамках образовательного проекта «Сетевая школа НИЯУ МИФИ» [school.mephi.ru], целью которого является помощь школе в области обучения предметам физико-математического и естественнонаучного циклов, а также о других мероприятиях в этом направлении. Указаны интернет-адреса, по которым можно прослушать и скачать лекции, видеоролики с показом физических экспериментов и разбором решений задач.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сетевая школа НИЯУ МИФИ, дистанционные образовательные курсы, учебные видеоролики

С.А. ГАНАТ
SAGanat@mephi.ru,
НИЯУ МИФИ, г. Москва

С 2010 г. НИЯУ МИФИ организует дистанционные образовательные проекты для школьных учителей и учащихся старших классов (см. сайт rosatomschool.ru). В первом проекте с лекциями выступили крупные отечественные учёные – академики РАН Е.П. Велихов*, Ф.М. Митенков, а также известные мировые популяризаторы инженерного образования и «защитники» ядерной энергетики Т. Блис (*Tom A. Blees*, США, «Новые технологии для энергетически стабильного будущего») и Б. Комби** (*Bruno Comby*, Франция). Лекции транслировались в онлайн-формате в сети интернет, доступ был открыт для всех. Лекторы и слушатели одновременно находились в своих аудиториях (часто разделённых тысячами километров) и могли видеть и слышать друг друга. Такой режим допускал «живое» общение слушателей и лектора, можно было задавать вопросы, делать комментарии и так далее.

В 2011 г. был запущен проект «Детская ядерная академия», в рамках которого прочитан дистанционный курс лекций по подготовке к ЕГЭ по физике.

В 2012 г. в рамках проекта «Школа Росатома» появились дистанционные циклы лекций по физике, математике и химии, которые способствовали подготовке школьников не только к ЕГЭ, но и к олимпиадам (см. сайт http://www.rosatomschool.ru/ra/info/14251.html).

В 2013 г. с целью популяризации инженерно-физического образования ведущие учёные НИЯУ МИФИ прочитали цикл научно-популярных лекций по актуальным вопросам атомной науки и техники, куда вошли: фундаментальные свойства атомов, атомных ядер, элементарных частиц и их взаимодействий, эксперименты на Большом адронном коллайдере, научные, технические, политические и экономические проблемы ядерной энергетики, а также перспективы ядерных технологий. Доступ к лекциям получили только «коллективные участники» – школы, региональные филиалы НИЯУ МИФИ, информационные центры атомной отрасли. Школьные учителя выступали модераторами курсов. К лекциям подключались города, в которых расположены предприятия Госкорпорации «Росатом» (Десногорск, Сосновый Бор, Железногорск, Курчатов, ...), а также информационные центры атомной отрасли (Воронеж, Новосибирск, Красноярск, ...). Каждую лекцию слушали более 1000 человек, здесь были и школьники от 5-го до 11-го класса, и студенты вузов, и учителя.

Этот цикл лекций включал в себя 9 тем:

Тема 1. *Колдобский А.Б.*, к. ф-м. н., доцент. **Физические основы ядерной энергетики**. Физические принципы, лежащие в основе всех «энергетических» приложений ядерной физики и позволяющие извлечь гигантскую энергию, запасённую в атомных ядрах. ftp://sites.mephi.ru/video/2012-2013_EGE/Popular-science/PopularScience_lecture-01.wmv

Тема 2. *Путилов А.В.*, д. т. н., декан факультета управления и экономики высоких технологий, руководитель центра технологий нуклидных систем НИЯУ МИФИ. **Экономика атомной отрасли**. Экономические аспекты ядерной энергетики. Прошлое, настоящее и будущее. ftp://sites.mephi.ru/video/2012-2013_EGE/Popular-science/PopularScience_lecture-02.wmv

Тема 3. *Муравьёв С.Е.*, к. ф.-м. н., доцент. **Квантовая механика – язык микромира.** Особенности описания молекул, атомов и атомных ядер. Законы и принципы квантовой механики. Работа атомных электростанций: уран, обогащение, топливо, цепная реакция деления, баланс нейтронов в реакто-

*О Е.П. Велихове см. сайт http://mephi.ru/students/energy_of_future/lection_1.php?sphrase_id=21165; видеоролик лекции «Термоядерная энергетика будущего – перспективы развития» см. на сайте http://mephi.ru/students/vl/index.php?path=/video/Velexov_lekciq.f4v

**Видеолекцию Б. Комби (на английском языке с переводом) см. на сайте http://www.youtube.com/watch?v=E6I02FcQvok

ре, проблема хранения ядерных отходов. ftp://sites.mephi.ru/video/2012-2013_EGE/Popular-science/PopularScience_lecture-03.wmv

Тема 4. *Тихомиров Г.В.*, к. ф.-м. н., и. о. декана физико-технического факультета НИЯУ МИФИ, доцент. **Ядерный топливный цикл – собираем атомную мозаику.** Особенности ядерных технологий в России. Атомная энергетика. Ядерно-оружейный комплекс России. Атомный флот России. Ядерная медицина. Ядерная наука России и международное сотрудничество. ftp://sites.mephi.ru/video/2012-2013_EGE/Popular-science/PopularScience_lecture-04.wmv

Тема 5. *Белоцкий К.М.*, к. ф.-м. н., доцент. **Путешествие вглубь материи.** Принципы теории элементарных частиц, их классификация, эксперименты на БАК. ftp://sites.mephi.ru/video/2012-2013_EGE/Popular-science/PopularScience_lecture-05.wmv

Тема 6. *Колдобский А.Б.* **Атомная энергетика и экология.** Экологические проблемы ядерной энергетики. Ликвидация последствий ядерных аварий в Чернобыле и Фукусиме.

Тема 7. *Болоздыня А.И.*, д. ф.-м. н., проф., заведующий центром ядерной медицины НИЯУ МИФИ. **Ядерная медицина: спасаем жизни людей.** Принципы использования ядерных технологий в диагностике и лечении различных заболеваний. Перспективы развития ядерной медицины в нашей стране и в мире.

Тема 8. *Зайцев А.В.*, генеральный директор НП «Центр планетарной защиты», член РАКЦ, член Международной инициативной группы АТ-14 при Научно-техническом подкомитете Комитета ООН по Космосу, занимающейся проблемами астероидно-кометной опасности. **Астероидно-кометная опасность и возможности её предотвращения.** Метеориты и их опасность для Земли.

Тема 9. *Курнаев В.А.*, д. ф.-м. н., проф., заведующий кафедрой физики плазмы НИЯУ МИФИ. **Термоядерная энергетика: дорога к энергетическому изобилию**. Проблемы и перспективы термоядерной энергетики. Международный проект *ITER* (строительство первой термоядерной электростанции, Франция).

В 2014 г. проект образовательных и научно-популярных лекций по ряду направлений современной науки и техники будет продолжен. Планируется на доступном школьникам уровне рассказать о физике наносистем, физике и технических приложениях явления сверхпроводимости, физических основах ядерной энергетики на быстрых нейтронах, лазерной физики и техники. Отдельным циклом будут прочитаны курсы электроники, информатики, современных методов защиты информации.

На официальном канале НИЯУ МИФИ http://wikibit более сотни видеороликов по физике представляет доцент кафедры физики, к. ф.-м. н. В.И. Гервидс. Тематика обширная – от механических явлений до СВЧ-оптики и модели световода. Там же выложены видеоролики с разбором заданий олимпиады Росатом-2013 (http://wikibit.net/youtube/Олимпиада-Росатома-2013.-Разбор-заданий-по-физике.) и инженерной олимпиады школьников (http://wikibit.net/youtube/NZQjNxCx_Ew/Инженерная-олимпиада-школьников.-Разбор-заданий.), а также интервью 1 канала с нашим ректором М.Н. Стрихановым «От бозона Хиггса – к тёмной материи» (http://wikibit.net/youtube/mEX0zRJbP3Y/Россия-1:-От-бозона-Хиггса-к-тёмной-материи) – отклик на недавнее решение Нобелевского комитета о присуждении нобелевской премии 2013 г.

Все перечисленные мероприятия входят в крупный образовательный проект «Сетевая школа НИЯУ МИФИ», задачей которого является создание единого методического и образовательного пространства «школьник–учитель–НИЯУ МИФИ» в масштабах всей страны, в котором будет осуществляться помощь вуза школе в области обучения школьников по предметам математического и естественнонаучного циклов. Сайт Сетевой школы: school.mephi.ru

Программа сетевой школы предусматривает также систему бесплатного дистанционного обучения для школьников 5–11 классов (обучающие материалы, домашние задания, тесты, контроль знаний, консультации тьюторов, итоговая аттестация) и учителей (презентации, методические материалы). Образовательная программа формируется индивидуально для каждого участника. Однако, все обучающие материалы доступны только для школ-партнёров Сетевой школы НИЯУ МИФИ, которые заключили договор о вступлении в проект.

По всем вопросам, связанным со взаимодействием НИЯУ МИФИ-Школа, обращайтесь, пожалуйста, к **Светлане Александровне Ганат,** к. психол. н., начальнику центра профориентации НИЯУ МИФИ, координатору проекта «Школа Росатома»: 7855525@gmail.com; тел. 8 (495) 785 55 25.

Эксперимент как метапредметная деятельность: реализация ФГОС на примере курса физики

Представлены фрагменты нового дистанционного курса ПУПС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метапредметная деятельность, ФГОС, эксперимент

Д.А. ИВАШКИНА
ivashkina.diana@gmail.com,
МАОУ Лицей г. Троицка,
Московская обл.

ЛЕКЦИЯ 2. Основы новой методики: обучение открытию эмпирических законов (фрагмент, полностью см. в электронном приложении)

В лекции 1 мы выделили формируемые в процессе обучения с учётом ФГОС элементы физического знания (см. № 12/2013, с. 18, табл. 1.2), которые **всегда** связаны с экспериментальной деятельностью учащихся на уроках: физические законы, физические явления, физические величины – и определили их. Очевидно, что с учётом новых требований к организации уроков учитель должен спроектировать обучение всем элементам физического знания в рамках системно-деятельностного подхода, а не в виде рассказа или инструкции к выполнению лабораторной работы.

Рассмотрим обстоятельнее **деятельность по «открытию»*** первого из них – закона. В контексте наших лекций понятие «эмпирический физический закон» подразумевает получение школьниками экспериментального закона, то есть приобретение знаний и умений в результате *целенаправленной деятельности по выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами*.

Существуют хорошо известные учителям виды деятельности, для которых знания о физическом законе являются опорными. Это, во-первых, **деятельность по распознаванию** закона, а именно: ● распознавание ситуации, в которой имеет место устойчивая связь между физическими величинами (при решении качественных и расчётных задач) ● распознавание условий применимости закона ● распознавание математической записи закона. Во-вторых, это **деятельность по воспроизведению** знаний о законе: ● воспроизведение формулировки закона, запись уравнения, выражающего связь между физическими величинами в конкретной ситуации ● создание условий, при которых применим данный закон.

В соответствии с ФГОС на уроках физики предлагается обучать школьников *новой* деятельности – **«открытию» нового закона**. Как организовать обучение этой деятельности? Каково содержание этой деятельности? На эти вопросы мы и постараемся ответить.

2.1. Формулирование целей урока с учётом «деятельностного подхода»

Новыми результатами обучения в соответствии с ФГОС, должны быть **умения пользоваться методами** научного исследования явлений природы и обнаруживать зависимости между физическими величинами. Это возможно только при преобразовании обычной фронтальной работы в исследование, цель которого (в идеальном случае) самостоятельно формулирует и достигает ученик [1].

Любая деятельность человека всегда направлена на конечный результат. Цель *деятельности по созданию нового знания* формулируется в виде *познавательной задачи* (ПЗ). Для достижения цели любой человек разрабатывает программу своей деятельности, а по её завершении оценивает результаты и вносит коррективы в разработанную программу. Деятельность учителя на уроке также должна иметь цель. При работе в рамках деятельностного подхода [2] конечным продуктом деятельности учителя на уроке является «получение» (термин С.В. Анофриковой) учащихся, усвоивших определённые знания или освоивших определённые виды деятельности. Поэтому цели урока в рамках деятельностного подхода формулируются следующим образом:

образовательные цели: «получение» учащихся, усвоивших следующие знания: 1) ...; 2) ...; 3) ...;

цели по развитию: «получение» учащихся, овладевших следующими видами деятельности: 1) ...; 2) ...; 3) ...

В соответствии с формулировкой цели анализируется и результат урока. Образцы формулирования целей урока будут приводиться ниже в примерах сценариев и фрагментов уроков.

Концепцию курса 16-014, учебный план и лекцию 1 см. в № 12/2013. – *Ред.*

*Очевидно, что учащиеся не могут **открывать** законы (явления, величины) самостоятельно, тем более на уроках, и этот термин в данном контексте следует понимать условно, мы ставим его здесь в кавычки. – *Ред.*

2.2. Учебные ситуации открытия экспериментального закона. Выдвижение гипотез

Эмпирические законы могут связывать между собой физические величины, характеризующие как интенсивность явления или взаимодействия, так и свойства объектов и условия их взаимодействия. В зависимости от исходной ситуации можно сформулировать различные познавательные задачи, при решении которых и выявляются искомые связи [3].

Под исходной ситуацией будем понимать такую ситуацию, созданную учителем на уроке, которая позволяет обнаружить, что некая физическая величина (например, физическая величина *A*), может принимать различные значения. Исходная ситуация должна быть сформулирована учителем и произнесена вслух, в результате чего возникает предпосылка для выдвижения учащимися предположений о том, почему, собственно, так может происходить. Учитель или учащиеся (если такой процесс происходит не впервые) формулируют *познавательную задачу*, решая которую, можно получить искомые связи между физическими величинами, то есть открыть экспериментальный закон. Формулировка ПЗ кратко выглядит так: «От каких физических величин, характеризующих ... зависит физическая величина *A*?»

В ответ выдвигаются гипотезы. Иногда ситуация настолько очевидна, что учащиеся могут сделать это самостоятельно. Однако для уверенности в полноте выдвигаемой системы гипотез учителю следует руководствоваться некоторыми соображениями. Тогда, при необходимости, он может задать наводящий вопрос или обратить внимание учащихся на некоторые аспекты, которые следует принять во внимание.

Соображения эти зависят от рассматриваемой физической величины. Если речь идёт о величине, характеризующей **свойства некоторого объекта**, то естественно предположить, что её значение может зависеть от других физических величин, характеризующих тот же **объект**. Если же речь идёт о величине, характеризующей **интенсивность явления** или **взаимодействия**, – то в соответствии со структурной схемой понятия о физическом явлении. Проиллюстрируем процесс формулирования ПЗ в ответ на исходную ситуацию, ориентировочные соображения, которые необходимо принять во внимание в каждом конкретном случае, а также выдвигаемые гипотезы.

Пример 2.1. Формулирование познавательной задачи для случая «открытия» закона Ома.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сила тока, протекающая через резистор, принимает различные значения.

Ориентировочные соображения. Электрический ток – это явление упорядоченного перемещения заряда (упорядоченного движения заряженных частиц) под действием **электрического поля** в **проводнике**. Сила тока – физическая величина, характеризующая скорость прохождения электрического заряда через поперечное сечение подводника.

Формулировка ПЗ. От каких физических величин, характеризующих **электрическое поле** в проводнике и **свойства самого проводника**, зависит сила тока через резистор?

Гипотеза. Сила тока может зависеть от **напряжения** на резисторе (характеристика воздействующего объекта).

Комментарии. Учащиеся, формулируя ПЗ, почти всегда предлагают исследовать зависимость силы тока от **свойств проводника**. Но дело в том, что на момент «открытия» закона Ома мы не знаем никаких физических величин, характеризующих электрические свойства проводника, поэтому на это и следует указать учащимся. А вот когда закон будет открыт и встанет вопрос о том, что же характеризует коэффициент пропорциональности, следует вспомнить об этой гипотезе и предположить, что коэффициент пропорциональности и будет характеризовать свойства проводника. Такая же ситуация возникает каждый раз при «открытии» законов, в которых в качестве коэффициента пропорциональности стоят физические величины, характеризующие пока неизвестные свойства объекта (удельная теплота плавления, парообразования, удельное сопротивление и так далее).

Пример 2.2. Формулирование познавательной задачи для случая «открытия» закона зависимости сопротивления проводника от его длины и площади сечения.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сопротивления различных проводников имеют разные значения.

Ориентировочные знания. Сопротивление проводника характеризует **его** электрические свойства.

Формулировка ПЗ. От каких других физических величин, характеризующих **проводник**, зависит его сопротивление?

Гипотеза. Сопротивление может зависеть от **длины проводника, площади его сечения** (диаметра) (характеристики объекта).

Комментарии. Иногда учащиеся выдвигают предположение, что сопротивление проводника зависит от его **формы**. Хотя единой физической величины, характеризующей форму, нет, но проверить такую гипотезу можно довольно легко (изменить форму гибкого провода). Полученный результат (сопротивление проводника не зависит от его формы) будет являться научным фактом.

Пример 2.3. Формулирование познавательной задачи для случая «открытия» закона Кулона.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сила взаимодействия между различными электрически заряженными телами принимает разные значения.

Ориентировочные знания. Сила взаимодействия характеризует интенсивность **взаимодействия** двух **заряженных тел**.

Формулировка ПЗ. От каких физических величин, характеризующих **заряженные тела** и **условия их взаимодействия**, зависит сила взаимодействия между ними?

Гипотеза. Сила взаимодействия может зависеть от **зарядов тел** (характеристики объектов) и от **расстояния** между ними (условия взаимодействия).

<…>

2.5. Примеры организации деятельности учащихся на уроках по «открытию» закона

Организация усвоения нового вида деятельности всегда происходит поэтапно [4]. На *первом* этапе учащиеся с помощью учителя накапливают материал для обобщений. На *втором* этапе учитель побуждает их найти общий путь решения подобных задач (формулирование гипотез и познавательных задач). На *третьем* этапе дети учатся конкретизировать схему действий для решения других конкретных экспериментальных задач (для «открытия» других законов). Начиная с этого момента, и происходит, собственно, основное усвоение новой деятельности: сначала на этапе формирования действия в материализованной форме (с опорой на схему), затем на внешнеречевом этапе, затем на внутреннеречевом и так далее. На основе систем познавательных задач можно построить весь процесс обучения. (Подробнее – в последующих лекциях.)

Важно, что на первых уроках, нацеленных на деятельность учащихся по «открытию» эмпирического закона, только учитель ориентируется на обобщённую схему деятельности, побуждая учащихся к необходимым шагам. Поскольку последовательность шагов достаточно логична, учащиеся в основном догадываются о последовательности действий. Этому помогают и чётко сформулированные вопросы учителя.

Приведём для примера два сценария урока. В первом описана ситуация, когда деятельность по «открытию» закона учащимся ещё не известна. Во втором шаги схемы конкретизируются уже самими учащимися, перед которыми лежит обобщённая схема деятельности (здесь опущена. – *Ред.*). Учитель только ведёт урок, отмечая этапы и побуждая учащихся двигаться в нужном направлении: каков наш следующий шаг? какую программу эксперимента предлагаете? приступаем к экспериментам, у вас 10 минут... Учитель формулирует лишь исходную ситуацию. Такой ход урока может осуществляться как с опорой на схему, так и без неё, если деятельность учащимися уже усвоена.

Пример 2.4. Сценарий урока «**Исследование зависимости массы тела от его объёма».**

Предыстория урока и методические заметки. К моменту проведения данного урока учащиеся впервые сами «открыли» (с помощью учителя) закон равномерного движения (путь при равномерном движении прямо пропорционален времени движения). Поэтому они уже знакомы с термином «ПЗ», имеют небольшой опыт построения графика по экспериментальным точкам (масштаб определяли всё же с помощью учителя). Также учащиеся обучены давать определение понятиям в соответствии со схемой из лекции 1, то есть имеют навыки формализации эмпирического знания.

За несколько уроков до этого учащиеся познакомились с понятиями «единичное суждение», «частное суждение», «общее суждение» на следующем примере. «Тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с рукой», «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с песком на столе», «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии со столом», – это единичные суждения. Делая вывод, мы можем обобщить суждения, заменив слова «рука», «песок», «стол» более общим понятием «тело»: «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом». Это частное суждение. Имея другие частные суждения: «мяч может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом», «автомобиль может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом», – мы можем составить общее суждение, в котором уже будет достигнута максимальная степень обобщения: «тела могут изменять свою скорость при взаимодействии с другими телами». Учащиеся имели возможность потренироваться в нахождении единичных, частных и общих суждений в тексте учебника.

Несколькими уроками ранее при определении массы учитель обратил внимание учащихся на тот факт, что разные тела имеют разную массу и предложил решить ПЗ «От каких физических величин, характеризующих тело, может зависеть его масса?» Учащиеся предложили две гипотезы: «от объёма» и «от вещества, из которого изготовлено тело». Учитель предложил проверить первую гипотезу. Для этого пришлось «придумать» способ измерения объёма твёрдых тел, который можно было бы использовать и для тел неправильной формы. В качестве мотивационного момента учитель использовал

легенду об Архимеде. На следующем уроке была проведена лабораторная работа по определению объёма твёрдых тел. Однако в качестве цели была поставлена задача проверить гипотезу о зависимости массы тел от объёма. Каждая бригада учащихся получила набор из трёх тел известной массы, причём два тела были из одного вещества. Измерив объём, учащиеся должны были сделать вывод о верности гипотезы, правильно выбрав для сравнения два тела из одного материала.

Я использую на таком уроке как обычную рабочую тетрадь, в которой учащиеся ведут записи в ходе урока, так и тетрадь для лабораторных работ (*лабораторный журнал*). Формулировки исходной ситуации, познавательных задач, гипотез ученики записывают в обычной тетради. А с лабораторным журналом работают при выполнении эксперимента. Во время исследовательского эксперимента ученики пишут только название эксперимента, записывают таблицу, вклеивают график и делают вывод, а затем возвращаются к работе с обычной тетрадью. Это даёт мне возможность оценить экспериментальную работу учащегося на уроке. На данном уроке я оцениваю правильность построения графика (наличие равномерной шкалы, правильное расположение точек) и вывод. В конце учебного года при самостоятельном выполнении работы оцениваются и другие умения, в том числе формулирование цели эксперимента, наличие схемы и прочее.

Образовательная цель: подготовить учащихся, усвоивших знания: ● масса однородных тел из одного вещества прямо пропорциональна их объёму ● плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму (массе тела единичного объёма) ● единица плотности – кг/м^3 или г/см^3.

Цель по развитию учащихся: подготовить учащихся, овладевших видами деятельности: ● выявлять устойчивую связь между массой однородных тел из одного вещества и их объёмом ● создавать понятие о физической величине «плотность» ● получать единицу плотности (т. е. самостоятельно определить её для новой величины).

Оборудование: цилиндры мерные; те же тела, что использовались на предыдущих уроках для взвешивания и определения объёма. Мультимедиа проектор, компьютер, листы миллиметровой бумаги на каждого ученика.

Ход урока

I. Актуализация знаний и действий (5 мин)

Учитель. Значения каких физических величин мы научились определять на предыдущих уроках?

Учащиеся. Мы научились определять значения массы и объёма тела.

Учитель. Дайте определение этих физических величин. С помощью каких приборов можно определить значения этих величин? (*Отвечают.*) Какую познавательную задачу мы поставили перед собой на прошлом уроке? (*Называют общую ПЗ и частную ПЗ*: «*Зависит ли масса тела от его объёма?*») Ответили ли мы на частную ПЗ?

Учащиеся. У меня тела одного объёма имели разную массу... Может быть, надо сравнивать тела из одного вещества? Ведь мы ещё предполагали, что масса тел зависит от вещества, из которого оно сделано. Но у меня были только два тела из одного вещества.

II. Организация деятельности учащихся по получению закона на качественном уровне (5 мин)

Учитель. Я выписала полученные вами значения масс и объёмов тел и сгруппировала их по веществам. Результаты на доске (*приводит таблицу*). Можете ли вы теперь ответить на нашу познавательную задачу?

Учащиеся. Да. Можно сказать, что чем больше объём тела из каждого вещества, тем больше его масса.

Учитель. Верно. Этот вывод и есть ответ на нашу частную познавательную задачу. Обратите внимание, мы можем ответить на эту познавательную задачу, только обобщив единичные результаты измерения двух величин: массы и объёма. Как вы думаете, какую ещё информацию мы можем извлечь из результатов эксперимента? (*Затрудняются с ответом.*)

III. Организация деятельности учащихся по «открытию» закона зависимости массы однородных тел от объёма (20 мин)

Учитель. Какую информацию мы извлекли из результатов эксперимента по равномерному движению? Только тот факт, что чем больше время, тем больше пройденный путь?

Учащиеся. Нет, мы получили зависимость пути от времени... Может быть, нам следует изучить зависимость массы тел от объёма?

Учитель. Давайте сделаем это. Запишем в рабочей тетради: «ПЗ: Каков вид зависимости массы тел от их объёма?» Откроем лабораторный журнал. В нём есть лист миллиметровой бумаги. Запишем только название исследования: «Зависимость массы тел от объёма». Разобьёмся на три варианта: первый ряд – вариант № 1, второй ряд – № 2, а третий – № 3. Тогда каждый может работать с телами из одного вещества, и мы затратим на работу меньше времени. Перепишите нужную таблицу в тетрадь и приступайте к построению графика. Как мы обозначим оси, если нам надо получить зависимость массы от объема (y от x)?

Учащиеся. Массу будем откладывать по вертикальной оси, объём – по горизонтальной.

Учитель. Каждому ряду придётся выбрать свой масштаб. У вас 2 минуты на обсуждение. Напоминаю, масштаб зависит от максимального значения, которое вы должны отметить, а кроме того, он должен быть удобен для откладывания дробных значений. (*Обсуждают, советуются с учителем.*)

Приступаем к отметке точек на графике. (*Учитель проходит по рядам, помогает тем, кто испытывает трудности. Дети работают.*) Какой вывод вы можете сделать?

Учащиеся. Я получил прямую пропорциональность... А у меня не получилось, – точки не совсем лежат на прямой!.. А ты отметил погрешности? (*догадывается кто-то из учеников*).

Учитель. Верно, измеренные значения не точны, надо отложить погрешность с двух сторон от точки (*показывает, дети выполняют*).

Учащийся. У меня с учётом погрешности получилась прямая пропорциональность.

Учитель. Это не вывод, посмотрите, как сформулирована ПЗ.

Учащийся. Масса тел прямо пропорциональна объёму.

Учитель. Ты получил это для всего набора тел?

Учащийся. Нет, только для дерева.

Учитель. Тогда конкретизируй свой вывод: «Для тел из дерева...».

Учащиеся. Для тел из дерева масса прямо пропорциональна объёму... Для тел из стали масса прямо пропорциональна объёму... Для тел из пластмассы масса прямо пропорциональна объёму.

Учитель. Мы сделали частные выводы. Каждый из них обобщает результаты, полученные для тел из одного вещества. Запишите себе в лабораторный журнал ваш частный вывод. В конце урока сдайте эти тетради на проверку. Можно ли сделать ещё более общий вывод?

Учащиеся. Да, для тел из одного вещества масса тел прямо пропорциональна объёму.

Учитель. Верно. Но это не всё. Мы использовали не просто тела из одного вещества. В них не было каких-то неоднородностей: вкраплений других веществ, полостей, пузырьков воздуха и т. д. Такие вещества называют однородными. Добавьте это слово в наш вывод.

Учащиеся. Для однородных тел из одного вещества масса тел прямо пропорциональна объёму.

Учитель. Это общий вывод. На самом деле у нас ещё недостаточно данных для такого общего вывода: мы исследовали только тела из трёх веществ. Этого мало. Но физики не раз проверяли этот вывод. А нам наше учебное время просто не позволяет сделать необходимое для этого вывода количество экспериментов. Итак, мы получили закон. Запишите полученный вывод в рабочей тетради. (*Записывают*: «Масса однородных тел из одного вещества прямо пропорциональна их объёму».)

Учитель. Физический закон можно записать математически: $m \sim V$. (*Записывают.*)

IV. Организация деятельности учащихся по созданию понятия о новой физической величине «плотность» (5 мин)

Вы знаете, что в уравнении прямой пропорциональности есть коэффициент. Запишем наш вывод с использованием коэффициента, обозначим его ρ: $m = \rho V$. (*Записывают.*) Посмотрите, у меня все три зависимости изображены на одном графике. Вы предполагали зависимость от вещества. Какой вывод вы можете сделать, увидев эти графики?

Учащиеся. У этих графиков разный наклон... У этих прямых разный коэффициент пропорциональности... Коэффициент пропорциональности зависит от вещества?

Учитель. Мы можем ввести новую физическую величину – коэффициент пропорциональности. Какое свойство она характеризует?

Учащиеся. Она характеризует плотность тела... Она характеризует свойство тела быть плотным в определённой степени (тело большей или меньшей плотности).

Учитель. Да, назвать свойство сложно. Эту физическую величину так и назовем: *плотность*. Давайте получим формулу для этой величины.

Учащиеся. $\rho = \frac{m}{V}$.

Учитель. Посмотрите на эту формулу. Допустим, у нас есть два тела одного объёма, но первое имеет бóльшую массу, чем второе. Что можно сказать про вещество, из которого изготовлено первое тело?

Учащиеся. Это вещество более плотное.

Учитель. Теперь предположим, что у двух тел одинаковая масса, но объём первого меньше. Что можно сказать о веществе, из которого сделано первое тело?

Учащиеся. Первое тело сделано из более плотного вещества.

Учитель. Верно. Итак, мы установили, что новая физическая величина характеризует свойства вещества, которое мы могли бы назвать тоже «плотность». Но не стоит одним и тем же словом называть физическую величину и свойство, которое она характеризует. Давайте попробуем дать определение новой физической величины.

Учащиеся. Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено тело, и равная отношению массы тела к его объёму.

Учитель. Ещё одно замечание. Мы говорим здесь о плотности только *однородных* тел. Это стоит отметить в определении.

Учащиеся. Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму.

Учитель. Запишите определение. Какова единица плотности?

Учащиеся. Единица массы – килограмм или грамм, объём выражается в м^3, см^3, мм^3. Таким образом, единица плотности может быть, например, кг/см^3.

Учитель. Плотность характеризует вещество, и есть таблицы, в которых приводится плотность разных веществ. Давайте заглянем в такую таблицу. Посмотрите, какие единицы в ней использованы.

Учащиеся. Кг/м^3 и г/см^3.

Учитель. Это общепринятые единицы, хотя можно использовать и другие. Ещё раз обратите внимание на формулу плотности. Если объём тела равен единице, например, 1 м^3, то плотность численно равна массе такого тела. Поэтому можно сказать, что плотность равна массе тела единичного объёма. Запишите определение плотности, не забудьте указать единицы. (*Записывают*: «*Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму, то есть массе тела единичного объёма*».)

Ну а теперь вернёмся к легенде об Архимеде. Одна из версий легенды гласит, что, обнаружив способ измерения объёма тела, Архимед бросился домой (не успев одеться), чтобы измерить объём короны. По дороге он кричал: «Эврика!» («Нашёл!») Измерив объём короны, Архимед обнаружил, что он больше, чем объём слитка. Что это означало?

Учащиеся. Это означало, что корона была сделана не из чистого золота... Я сравнил плотности серебра и золота, приведённые в таблице, и увидел, что плотность серебра гораздо меньше. В случае примеси серебра объём при той же массе должен увеличиться.

V. Организация деятельности учащихся по применению понятия о физической величине «плотность» (7–8 мин)

Учитель. Давайте попробуем решить задачу: семиклассник выпил стакан (200 мл) воды. На сколько изменилась его масса? (*Решают, выполняют, обсуждают. Делают вывод, что надо поработать с переводом единиц, решают несколько упражнений на перевод единиц.*)

VI. Завершающий этап (2–3 мин)

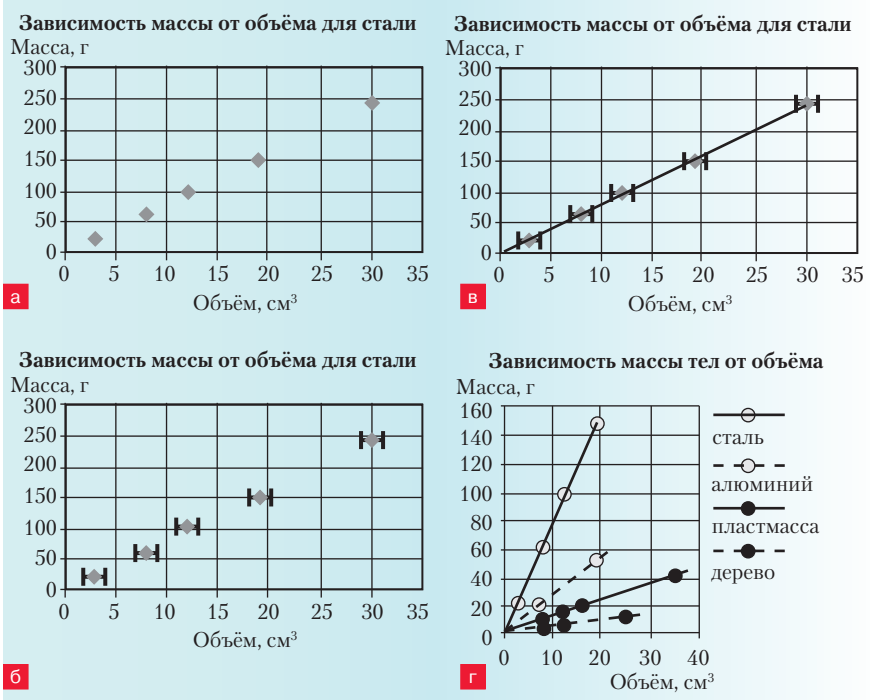
Учитель. Итак, перечислите основные результаты нашего урока.

Учащиеся. Мы ответили на познавательную задачу... Мы открыли закон... Мы ввели новую физическую величину...

Учитель. Чтобы закрепить полученные знания, изучите параграфы... учебника. И ещё одно творческое задание. На упаковке многих продуктов пишется не только масса нетто, но и объём: например, на упаковке сливочного масла, творога, мороженого. Найдите плотность таких продуктов. Оформите выполненное задание на отдельном листочке, можно зарисовать продукт, наклеить часть упаковки, где приводятся необходимые значения величин.

Замечания и комментарии

1. Очень помогает на таком уроке подготовленный заранее файл электронных таблиц с данными, которые переписывают учащиеся, и тремя видами графиков, которые предъявляются им последовательно. Когда большинство учащихся поставили на своих графиках точки, учитель демонстрирует график *а*. Дети сверяют расположение точек и в случае ошибки тут же перепроверяют координаты точек. Возможность видеть конечный результат придаёт уверенности. В ходе обсуждения принимается решение об учёте погрешностей. Учитель объясняет, как отметить погрешность результата на графике и через некоторое время демонстрирует график *б*. После обсуждения вида зависимости учитель демонстрирует график *в*, обращая внимание учащихся на правила проведения прямой интерполяции на графике. Перед формулированием общего выводы демонстрируется график *г*.



Сетевые онлайн-уроки с использованием цифровых лабораторий для учащихся с ограниченными возможностями здоровья

Рассказывается об опыте участия в инновационном проекте «Дистанционное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья». Приведен сценарий сетевого урока «Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля», 7 кл.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дистанционное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья, сетевой урок

В.А. СОЛОВЬЁВА
uchitelka_01@mail.ru,
МОУ БСОШ № 15, п. Быково,
Раменский р-н, Московская обл.

Мы все разные, но права у нас равны.
И право на образование тоже!*

Наша школа, единственная в Раменском районе, участвует (с 2011 г.) в инновационном проекте «Дистанционное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья». Для проведения сетевых онлайн-уроков оборудован специальный кабинет – интернет-центр, где находится всё необходимое оборудование: ● ноутбук с выходом в интернет ● микрофон ● наушники ● *Web*-камера ● принтер ● сканер ● колонки ● графический планшет ● фотоаппарат. На каждый компьютер поставлено специальное программное обеспечение для проведения дистанционных уроков. Для проведения сетевых уроков в режиме он-лайн выбрана программа **Skype**.

*Из Конвенции о правах инвалидов http://www.un.org/ru/rights/disabilities/about_ability/inbrief.shtml

Комплект оборудования для дистанционного обучения бесплатно предоставляется каждому участнику проекта. Он включает в себя: ● настольный персональный компьютер *Macmini* ● монитор ● клавиатура (+ мышь) ● наушники (+ колонки) ● микрофон ● *Web*-камеру ● принтер ● сканер ● цифровой фотоаппарат ● графический планшет ● цифровой микроскоп ● специализированное программное обеспечение.

На уроках физики используются: ● графический планшет ● цифровая лаборатория (ЦЛ) «Архимед» (включая программное обеспечение **MultiLab**, регистратор данных, набор датчиков) ● интегрированный программный комплекс **Живая Физика** для средней и старшей ступени обучения.

Перечисленное оборудование позволяет проводить уроки онлайн по всем предметам со всеми участниками проекта. Их число с каждым годом увеличивается (с 10 в 2011 г. до 16 в 2013). У меня в 2011/2012 уч. г. было 6 учеников, а в этом – 14. В прошлом году уже состоялся первый выпускник.

Каждый учитель, участвующий в проекте, прошёл профессиональную подготовку (окончил 144-часовые курсы «Организация дистанционно-

Интернет-центр в школе

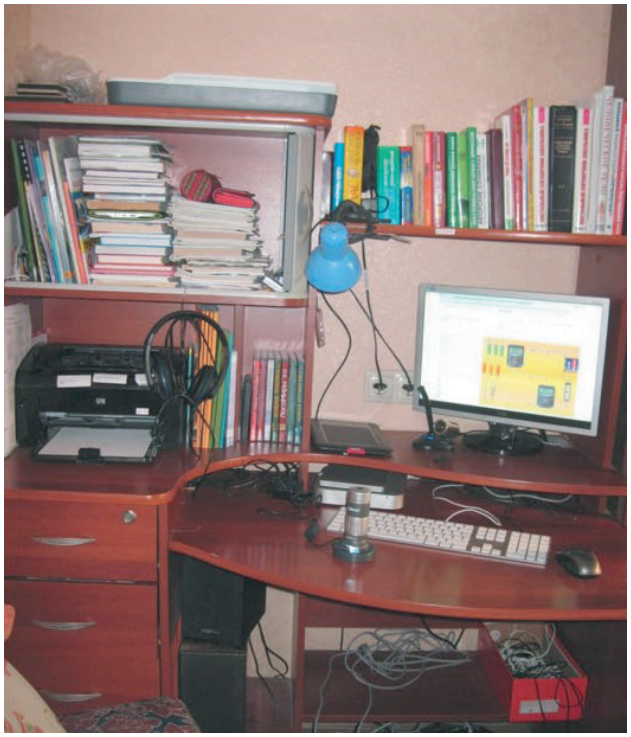
Рабочее место учащегося в классе

го образования детей-инвалидов») в Федеральном институте развития образования (ФИРО).

Сетевые уроки по физике в режиме онлайн проводятся с учащимися от 7-го до 11-го классов. Методический комплекс по физике включает в себя: ● базовый УМК в соответствии с учебным планом школы и класса ● дидактический материал к уроку, разработанный учителем ● учебное оборудование, поставляемое каждому ученику. Всего по программе 34 ч в год (1 ч в неделю) [1].

Проводятся уроки различного типа: урок изучение нового материала; практикум по решению задач; лабораторная работа; контроль знаний по теме. Сетевой урок схож с традиционным уроком, но дополнен технической составляющей, от которой много зависит. Любой урок состоит из следующих этапов: ● организационный (включение компьютера, выход в интернет, соединение по скайпу) ● проверка домашнего задания (если оно было задано) ● изучение нового материала по теме (решение тематических задач, контроль знаний, лабораторная работа) ● закрепление материала ● домашнее задание ● итог урока (с выставлением оценки) [2].

На каждом уроке необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого ребёнка. Ведь это не обычные ученики, поэтому урок составляется так, чтобы он был универсальным, например, количество заданий и уровень сложности – для каждого ученика был свой. Если ребёнок не имеет возможности передвигаться, писать в тетради и печатать формулы на компьютере, то используется графический планшет. Планшет подключается к ПК. Есть специальное Приложение, которое позволяет представить планшет в виде тетрадного листа. Ученик пишет на нём, как в обычной тетрадке, но графическим пером, напоминающим обычную ручку. Учитель на своём ПК видит всё, что пишет ученик на графическом планшете, и может делать поправки во время урока.



Рабочее место учащегося дома

ЦЛ «Архимед» включает в себя: ● программное обеспечение ● набор датчиков для проведения экспериментов ● справочное пособие и лабораторный практикум. На разных ступенях обучения количество датчиков разное: на первой ступени это датчики температуры, дыхания и сердечных сокращений; на второй – дополнительно датчики освещённости, влажности, расстояния и давления; на третьей – ещё и датчик кислотности. Датчики используются на уроках разного типа в разных классах. Помимо датчиков требуется дополнительное оборудование, но это предметы либо из домашнего обихода, либо легко изготавливаемые своими руками.

Например: в 7-м классе на уроке изучения нового материала на тему «Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля» используется датчик давления; в 8-м классе при проведении лабораторной работы «Сравнение количеств теплоты при смешивании воды разной температуры» – датчик температуры и самодельный калориметр; в 9-м классе при проведении лабораторной работы «Измерение ускорения свободного падения» – датчик расстояния; в 10-м классе на уроке решения задач на тему «Уравнение состояния идеального газа» используются датчики температуры и давления, а при проведении лабораторной работы «Проверка закона Бойля–Мариотта» – датчик давления.

Ниже представлен план-конспект сетевого урока в режиме онлайн и дидактический материал для ученика. При подготовке к уроку я использовала интернет-ресурсы [3, 4]. По САНПинам продолжительность урока в 7-м классе 45 мин (20 мин в скайпе, остальное – самостоятельно).

ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТЯМИ И ГАЗАМИ. ЗАКОН ПАСКАЛЯ. 7-й класс

Цель урока: рассмотреть передачу давления жидкостями и газами, сформулировать закон Паскаля и экспериментально проверить его справедливость с помощью цифрового оборудования.

Задачи урока: ● обучающая – формировать умение теоретически обосновывать явления, происходящие в жидкостях и газах; на основе опыта раскрыть физическое содержание закона Паскаля ● развивающая – установить причинно-следственные связи: подвижность частиц жидкости и газа → удары частиц друг о друга и о стенки сосуда → передача давления жидкостью ● воспитательная – в целях развития научного мировоззрения учащихся показать роль физического эксперимента в физике.

Тип урока: урок изучения нового материала.

Оборудование: компьютер с выходом в Интернет, *Web*-камера, микрофон, наушники; программы **Skype**, **текстовый редактор**, **MultiLab**; ЦЛ «Архимед 4.0» (датчик давления).

Перед занятием учащийся получает текст электронного урока, разработанного учителем (см. электронное приложение). На уроке ученик должен иметь учебник, тетрадь, ручку, карандаш, линейку, калькулятор, пустую пластмассовую бутылку с отверстиями в дне.

Ход урока*

I. Организационный этап (5 мин – проверка связи, подключение к интернету, выход в скайп)

Учитель. Здравствуй! Как твоё самочувствие?

Ученица. Здравствуйте. Всё хорошо.

Учитель. Проверь, всё ли необходимое у тебя есть.

Ученица. Да, я всё подготовила.

Учитель. Тогда давай начнём наш урок.

II. Целеполагание и мотивация (1 мин)

Учитель. Сегодня на уроке мы будем изучать один из важнейших законов природы, закон Паскаля. Цель нашего урока: изучить закон, а также научиться объяснять ряд физических явлений с помощью закона Паскаля, увидеть применение закона на практике. Но прежде повторим материал, необходимый для изучения этой темы.

III. Актуализация знаний (5 мин)

(Тестирование по теме «Давление газа».

1. При неизменной массе и температуре с уменьшением объёма газа его давление:

а) не изменяется; *б*) увеличивается;

в) уменьшается.

2. Как изменится давление газа, если его нагреть при постоянном объёме?

а) не изменится; *б*) станет больше;

в) станет меньше.

3. Резиновый мяч, сжав руками, деформировали. Изменились ли при этом (напиши **да** или **нет**):

а) масса? _____; *б*) вес? _____;

в) объём? _____; *г*) плотность? _____;

д) давление воздуха в нём? _____;

4. Газ, находящийся в сосуде, оказывает на левую стенку давление, равное 300 Па. Какое давление производит газ на нижнюю, верхнюю и правую стенки сосуда?

а) на нижнюю 400 Па, на верхнюю 300 Па, на правую 200 Па;

б) на нижнюю 300 Па, на верхнюю 100 Па, на правую 400 Па;

в) одинаковое по всем направлениям.

5. Главной причиной давления газа на стенки сосуда является:

а) удары молекул газа о стенки сосуда;

б) малое взаимное притяжение молекул газов;

в) очень малые размеры молекул газов.)

IV. Изучение нового материала (10 мин)

Учитель. В твёрдых телах в результате малой подвижности частиц давление передаётся только в направлении действия силы. Рассмотрим явление передачи давления жидкостями и газами. Открой ссылку на интернет-ресурс http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669b524c-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/4_4.swf (*Ученица выполняет.*) Найди и прочитай формулировку закона Паскаля. (*Ученица выполняет.*) Давай запишем формулировку закона Паскаля в тетрадь: «Давление, производимое на жидкость или газ, передаётся в любую точку жидкости или газа одинаково по всем направлениям». (*Ученица выполняет.*) Это утверждение объясняется подвижностью частиц жидкостей и газов во всех направлениях. Теперь выключи экран, чтобы глазки отдохнули, а звук оставь, я тебе немного расскажу о Паскале, о его жизни. (*Ученица выполняет, внимательно слушает.*)

Блез Паскаль – французский математик и физик, один из величайших умов XVII столетия. Отец Паскаля, знаток математики и астрономии, занимался его образованием. Чудо-ребёнок с 12 лет начал заниматься наукой. Отец стал брать его на заседание научного кружка. Интеллект мальчика быстро развивался и вскоре он на равных обсуждал научные проблемы с крупными учёными своего времени. В 16 лет юноша написал труд «Опыт о конических сечениях». Он открыл и исследовал ряд важных свойств жидкостей и газов, интересными опытами доказал существование атмосферного давления. Его именем названы единица давления и популярный язык программирования. Открытие, сделанное Блезом Паскалем 300 лет назад, мы и изучаем сейчас.

V. Проверка справедливости закона Паскаля с использованием комплекта цифрового оборудования (10 мин)

Учитель. Можешь включить монитор, продолжим. (*Ученица выполняет.*) А теперь я предлагаю тебе, используя цифровое оборудование, на опыте убедиться в справедливости закона Паскаля. Ты подготовила дополнительное оборудование?

*Урок сокращённый из-за большого объёма информации и практической части – работы с датчиками.

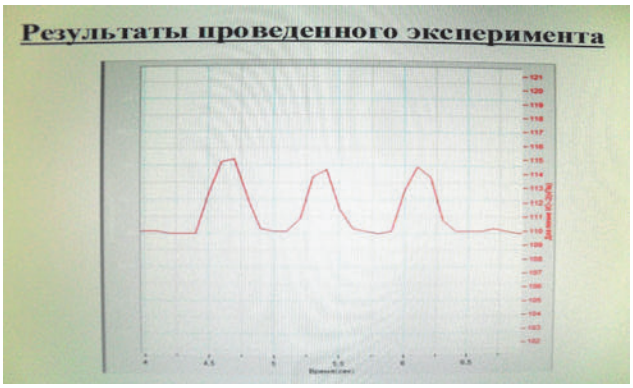
Ученица. Да.

Учитель. Что нам потребуется для проверки закона Паскаля?

Ученица. Датчик давления и пустая пластмассовая бутылка.

Учитель. Хорошо. Тогда перейдём непосредственно к проведению опыта. Подключи датчик давления к регистратору данных и загрузи программу **MultiLab**. (*Ученица выполняет*.) Готово. Теперь, используя это оборудование, проверим справедливость закона Паскаля. Давай ещё раз повторим, как формулируется закон Паскаля. (*Ученица читает закон Паскаля*.) Правильно. Значит, если подносить датчик давления к разным отверстиям в бутылке, то мы должны убедиться, что эти показания примерно одинаковы. Согласна? (*Да*.)

Убедимся в этом. Тебе нужно равномерно дуть в бутылку, и в это время подносить датчик давления к каждому отверстию последовательно. Делать это надо достаточно быстро, чтобы успеть на одном выдохе измерить давление на всех трёх отверстиях. Готова? (*Да*.) Начинай эксперимент и снимай показания датчика. (*Ученица выполняет*.)



Если ты закончила, то будем анализировать полученные данные. Посмотри внимательно на график. Что ты видишь?

Ученица. На графике видны всплески давления.

Учитель. Почему эти всплески появились, как ты думаешь?

Ученица. Это избыточное давление, которое возникло в результате внешнего воздействия на воздух в бутылке.

Учитель. Правильно. Давай теперь посмотрим, одинаково ли это избыточное давление на трёх отверстиях или нет?

Ученица. Примерно одинаково.

Учитель. Почему давление на эти отверстия одинаково?

Ученица. Потому что для газов справедлив закон Паскаля.

Учитель. Верно, согласно этому закону давление передаётся во все стороны одинаково, что мы и наблюдали на опыте. Можешь закрыть программу и отключить датчик. (*Ученица выполняет*.)

Дистанционное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья – способ получения образования теми учащимися, которые по причине особенностей своего здоровья не могут посещать школу. Для некоторых детей – это единственный способ получения школьного образования, а в последствие и профессионального образования.

Благодаря созданным условиям учащиеся обучаются по всем предметам, в том числе и по физике.

VI. Рефлексия (3 мин)

Учитель. Наш урок подходит к концу. Давай проанализируем его. Что тебе понравилось на уроке?

Ученица. Понравилось проводить опыт.

Учитель. Что нового ты узнала?

Ученица. Познакомилась с законом Паскаля и убедилась в его справедливости.

Учитель. Хорошо. Тогда записываем домашнее задание: Учебник А.В. Пёрышкина «Физика-7», § 36 (выучить закон Паскаля); упр. 14 (2, 4). Надеюсь тебе понравился урок, до встречи!

Ученица. До свидания!

Литература

1. Вандорф-Сысоева М.Е., Хапаева С.С., Шаверина Д.А. Инновационный опыт дистанционного обучения детей с ограниченными возможностями здоровья». М.: Изд-во ЕАОИ, 2012.
2. Баранников К.А., Гоглова М.Н., Кирсанова В.Г., Усова С.Н. Сборник методических материалов по организации системы дистанционного образования детей-инвалидов: нормативное производственно-практическое издание. М.: Педагогическая академия, 2010.
3. Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля. Теория. http://class-fizika.narod.ru/7_paskal.htm
4. Юдина Н.А. Видеоурок «Закон Паскаля». http://class-fizika.narod.ru/7_paskal.htm

Вероника Алексеевна Соловьёва – учитель физики, окончила с отличием МГОУ в 2009 г., педагогический стаж 4 года. После института сразу пришла в родную школу, которую закончила в 2004 г. с медалью. Активно участвует по всех мероприятиях по дистанционному обучению (семинары, региональные ассамблеи, региональные круглые столы). Педагогическое кредо: всегда идти вперёд и никогда не сдаваться!!! С любимым мужем воспитывает сына (ему уже 3 года!).

Демонстрации с применением ИКТ

Описаны четыре демонстрационных эксперимента, позволяющих оптимизировать учебный процесс, насытить урок самостоятельными действиями учащихся, совместить демонстрационный эксперимент с компьютерной обработкой результатов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: школьный демонстрационный эксперимент, ИКТ в преподавании физики, оптимизация учебного процесса

С.В.КОНОВАЛИХИН
ksv22@bk.ru, МОУ СОШ № 75,
МО Черноголовка,
Московская обл.

Сокращение количества часов, выделяемых на изучение физики, требует от учителей поиска новых подходов к проведению каждого урока, заставляет делать уроки более интенсивными. Частично выполнить эту задачу позволяет применение информационно-коммуникативных технологий (ИКТ): урок становится более динамичным и привлекательным для учеников. С другой стороны, усиление интенсивности урока может сделать физику ещё непонятнее для учащихся с низкой мотивацией к обучению. Задача учителя – *самостоятельно* найти баланс, чтобы не превратить физику из «трудной науки» в самый ненавистный школьный предмет.

Необходимо отметить, что однобокое применение ИКТ, замена демонстрационного эксперимента на виртуальный превращает урок в показ «мультиков», увеличивает отрыв изучаемого предмета от наблюдаемых природных явлений. На своих уроках я стараюсь найти баланс между компьютерным и демонстрационным экспериментом, показать ученикам, что физика – наука экспериментальная, а компьютер является только инструментом, облегчающим анализ физических явлений [1–3].

Привожу четыре разработанных мною демонстрационных эксперимента, которые достаточно успешно применяю в учебном процессе. Приведённые ниже демонстрации позволяют оптимизировать учебный процесс, насытить урок самостоятельными действиями учащихся, совместить демонстрационный эксперимент с компьютерной обработкой результатов эксперимента. В ходе таких уроков я показываю ученикам, что физика – экспериментальная наука, что бóльшую часть информации об окружающих нас веществах и происходящих вокруг физических процессах мы получаем благодаря эксперименту. Эти эксперименты позволяют также продемонстрировать взаимосвязь между физикой и химией. При хорошем взаимодействии учителей этих школьных предметов возможно использование материалов, полученных в ходе физических экспериментов, и на уроках химии.

Первая демонстрация: наблюдение явления анизотропии в процессе роста кристаллов тиосульфата натрия ($Na_2S_2O_3$, закрепитель фотоплёнок, обладающий высокой растворимостью в воде [4]).

Тема урока: «Строение твёрдых тел», 10-й класс.

Оборудование: цифровой микроскоп любой марки, персональный компьютер (ПК) учителя, мультимедийный проектор, раствор тиосульфата натрия, чашка Петри.

Цель демонстрации: наглядно показать ученикам, что такое анизотропия кристаллов.

Ранее я обнаружил, что понятие анизотропии плохо усваивается учениками. Причин этому несколько. Одна из них – отсутствие у современных школьников навыков абстрактного мышления. Понять текст учебников [5, 6] в которых говорится о том, что монокристаллы анизотропны, а металлы, представляющие собой совокупность большого количества монокристаллов, – изотропны, учащиеся часто просто не могут. Простейший способ объяснить явление – дать возможность ученикам «увидеть» его.

Ранее я предлагал для ознакомления со свойством анизотропии кристаллов проводить лабораторную работу «Наблюдение за ростом кристаллов NaCl» продолжительностью 35–40 мин [7]. Сейчас проводить эту работу в обычной общеобразовательной школе – непозволительная роскошь. Однако применение новых технологий позволяет сохранить её в учебном процессе, но в изменённом формате, а именно преобразовать лабораторную работу в пятиминутную демонстрацию с измерением и расчётами, проводимыми учениками. Ниже приведены основные этапы демонстрации.

После проверки домашнего задания, начинается диалог с учениками, в ходе которого с помощью качественных задач [8] выясняется степень усвоения темы «Строение твёрдых тел». Когда подходит время к выяснению понятия анизотропии, я предлагаю ученикам увидеть это явление.

1-й этап. Наливаю в чашку Петри немного раствора тиосульфата натрия, так чтобы он покрыл дно тон-

ким слоем. В раствор бросаю несколько кристаллов, которые послужат затравками для процесса кристаллизации. Навожу окуляр цифрового микроскопа на наиболее большие, заметные кристаллы и транслирую тут же изображение на большой экран с помощью МП «в прямом эфире». Наиболее сложный момент демонстрации – поиск подходящих кристаллов. Но после двух-трёх попыток это действие занимает секунды. Ученики, видя изображение на экране, обычно помогают выбрать «самый красивый кристалл». Это позволяет втянуть в работу всех учеников и не терять контроль за классом в целом. Вращая чашку Петри, настраиваю картинку так, чтобы длинная и короткая оси кристалла располагались вдоль осей измерительной сетки микроскопа и фотографирую картину (рис. 1, *а*). Ученикам сообщаю масштаб сетки микроскопа (одно деление соответствует 0,1 мм, избранный для измерений кристалл выделен контуром).

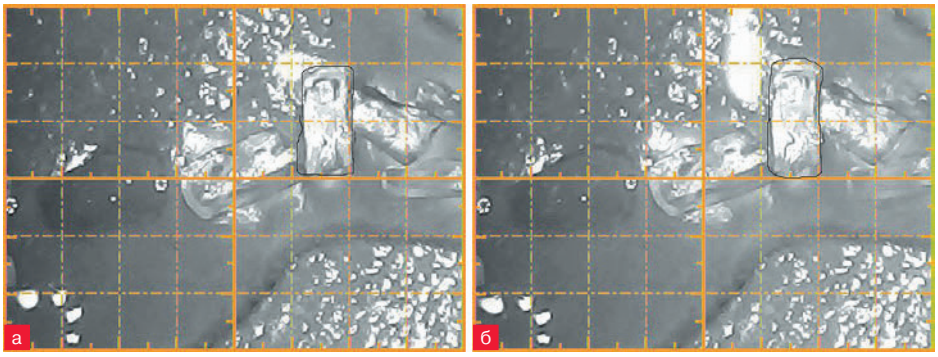


Рис. 1. Кристаллы в начале эксперимента (*а*) и через 120 с (*б*)

2-й этап. Определяем размеры кристалла. Чаще всего я вызываю к экрану ученика, который с помощью линейки измеряет горизонтальный и вертикальный размеры. Полученные результаты записываем на доске, пересчитываем. Пересчёт данных – важный момент учебного процесса. Умение пересчитать размер физического тела «из обезьян в слонёнков» – достаточно сложная задача для многих учеников. Результатом всех математических приключений является появление на доске записи об исходных размерах кристалла. Здесь необходимо отметить, что во время своих уроков я использую одновременно и экран (мультимедийную доску), и обычную классную доску. Последнее позволяет более вариативно проводить уроки.

3-й этап. Кристаллы тиосульфата натрия растут очень быстро, поэтому уже через 2–3 минуты размеры существенно изменяются. На рис. 1, *б* показаны размеры того же кристалла спустя 120 с. Сопоставление размеров показывает, что скорость роста кристалла вдоль вертикального направления составляет 0,21 мкм/с, а вдоль горизонтального – 0,06 мкм/с. Делаем вывод: скорость кристаллов различна в продольном и поперечном направлении.

Спрашиваю: «Как называется это свойство кристаллических тел?» Ответ: «Анизотропия».

Результат. Сопоставление результатов проверочных работ показывает, что даже в классах с самой низкой мотивацией к обучению, явление анизотропии уверенно описывают более 80% учащихся.

Вторая демонстрация: выявление существенного признака отличия аморфного твёрдого тела от кристаллического.

Тема урока: «Строение твёрдых тел», 10-й класс.

Оборудование: компьютерный измерительный блок L-микро, термодатчик L-микро, стеариновая свеча, ПК учителя.

Цель демонстрации: показать, как простейший физический эксперимент позволяет отличить аморфное тела от кристаллического.

К сожалению, в школьных учебниках о строении аморфных веществ говорится очень мало (например: «В природе аморфные тела встречаются редко» [6]). Если методам получения и исследования кристаллов и их дефектов уделено 10 страниц, то описанию аморфных тел – 10 строчек. У моих учеников, работающих с учебником [6], складывается впечатление, что аморфные вещества очень редко встречаются в природе и не используются в технике. В учебнике [5] аморфным телам уделено около одной страницы. Но учащиеся, особенно жители городов, сталкиваются с неизвестными им терминами, например, «вар» и т. п. Упоминание об «оседлом времени жизни» длительностью 0,1 с для аморфных тел предполагает перетекание вещества из одной области в другую. Но почему этого не происходит под действием силы тяжести в аморфных оконных стёклах? В упомянутых учебниках не говорится, какое огромное количество аморфных веществ используется нами в быту и технике.

Для повышения интереса ставлю перед учениками проблему: что получится, если «смешать» (сплавить) два кристаллических вещества? а если аморфное и кристаллическое? Я сознательно подвожу учеников к *неправильному* выводу. Это провокация, целью которой является убеждение в том, что единственным критерием правильности какого-либо утверждения является эксперимент. Мои вопросы типа: какое строение имеет сплав двух металлов, например, меди и цинка (латунь)? никеля и хрома (нихром)? – подводят учеников к выводу, что сплав кристаллических веществ является также кристаллическим веществом, что подтверждается строго определённой температурой плавления.

Задаю следующий вопрос: какие вещества являются продуктами соединения металла Na и газа Cl? Ответ однозначен: кристаллы NaCl, имеющие форму куба и температуру плавления 800 °C [9]. Учащиеся опять приходят к *неправильному* выводу: продукт соединения кристалла и аморфного вещества должен быть кристаллом.

В этот момент начинаю эксперимент: снимаю термограмму стеариновой свечи. Это вещество знакомо всем ученикам. Но большинство не знает, что оно собой представляет, просто никогда не задумывались. Сообщаю, что стеариновая свеча изготавливается из смеси парафина и стеариновой кислоты в пропорции 80 : 20 [8]. В литературе отсутствуют данные о том, к какому виду твёрдых тел относится стеариновая свеча. Показываю слайд с данными:

> **Стеариновая кислота** $CH_3(CH_2)_{16}COOH$, одноосновная карбоновая кислота алифатического ряда. Белые *кристаллы*, с температурой плавления ≈72 °C нерастворимы в воде. Стеариновая кислота была открыта в свином сале в 1816 г. французским химиком Шеврелем [4].
>
> **Парафин** – смесь предельных углеводородов от $C_{18}H_{38}$ до $C_{35}H_{72}$. В твёрдом состоянии образуют бесцветные кристаллы с температурой плавления 45–65 °C. Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения. Название происходит от латинского *parum* – *мало* и *athnis* – *сродный* из-за его низкой восприимчивости к большинству реагентов. Получают главным образом из нефти [4].

Экспериментальная установка заранее собрана на столе (рис. 2, *а*). Если есть время, прошу двух учеников измерить массу исследуемого объекта. Затем по авторской методике [11] снимаем термограмму. Проведение термодинамических экспериментов обычно требует много времени, в данном же случае – это 10–12 мин. Пока длится эксперимент, решаем качественные задачи [6]. Эффективность их решения существенно возрастает, если условия высвечивать на экране, а в паузах между задачами показывать строящуюся термограмму [12]. Постоянно динамичную картинку термограммы показывать не стоит, чтобы не отвлекать учащихся.

Процесс превращения твёрдого тела в жидкость длится 6–8 мин. Обычно я прошу двух учеников следить за процессом и сообщить мне, когда исследуемое вещество перейдёт в жидкое состояние. После этого

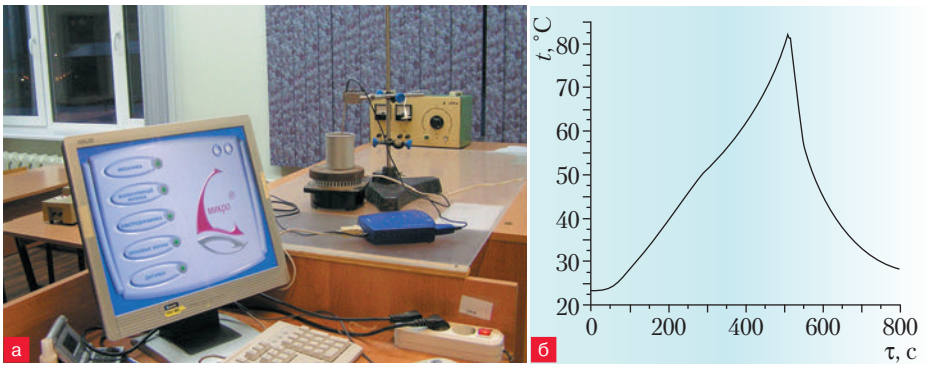


Рис. 2. Установка (*а*) и термограмма (*б*)

начинаем охлаждение. Оно занимает 3 мин, если калориметр оперативно поместить в сосуд даже с небольшим количеством воды комнатной температуры. В конце эксперимента на экран выводится полученная термограмма (рис. 2, *б*). Вывод очевиден: стеариновая свеча является аморфным телом.

Полученные экспериментальные данные показывают, что сплав или механическая смесь разных веществ является новым веществом, свойства которого предсказать невозможно. Единственный способ определить свойства нового вещества – это *эксперимент*.

Третья демонстрация: доказательство электропроводности раствора соли и теплового действия тока.

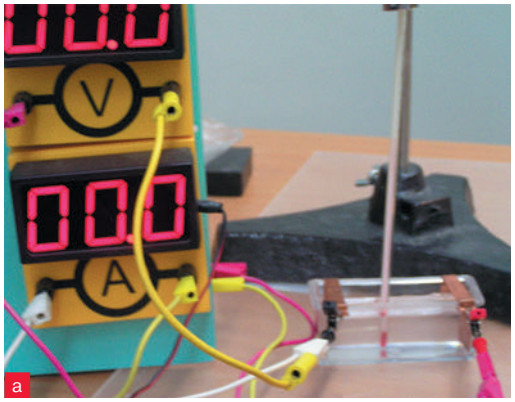
Тема урока: «Электрический ток в растворах (электролитах)», 10-й класс.

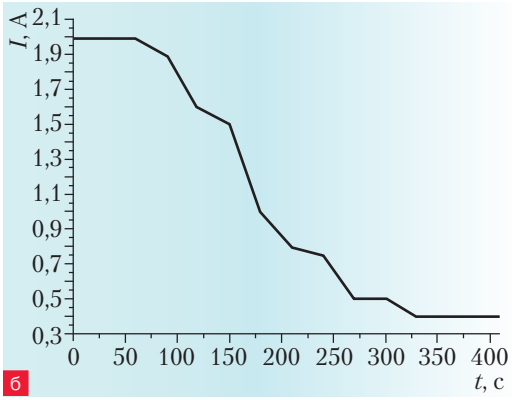
Цель демонстрации: выяснить, проводят ли электрический ток растворы, выполняются ли при прохождении тока через раствор законы Ома и Джоуля–Ленца.

Оборудование: выпрямитель ВС-24М (подбираем начальный ток ~2 А), вода, поваренная соль (желательно нейодированная), цифровые вольтметр и амперметр из комплекта *L*-микро, кювета и электроды (лучше использовать одинаковые медные), жидкостный термометр, секундомер, ПК.

Два заранее подготовленных ученика готовят раствор (10 мг соли в 100 мл воды), остальные чертят в рабочих тетрадях таблицу для записи результатов. После полного растворения соли (жидкость в химстакане становится прозрачной) раствор переливаем в кювету (рис. 3, *а*).

Ученики, сидящие на ближайшей к установке парте, получают задание следить за температурой раствора и записывают в своих тетрадях температуру в начале и в конце эксперимента. После включения выпрямителя все учащиеся записывают показания амперметра и вольтметра через каждые 30 с (это не позволяет бездельничать никому). Двое учеников, готовившие раствор, заносят экспериментальные данные в заранее подготовленную таблицу **Excel** на ПК учителя. По окончании эксперимента (обычно это 4–5 мин) ученики, следившие за температурой, запи-





t, с	I, А	U, В	R, Ом
0			
30			
60			
90			
120			
150			
180			
210			
240			
270			
300			

в

Рис. 3. Установка (*а*), график зависимости силы тока от времени (*б*) и таблица для записи данных в рабочую тетрадь ученика (*в*)

сывают значения начальной и конечной температур на доске (температура повышается на 18–20 °С)*.

После выключения тока учащиеся строят график зависимости силы тока от времени, сравнивают свой график с построенным в программе **ORIGIN** (выводится на экран, рис. 3, *б*) и делают выводы:

1. Электрический ток в растворах протекать может. Используя знания по химии, уточняем, что носителями электрического заряда являются ионы.
2. Закон Ома для участка цепи в растворах в данном случае не выполняется. Причина – уменьшение количества ионов в растворе, то есть количества свободных зарядов, а также изменение температуры раствора.
3. Увеличение температуры раствора говорит о тепловом действии тока. Но по виду полученных зависимостей силы тока от времени сделать заключение о справедливости закона Джоуля–Ленца нельзя. Требуются дополнительные эксперименты**.

Проходя по кабинету, я легко определяю, кто работал во время эксперимента, а кто надеялся «на халяву». В ходе эксперимента обращаю внимание учеников на изменение цвета раствора и появление неприятного запаха. Это связано с происходящими электрохимическими реакциями с образованием новых химических соединений. Более подробно вид продуктов, образовавшихся в ходе реакции, анализируется на уроках химии [11], что позволяет продемонстрировать взаимосвязь физики и химии.

В качестве домашнего задания ученики должны построить график зависимости сопротивления раствора от времени и объяснить его.

Четвёртая демонстрация: термодинамика растворения кристаллов тиосульфата натрия, поваренной соли и сахара.

Тема урока: «Второй закон термодинамики», 10-й класс.

Оборудование: химстакан, термодатчик L-микро, измерительный блок, ПК, медиапроектор.

В стакан с водой опускаю термодатчик. На экране демонстрирую, что температуры воды и воздуха в классе равны. Спрашиваю: как называется такое состояние? Затем в стакан высыпаю тиосульфат натрия (~40 г), размешиваю (лучше прямо термодатчиком). Через 1–2 с датчик фиксирует понижение температуры (рис. 4, *а*). На глазах у учеников происходит «чудо»: вещество само себя охлаждает. В конце процесса температура раствора падает настолько, что это можно ощутить рукой. Обычно я предлагаю нескольким ученикам прикоснуться к стакану с раствором, чтобы они подтвердили, что преподаватель и

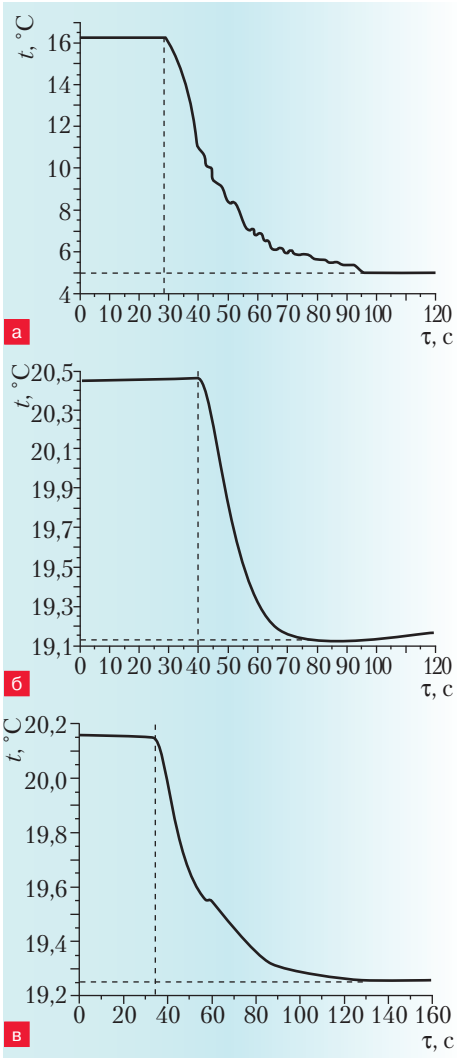


Рис. 4. Понижение температуры воды по мере растворения в ней тиосульфата натрия (*а*), поваренной соли (*б*) и сахара (*в*). Вертикальным пунктиром отмечен момент начала растворения твёрдого вещества, горизонтальным – конечная температура раствора. (Все графики построены с помощью программы ORIGIN-7.)

*Обращаю внимание коллег, что использовать термодатчик комплекса L-микро в этом эксперименте нельзя из-за большой силы тока в растворе.

**Эксперимент можно повторить на элективном курсе и, тщательно проанализировав график, показать, что закон Джоуля–Ленца выполняется только при постоянном количестве носителей заряда.

термодатчик их не обманывают. Если влажность в кабинете более 70%, то на внешней поверхности стакана появляются капельки воды, что является ещё одним признаком понижения температуры. (Этот экспериментальный результат фотографирую и использую в дальнейшем при изучении темы «Влажность».)

Затем провожу аналогичные эксперименты с растворением 40 г поваренной соли (рис. 4, *б*) и сахара (рис. 4, *в*). Все эксперименты занимают не более 7 мин, а во время их проведения ученики заняты решением качественных и проблемных физических задач. Например: не противоречит ли охлаждение раствора закону сохранения энергии? выполняются ли в этом эксперименте первый закон термодинамики? В итоге мы находим ответ: тепловая энергия растворителя тратится на разрушение связей между атомами или молекулами в кристаллах. В результате понижается температура раствора.

Но почему у трёх исследованных веществ падение температуры при растворении так сильно различается: ~11 °С для тиосульфата натрия, 1,3 °С для поваренной соли и ~0.9 °С у сахара? Ответить на этот вопрос можно, вспомнив о силе различных химических связей: атомы и молекулы в кристаллах могут быть связаны слабыми межмолекулярными (вандерваальсовыми) связями, более сильными ионными и очень сильными ковалентными связями [13–15]. О силе связей можно судить по прочности кристаллов. Ковалентные связи реализованы в самых прочных веществах, например, в алмазе и нитриде бора, ионные связи – в кристаллах поваренной соли и льда, вандерваальсовы – в молекулярных кристаллах. О слабости вандерваальсовых сил говорит лёгкость, с которой отделяются друг от друга слои графита.

Далее предлагаю на основании данных об изменении температуры попробовать определить, какой вид межмолекулярных или межатомных связей разрушается в каждом эксперименте. Правильный ответ: в тиосульфате натрия – ковалентные и ионные, в кристаллах сахара – вандерваальсовы, в кристаллах поваренной соли – ионные. Очевидно, что правильный ответ ученики дать не смогут, поэтому им необходимо помочь наводящими вопросами или подсказками.

Литература

1. Коновалихин С.В. Использование компьютера и мультимедийного проектора на уроках физики и астрономии // Практический журнал для администрации и учителя школы. 2007. № 7. С. 18–26.
2. Коновалихин С.В. Можно ли превратить домашний ПК ученика в союзника учителя? / В сб. «Всероссийская конференция “ИКТ технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики”». Коломна, 2008, С. 39–41.
3. Коновалихин С.В. Компьютерная симуляция или демонстрационный эксперимент. Что эффективнее в учебном процессе? / В сб. «Всероссийская конференция “ИКТ технологии в подготовке учителя технологии, химии и физики”». Коломна, 2011, С. 35–39.
4. Химическая энциклопедия. М.: БРЭ, 1995. Т. 3, с. 186, 446; Т. 5, с. 387.
5. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс. М.: Просвещение, 2008. С. 204–205.
6. Физика. Учебник для 10 класса с углубл. изучением физики. / Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2004. С. 142–157.
7. Коновалихин С.В. Определение скорости роста кристаллов из раствора. Лабораторная работа, 10 класс // Физика (ИД «Первое сентября»). 2006. № 22. С. 28–29.
8. Коновалихин С.В. / В «Сборнике качественных задач по физике». М.: Бюро Квантум, 2010.
9. Енохович А.С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1978. 415 с.
10. Глория Н. Книга о свечах. М.: Профиздат, 2000. 148 с.
11. Коновалихин С.В. Применение ИКТ на фронтальных лабораторных работах по физике / В сб. «Всероссийская конференции “ИКТ технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики”». Коломна, 2010. С. 175–179.
12. Коновалихин С.В. Применение ИКТ при решении качественных задач по физике. / В сб. «ИКТ технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики». Коломна, 2012. С. 121–128.
13. Утенышев А.Н., Коновалихин С.В. Применение ИКТ для демонстрации межпредметной связи физики и химии в средней и высшей школе. /В сб. «ИКТ технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики». Коломна, 2013. С. 163–170.
14. Утенышев А.Н., Коновалихин С.В. Визуализация электронных свойств химической связи как пример демонстрации межпредметной связи курсов физики и химии, / См. [10]. С. 126–133.
15. Хобза П., Заградник Р. Межмолекулярные комплексы. Роль вандерваальсовых систем в физической химии и биодисциплинах. М.: Мир, 1989. 376 с.

Сергей Владимирович Коновалихин – учитель физики высшей квалификационной категории, к. х. н., окончил в 1978 г. Кустанайский ГПИ, педагогический стаж 20 лет. Преподавал физику на селе, служил в Армии, занимался научными исследованиями в ИХФ РАН. С 1993 г. преподаёт физику и астрономию в Черноголовке, совмещая её с научной работой в Институте структурной макрокинетики РАН. Автор и соавтор более 130 работ в отечественных и зарубежных изданиях (более 20 – в научно-педагогических). Награждён почётной медалью Международного фонда «Научное партнёрство и сотрудничество» за вклад в методику преподавания физики с использованием инновационных технологий (2006), удостоен премии губернатора Московской области как один из лучших учителей (2013). Педагогическое кредо: физика – наука экспериментальная, поэтому в основе её преподавания должно лежать разумное сочетание компьютерных симуляций, демонстрационных экспериментов и решения количественных и качественных задач. Женат. Воспитывает очаровательную дочь-музыкантшу.

Электромагнитные волны

Приведён сценарий урока повторения и обобщения с «кодовым» названием «Невидимые, вездесущие, и ... моё поведение», 11 кл.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спектр электромагнитных излучений

Повторительно-обобщающий урок с кодовым названием «Невидимые, вездесущие, и... МОЁ ПОВЕДЕНИЕ». 11-й класс. Базовый уровень. УМК: Г. Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев

Л.И. АРИСТАРХОВА
9157895240@mail.ru,
МКОУ РСОШ, п. Ревякино,
Ясногорский р-н, Тульская обл.

Многолетняя практика привела меня в конце концов к тому, что обобщающее занятие по теме «Спектр электромагнитных излучений» лучше всего организовывать в виде двух уроков. Первый урок – комбинированная лекция с включением ученических сообщений. Я строю её так, чтобы учащиеся «почувствовали» существование невидимых излучений. Интересные опыты (три опыта выполняются учениками, два – учителем) создают эмоциональный настрой, хотя учащиеся их уже видели на уроках объяснения нового материала. Первый урок по форме и содержанию – трафаретный, но он является прелюдией ко второму уроку.

Второй урок должен сблизить физику с повседневной жизнью. Я раньше уделяла этому внимание только во время прохождения темы, а теперь решила вынести и на заключительный урок. К накопленному материалу добавились сообщения учеников. Этот урок проходит в виде ответов на злободневные вопросы, которые ставит современная жизнь. Ответы нацеливают на соблюдение определённых правил поведения. Но чтобы правила выполнять, их нужно знать, и, что более важно, понимать необходимость их соблюдения. Представленные уроки, я думаю, способствуют пониманию, тем более что эти вопросы недооцениваются населением или из-за низкой информированности о возможной опасности электромагнитных излучений, или из-за нежелания знать и соблюдать. Некоторые ответы на вопросы требуют самостоятельной работы на уроке. Другие ответы являются повторением и закреплением ранее изученного материала, что тоже неплохо, если учесть их важность. Считаю, что эти уроки имеет смысл проводить не при изучении шкалы электромагнитных излучений, а попозже или даже в конце учебного года, после изучения радиоактивности. Материал по ИК-, УФ-, рентгеновским излучениям должен «устояться» в голове. Урок же «Шкала электромагнитных излучений» я провожу традиционно, с заполнением таблицы.

Мультимедийного проектора у нас в школе нет, но физические приборы всегда были. Для проверки знаний по теории электромагнитных излучений предлагаю ученикам самостоятельно объяснить 4 «новых» опыта (новых – для учеников).

В электронном приложении даны разъяснения к организации урока, а также раздаточный материал: бланк для выполнения контрольного задания и два набора карточек с вопросами и с информацией к ответам. – *Ред.*

Вид кафедры в начале занятия

УРОК 1

Цель урока: обобщить знания по теме; показать связь физики с повседневной жизнью; продолжить изучение правил поведения, обусловленными свойствами электромагнитных волн; убедить в необходимости их соблюдения.

Оборудование: таблица «Шкала электромагнитных волн», лазерная указка, прибор для изучения свойств электромагнитных волн с рупорными антеннами, выпрямитель ВУП-1, усилитель низкой частоты; громкоговоритель, проекционный аппарат ФОС-115, призма

прямого зрения, экран, фотоэлемент ФСК-1 (2 шт.), гальванометр (от демонстрационного амперметра), осветитель для теневой проекции, ИК-светофильтр с двумя поляроидами, электрический звонок, источник питания на 4–6 В (2 шт.), низковольтная лампа, кодоскоп, универсальный усилитель из комплекта прибора по радиотелемеханике, ртутно-кварцевая лампа, УФ-светофильтр, экран для обнаружения УФ-излучения, наборы по фосфоресценции, штатив с муфтой и лапкой, радиоприёмник, бытовой беспроводной сетевой звонок, демонстрационный индикатор ионизирующих излучений типа ИД-1 со счётчиком СТС-5, центробежная машина с диском для смешивания цветов (круг Ньютона), обычный фонарик, УФ-фонарик (куплен в электричке), баллон лампы дневного света; раздаточный материал (карточки с вопросами, два листа с написанными на них крупными буквами словами **ДА** и **НЕТ**, таблица результатов, карточки с информацией).

Опыты: № 121, 155, 161, 164, 165 [2].

Подготовка к уроку. Учитель за 2–3 мин до начала просит учеников выйти из класса, чтобы *перед звонком* войти в класс, соблюдая дистанцию. При входе каждого ученика раздаётся непродолжительный звонок (см. опыт № 164 [2]: луч кодоскопа направлен на скрещённые поляроиды, которые поглощают видимый свет, невидимый же ИК-пучок проходит, и входящие в класс ученики пересекают его). Ученики занимают свои места, и учитель объявляет тему повторительно-обобщающего *урока с кодовым названием* «Невидимые, вездесущие, и ... МОЁ ПОВЕДЕНИЕ». При этом его слова *невидимые* и *вездесущие* отмечаются звонками (для этого учитель перекрывает ИК-пучок рукой). Учитель сообщает, что вести урок будет помогать группа учащихся.

Ход урока

Учитель. Электромагнитные волны представляют собой, как вы знаете, совокупность взаимноперпендикулярных и взаимосвязанных переменных электрического и магнитного полей, порождаемых движением электрического заряда: изменение одного поля приводит к появлению другого и образованию электромагнитной волны, распространяющейся в пространстве даже в отсутствие вещества [1]. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме составляет 300 000 км/с. Эти волны не воспринимаются нашими органами чувств. Напрашивается вопрос: как и когда их обнаружили, если их нельзя увидеть, услышать, потрогать? А произошло это не так давно.

Давайте с вами мысленно перенесёмся в Лондон XIX в. и представим, например, такую картину. В кабинете за столом сидит молодой мужчина и сосредоточенно что-то пишет. Слышны оглушительные раскаты грома, сверкает молния. Мужчина взволнован, но не гроза тому причина. Он взволнован открытием, вытекающим из формул, которые учёный только что получил. Эти красивые формулы теперь известны во всём мире как *уравнения Максвелла*. Так их назвали в честь автора. Из этих уравнений следовало, что в природе существует особый вид волн, способных распространяться в вакууме со скоростью света. Если бы Максвелл мог знать, что гроза сопровождается не только ярким светом, громким звуком, но и мощным всплеском тех самых волн! Максвелл назвал их электромагнитными. Они, пронизывая всё и вся, не вызывали в природе заметных изменений, а в человеке – чувственных восприятий. Это теоретическое предсказание было сделано в 1865 г. и явилось одним из самых выдающихся достижений научной мысли XIX в. Нам остаётся лишь поражаться могуществу человеческого разума и удивляться предсказаниям Максвелла. В 1879 г. Максвелл умер, так и не дождавшись опытного подтверждения своей теории.

А теперь давайте зададимся почти философским вопросом. Человек, как известно, дитя природы. Почему же природа сотворила нас так, что ни один орган наших чувств не реагирует на это природное явление, в некоторой степени для нас вредное? Может быть, так нужно? (Ведь сказал же Маяковский: «Если звёзды зажигают, значит, это кому-нибудь нужно?») Смею предположить, что это действительно нам нужно. Может быть, для того, чтобы мы природный инстинкт самосохранения, обусловленный чувственными восприятиями, осознанно дополняли ещё и знанием правил поведения, раз уж нас природа одарила разумом. А знания, как известно, и при рождении сами не появляются, и по наследству не передаются. Они только приобретаются, и к тому же, как ни печально, могут забываться. Отсюда следует, что цель сегодняшних уроков – приобретение и закрепление знаний, которые должны обеспечить вам безопасное поведение тогда, когда сам организм не реагирует на скрытую опасность электромагнитных излучений.

Ученик 1. Через 10 лет после смерти Максвелла электромагнитные волны были получены экспериментально. Сделал это немецкий физик Генрих Герц. Результаты опытов Герца: электромагнитные волны существуют, распространяются со скоростью 300 000 км/с, поглощаются, отражаются, преломляются, дифрагируют, интерферируют, являются поперечными. Все эти свойства превосходно объясняются теорией Максвелла. Давайте *ещё раз* убедимся в свойствах электромагнитных волн с помощью излучателя с рупорными антеннами. (*Ученик демонстрирует пропускание, поглощение, отражение, преломление, интерференцию электромагнитных волн* [*2, опыт 121*]. *Сообщает, что генератор излучает волны, имеющие длину волны 3 см, то есть частоту* 10^{10} *Гц. Напоминает, что высокочастотные колебания, вырабатываемые генератором, модулированы, то есть как бы «подкрашены» звуком частотой 600 Гц. Звук выполняет роль индикатора, поскольку сами вол-*

Илья Петров демонстрирует свойство отражения электромагнитных волн ВЧ-диапазона с помощью металлической модели самолёта (вспоминаем не только свойство волн, но и его использование – радиолокацию)

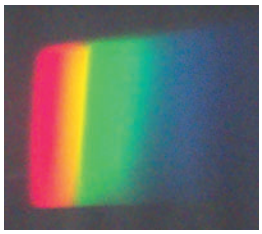
ны непосредственных ощущений не вызывают. Учитель обращает внимание, что этот опыт подтверждает справедливость утверждения: ***невидимость не отрицает существования***.)

Учитель. Итак, прибор генерирует волны частотой 10^{10} Гц. Сейчас обнаружены электромагнитные волны частотой до $3 \cdot 10^{22}$ Гц, то есть их длина волны может составлять от бесконечно большой величины до 10^{-14} м. По частоте (или по длине волны) спектр электромагнитных излучений делят на 7 диапазонов (*перечисляет с использованием таблицы «Шкала электромагнитных волн» и лазерной указки*). Примечательный факт: Солнце испускает электромагнитные волны всех диапазонов. Те волны, которые на практике получил Герц и которые использовались сейчас в опытах, называются *радиоволнами*. В этом диапазоне, как и во всех других, есть поддиапазоны (*перечисляет*). В настоящее время искусственные радиоволны создаются тысячами радиостанций и переносят на себе, благодаря модуляции, полезную информацию – речь или музыку. В последнее время в радиовещании чаще используется *FM*-диапазон, где можно разместить много радиостанций, каждая из которых вещает на своей несущей частоте. Давайте в этом убедимся. (*Включается радиоприёмник, идёт прослушивание.*)

Вы согласны, что радиоволны вездесущи? Ведь в любом месте Земли обязательно «поймаешь» ту или иную радиостанцию! Помимо радиовещания радиоволны используются в радиосвязи, радиотелефонии, телевидении, радиолокации.

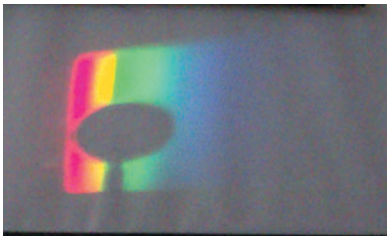
Есть такая замечательная поговорка: нет правил без исключения. Исключения касаются и электромагнитных волн в смысле непосредственного ощущения их человеком. В частности, человеческий глаз воспринимает их, хотя и в очень узком диапазоне – от 0,4 мкм до 0,8 мкм (всего 0,4 мкм). Благодаря этому мы получаем 90% информации об окружающем мире. Этот диапазон называется *видимым излучением* или *видимым светом*. Предположение, что свет – это электромагнитные волны, было сделано Максвеллом. Дифракция и интерференция света доказали его волновой характер. Поляризация доказала, что свет – поперечная волна. Совпадение скорости света и скорости распространения электромагнитных волн, полученных Герцем, оказалось не случайным и позволило сделать вывод, что свет имеет электромагнитную природу. Зная физическую природу света, можно объяснить многокрасочность мира. Теорию разложения белого света в цветной спектр предложил великий И. Ньютон (хотя он и придерживался корпускулярной теории света)*. Воспроизведём идею гениального опыта Ньютона.

Ученик 2 (*демонстрирует с пояснениями опыт Ньютона, см.* [*2, опыт 155*], *даёт определение дисперсии, приводит фото спектра*). С учётом выводов Максвелла и опытов Ньютона можно сказать, что краски природы есть результат нашего восприятия электромагнитных волн в очень узкой полосе частот, оказывающих физиологическое воздействие на сетчатку глаза. Опыты показали, что на сетчатку, богатую нервными окончаниями, действует именно электрическое поле световой волны. Мозг обрабатывает эту информацию, и у человека появляется ощущение того или иного цвета. (*При объяснении происхождения двух цветов – красного и фиолетового – ученик показывает прибор – диск для смешивания цветов, «круг Ньютона». Центробежная машина при этом не используется.*)



Ученик 3. В 1800 г. английский астроном Гершель обнаружил за красной областью спектра там, где казалось бы ничего нет, невидимое и доселе неведо-

*Редакция обращает внимание на слова С.И. Вавилова: «Призматические опыты Ньютона ещё в XVIII в. стали необходимым предметом школьного преподавания и считаются общеизвестными. К сожалению, это не так: вместо фактов и выводов из них в большинстве случаев распространяются упрощённые и просто неверные рассказы. Ньютон, например, вовсе не открывал призматических цветов, как это нередко пишут и особенно говорят: они были известны задолго до него, о них знали Леонардо да Винчи, Галилей и многие другие; стеклянные призмы продавались в XVII в. именно из-за призматических цветов. Опыты Ньютона много тоньше и остроумнее, чем обычно принято излагать, а выводы из них гораздо шире и важнее, чем пишут в учебниках», см. далее «Исаак Ньютон», глава V, кн. http://vivovoco.rsl.ru/VV/BOOKS/NEWTON/CHAPTER_05.HTM, а также Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика-11. Оптика. Квантовая физика. М.: Дрофа, 2005.



мое излучение [3]. Проведём подобный опыт и мы [2, опыт 161]. (*В качестве ИК-индикатора используется фотоэлемент ФСК-1, в качестве ИК-источника – лампа проекционного аппарата ФОС. Шкала гальванометра подсвечивается. Когда тень уходит за красный край спектра, – показания гальванометра максимальные. Во время опыта учитель напоминает*: ***невидимость не отрицает существования***.)

Этот опыт подтверждает существование невидимого излучения, которое называют и *ИНФРАкрасным* (поскольку его длина волны лежит в спектре за самым «длинным», красным светом), и тепловым (поскольку испускается любым нагретым телом). С точки зрения физики, ИК-излучение – это электромагнитные волны с длиной волны от 0,8 мкм до нескольких миллиметров. Волновой характер этого излучения доказывают явления дифракции и интерференции.

Учитель. Опять природа преподносит нам загадку: снабдив многих насекомых и рептилий способностью видеть тепловые лучи, природа почему-то обошла людей. Человеческий глаз их не видит. Это не ошибка природы, а, если хотите, проявление её мудрости. Если бы она «подарила» нам более широкий диапазон видимого света, то, вследствие дисперсии, мы видели бы предметы нечёткими [3]. А между тем информация о температурной картине вокруг нас не помешала бы. Подумайте, почему у человека, теплокровного существа, нет «ИК-глаза», а у рептилий такие рецепторы есть? Чтобы скомпенсировать «ИК-слепоту», люди вынуждены ориентироваться в мире тепла буквально на ощупь. Именно кожа воспринимает тепловое излучение. Некоторые учёные считают это шестым чувством.

По мере развития науки и техники появилась потребность не чувствовать, а точно знать ИК-картину окружающего мира. Был создан искусственный ИК-глаз, который помог проникнуть в неведомый мир «чёрного света» и узнать, что и темноту можно увидеть в красках. Например, тепловизор преобразует невидимое излучение в видимое. Современный ИК-глаз способен на расстоянии обнаруживать тепловые контрасты в десятые и даже сотые доли градуса. Установленный на самолёте, он замечает маленькие костры под деревьями, скрытые дымом границы лесных пожаров, океанские течения и рыбьи косяки, занесённые снегом трещины во льду и многое другое. Но, может быть, самая интересная область применения тепловидения – медицина. Тело человека буквально светится, как улица в ночи. Неудивительно: каждый участок кожи непрерывно излучает тепловую энергию, при этом тело остывает. Человек не может жить без притока и оттока тепла. При перегреве, когда температура превышает 42 °С, наступает тепловой удар, который может закончиться смертельным исходом.

Основным источником ИК-излучения на земле является Солнце, 50% его энергии излучается в ИК-диапазоне. На нашей планете без этих лучей царил бы вечный холод. Благодаря Солнцу нас окружает много нагретых тел – земля, воздух, вода. На ум опять приходят слова: **невидимое, вездесущее излучение**. Этот вид электромагнитного излучения не представляет для человека опасности, а его отсутствие создаёт угрозу жизни. За последнее время появилось много бытовых ИК-приборов разного назначения. Например, телевизионный пульт, датчики движения, сушилки для овощей и фруктов, медицинские обогреватели различных участков тела, настенные обогреватели помещений.

Ученик 4. В 1801 г. немецкий учёный И.-В. Риттер обнаружил за фиолетовой областью спектра ещё один вид невидимого излучения и назвал его *ультрафиолетовым* (УФ), его диапазон – от 400 нм до 10 нм [3]. Оно тоже вездесущее, поскольку испускается Солнцем, но поверхности Земли, что очень важно знать, достигает небольшая его часть, около 10%. Почти всё оно задерживается озоновым слоем атмосферы. В отличие от ИК-излучения, ультрафиолетовое может нанести ощутимый вред здоровью человека. Опасность больше, если Солнце светит через более тонкий слой атмосферы, например в близких к экватору областях, на высокогорьях, в полуденное время. УФ-излучателями является электрическая дуга, например, при сварке металлов, любое тело, нагретое свыше 1000 °С, газоразрядные ртутные лампы (если баллоны таких ламп делают из кварцевого стекла, способного пропускать УФ-излучение, они называются ртутно-кварцевыми.)

Учитель. Иногда УФ-облучение пациентов в медицинских целях называют *кварцеванием*, а сами лучи – *кварцевыми*, что неправильно. Слово *ультрафиолет* должно не пугать, но настораживать. (*Включает ртутно-кварцевую лампу, соблюдая правила техники безопасности*.) Чтобы показать опыты, доказывающие волновой характер УФ-излучения, то есть интерференцию и дифракцию, необходимо иметь кварцевые линзы и призмы. Такой оптики у нас в кабинете нет. Поэтому ограничимся опытом по обнаружению невидимых лучей [2, опыт 165]. Для этого нам потребуется кварцевая лампа, тёмный фильтр, не пропускающий видимый свет, но пропускающий УФ, и фосфоресцирующие вещества. (*Учитель просит напомнить уже* ***известное теперь ученикам утверждение,*** *а затем вносит в область не-*

видимого УФ-пучка экран, набор фосфоресцирующих веществ и баллон лампы дневного света.) Свойство УФ-излучения вызывать свечение многих веществ используется в сценическом деле, в криминалистике. Ещё ультрафиолетовое излучение обладает бактерицидным действием – убивает болезнетворные бактерии. Поэтому ртутно-кварцевые лампы используются во многих медицинских учреждениях, пищеблоках, в школах и кинотеатрах во время эпидемий. Однако при этом надо помнить о технике безопасности: ультрафиолет губительно действует на сетчатку глаза и кожу, если доза облучения превышает допустимую. Ультрафиолет, с другой стороны, чрезвычайно полезен для всего живого, например, увеличивает уровень витамина D в организме и способствует укреплению костей.

Ученик 5. В 1895 г. немецкий учёный К. Рентген открыл ещё один вид электромагнитного излучения, за которым в нашей стране закрепилось название *рентгеновские* лучи. Они возникают в вакуумной трубке при торможении электронов на аноде. Физическая природа этого излучения стала ясна, когда в качестве дифракционной решётки предложили использовать природный материал – кристаллы твёрдого тела. При этом сразу убили двух зайцев: доказали электромагнитную природу рентгеновского излучения и установили структуру сначала простых кристаллов, а потом и сложных органических соединений. Длина волны этих электромагнитных волн лежит в пределах от 10 нм до 0,005 нм. Самыми поразительными свойствами рентгеновских лучей оказались способности проникать через толстые слои вещества и губительно действовать на клетки живых организмов. Рентгеновские лучи испускает Солнце, но они поглощаются верхними слоями атмосферы и не доходят до поверхности Земли, поэтому их нельзя назвать вездесущими.

Учитель. Учитывая их биологическое действие и всё большее применение не только в медицине, желательно выяснить сегодня на уроке, как человек должен вести себя в случае рентгеновского облучения. Самые распространённые виды рентгенодиагностики – это *флюорография* (получают изображения костей) и *томография* (получают изображения мягких тканей). В аэропортах устанавливают *рентгенотелевизионные интроскопы,* позволяющие просматривать содержимое багажа и ручной клади. На промышленных предприятиях применяются *рентгеновские дефектоскопы.*

В 1896 г. А. Беккерель открыл радиоактивный распад, который (как потом было установлено) сопровождается испусканием нового вида электромагнитного излучения. Длина волны этого излучения соизмерима с размерами не атома, как у рентгеновских лучей, а ядра атома и лежит в пределах от 10^{-8} до 10^{-11} см. Этот диапазон называется *гамма-излучением.* Электромагнитную волновую природу гамма-излучения доказывает дифракция на кристаллах. Оно испускается ядрами природных и искусственных радиоактивных элементов, в том числе в ядерных реакторах АЭС, при ядерных взрывах. Гамма-излучение обладает ещё большей проникающей способностью, чем рентгеновское. Оно проходит через метровый слой бетона, через слой свинца толщиной несколько сантиметров. Оно оказывает более сильное вредное биологическое воздействие, а в большой дозе – смертельное, не вызывая при этом болевых ощущений. Негативное воздействие гамма- и рентгеновского излучений объясняется их способностью выбивать электроны из молекул и атомов, то есть ионизировать частицы. Это приводит к нарушению жизнедеятельности клеток и сказывается на здоровье всего организма. Вот почему предъявляются большие требования не только к безопасности атомных станций, но и к подготовке обслуживающих их кадров.

Радиоактивное излучение сопровождает человека, как бы странно это ни звучало, от рождения до самой смерти. Оно – неотъемлемый элемент нашего бытия, природный фактор и для здоровья не опасно. Давайте убедимся в наличии радиоактивного излучения с помощью индикатора ионизирующих излучений. Этот прибор регистрирует так называемый *естественный*, или, как ещё говорят, *натуральный* фон радиации, который есть всегда и не представляет опасности для человека. (*Учитель включает в сеть демонстрационный индикатор ионизирующих излучений. Появляются нечастые вспышки неоновой лампы, слышны щелчки, что позволяет убедиться в существовании γ-фона.*)

Какие слова опять приходят на ум и какое утверждение? (*Ученики отвечают.*) Этот опыт является доказательством объективной реальности, существующей за гранью непосредственных ощущений человека, доказательством материальности мира и его познаваемости.

Гамма-излучение используется в медицине для лечения онкологических заболеваний, в промышленности для обнаружения скрытых дефектов в массивных металлоконструкциях, например, в глубоководных аппаратах (*демонстрируются кадры из диафильма «Использование радиоактивных изотопов в промышленности...»*). При этом обслуживающий персонал надёжно защищён. Более близким примером использования этого коварного излучения является стерилизация зерна, рыбы, мяса, овощей, ягод, фруктов и других продуктов для увеличения сроков хранения. Именно ему мы обязаны привлекательному, аппетитному виду многих заморских фруктов. Доза облучения невелика, и облучённые продукты не представляют опасности для здоровья. В данной ситуации γ-излучение совсем не хочется называть коварным, потому что человек всё заранее предусмотрел и строго выполняет требования инструкции. Но, к сожалению, человеческий фактор ещё никто не отменял. Халатная преступ-

ность, лень, равнодушие, или, как сейчас говорят, «пофигизм», элементарное незнание физики, то есть незнание скрытой опасности радиоактивности, могут способствовать появлению опасных зон в самых неожиданных местах. Повышенный радиационный фон можно встретить на новостройках, на свалках. Во второй половине прошлого века промышленно выпускались различные приборы, содержащие радиоактивные вещества (часы, индикаторы, даже детские игрушки). Носить с собой индикатор радиоактивности не реально, а вот осознанно избегать больших и малых свалок необходимо. Там опасность возрастает многократно.

Ученик 6. Электромагнитные поля пронизывают и наши квартиры. Их создают все электробытовые приборы: грили, утюги, вытяжки, чайники, холодильники, телевизоры, компьютеры, блоки питания и так далее. Все приборы и не перечислить. Достаточно долго считалось, что действие электромагнитного поля обычной промышленной частоты (50 Гц) на организм безвредно. В 60-е гг. прошлого века было установлено его канцерогенное действие, а также отрицательное воздействие на нашу нервную систему, сердце, сосуды, иммунную систему, на органы чувств.

Учитель. Вредное воздействие некоторых бытовых электромагнитных полей специалисты считают сопоставимым с опасным действием высоковольтной линии. Для нас, как вы знаете, высоковольтная ЛЭП привычная часть местного «индустриального пейзажа». Поэтому сегодня на уроке мы должны ещё раз повторить и дополнить правила поведения, позволяющие сократить до минимума вредное биологическое воздействие электромагнитных полей промышленной частоты [4].

Итак, подошло к концу наше путешествие по шкале электромагнитных волн. Вы ещё раз убедились, что электромагнитные излучения разной частоты довольно сильно различаются по своим свойствам, способам получения и обнаружения. Но все они, от радиоволн до гамма-излучения, имеют одну физическую природу, все они электромагнитные волны. Различие в свойствах прекрасно объясняется одним из законов диалектики – законом перехода количественных изменений в качественные.

Конец первого урока (*на перемене эл. звонок заменяется низковольтной лампой, круг Ньютона закрепляется на центробежной машине и закрывается экраном.*)

УРОК 2

(*После перемены появление в классе каждого ученика отмечается уже не звонком, а вспышкой низковольтной лампы. Учитель объявляет тему урока. При этом слова* ***невидимые*** *и* ***вездесущие*** *он отмечает, как и в начале первого урока, сигналами беспроводного звонка, просто нажимая на кнопку.*)

Учитель. Проверим, как вы усвоили тему:

1. Какие реальные устройства работают на тех же принципах, что и схемы в опытах со звонком и лампой в начале первого и второго уроков? Какой диапазон волн использовался? (*Ответ. Охранная сигнализация, ИК-диапазон.*)

2. (*Учитель в темноте освещает по очереди предметы обычным и УФ-фонариком – предметы светятся по-разному.*) Что происходит с предметами при освещении их разными фонариками? В каком диапазоне волн светят фонарики? (*Ответ. Фонарики светят в разных диапазонах – один в видимом, другой – в УФ. При освещении видимым светом предметы только отражают свет, под действием УФ-излучения некоторые предметы люминесцируют, то есть сами испускают свет.*)

3. Как вы объясните цвет этого круга? (*Правой рукой учитель с помощью центробежной машины приводит во вращение красочный круг Ньютона, убирает левой рукой стоящий перед ним экран. Ученики видят сероватый круг. После остановки круга они с удивлением обнаруживают, что он ярко окрашен!*) (*Ответ. Этот опыт можно назвать «опытом Ньютона наоборот». В опыте Ньютона белый свет разлагается призмой на 7 цветов, а здесь при быстром вращении происходит механическое сложение цветов и возникает ощущение белого света.*)

4. Почему УФ-излучение не вызвало свечение баллона лампы дневного света, хотя известно, что он светится именно под действием этого излучения? (*Ответ. В рабочем режиме УФ-излучение попадает на люминофор изнутри лампы, а в нашем опыте оно падало снаружи, стеклянный же баллон УФ-излучение не пропускает.*)

5. Какой диапазон волн используется в бытовом беспроводном звонке? Какое свойство электромагнитных волн лежит в основе устройства звонка? (*Ответ. Радиоволны. Используется свойство электрического и магнитного полей, взаимно порождая друг друга, распространяться в пространстве в отсутствие какой-либо среды.*)

Подводя итог сказанному и увиденному, можно утверждать, что мы живём в океане электромагнитных волн – естественных и искусственных, они везде и всегда – как воздух и вода. Но научно-техническая революция имеет свои оборотные сто-

Фамилия	Всего ответов **«НЕТ»**	Номера ответов **«НЕТ»**	Оценка
		11, 13, 14, **18,** 19, 23, 27, 28, **30**	

роны. Развитие научно-технического прогресса неизбежно ведёт к росту числа опасных объектов, связанных с распространением невидимого вездесущего электромагнитного излучения. Давайте не только повторим и закрепим знание факторов риска, но и расширим.

Предлагаю серьёзную самостоятельную работу. Сначала вы даёте короткие ответы «**ДА**» или «**НЕТ**» на вопросы, предложенные на карточках (см. электронное приложение. – *Ред.*) и раскладываете карточки с вопросами соответственно на две стопки. Вас не должно смущать, что не во всех своих ответах вы уверены. Затем изучаете информацию, изложенную на других карточках (см. электронное приложение. – *Ред.*), вновь возвращаетесь к вопросам, обнаруживаете свои неправильные ответы и перекладываете карточки. Закончив работу, подсчитайте количество **ответов** «**НЕТ**», запишите на бланке **полученное число, номера ответов в порядке возрастания, свою фамилию** и сдайте листок мне. Приступайте к работе.

(*Учащиеся работают.*)

Учитель. А теперь выясним, как вы поработали. Начинаем блиц-опрос. Цель – проверить, как вы будете себя вести в различных жизненных ситуациях, связанных с присутствием невидимых и неощутимых электромагнитных полей. Обозначаем, с места, в быстром темпе **свои действия** (*количество вопросов определяется временем, оставшимся до конца урока. Ученики приглашаются к ответу движением руки, без оглашения фамилии*): ● Вы покупаете солнцезащитные очки. **Ваше поведение?** ● Вас соблазняют обильным урожаем ягод, грибов под высоковольтной ЛЭП... ● В солнечный летний день отправляете ребёнка гулять... ● Вас приглашают в солярий... ● Вы кладёте мобильный телефон в карман... ● Вы едете в маршрутке... Чтобы скрасить долгую дорогу захотелось позвонить подружке... ● Вы пользуетесь будильником мобильного телефона... ● Вам подарили косметический прибор для УФ-облучения в домашних условиях... ● Вы ещё не имеете солнцезащитных очков... ● Вы увидели детей, играющих под высоковольтной ЛЭП...

Подобных вопросов можно задавать много, их преподносит каждому сама жизнь. Ритм жизни современного общества напряжённый, и чтобы его выдержать, необходимо заботиться о собственном здоровье. Оно зависит от многих факторов. Один из них – образ жизни. А образ жизни человека складывается из чего? Из поступков, то есть из поведения! Проявляйте, воспитывайте в себе желание выполнять правила поведения, связанные с массовым распространением ***вездесущих неощущаемых*** электромагнитных излучений! Не надейтесь на одни чувства. Когда они бывают слепы и глухи, вас выручат... конечно, знания! Знание правил поведения.

А ваша информированность будет оцениваться так: 7–8 ответов «**НЕТ**» – отличный результат; 10–12 ответов – хороший, 13 – удовлетворительный. Сверьте номера ответов (*поднимается маленький экран и открывается запись на доске: 11, 13, 14,* ***18,*** *19, 23, 27, 28,* ***30***). Ответы 18 и 30 не засчитываются, но за отрицательный ответ 18 похвалить нельзя! Придётся вам над собой поработать. Вы довольны своими ответами? А теперь поставьте оценку... но не знаниям, а, как бы это странно ни звучало, СВОЕМУ ЗДОРОВЬЮ в будущем и сдайте листы.

Домашнее задание. Повторить [1], § 86, гл. 10.2, краткие итоги. Карточки с вопросами и карточки с полезной информацией возьмите домой. Они помогут вам организовать просветительскую беседу с родными или такую же работу с карточками, какую проделали вы только что.

Итак, подведём итог. В 1865 г. Максвелл только предсказал существование электромагнитных волн, а теперь перед человечеством стоит глобальная архиважная проблема, как обезопасить себя от вредного, пагубного воздействия электромагнитных излучений. Что ждёт человечество через сто, двести, пятьсот лет? Тяга к комфортной жизни понятна, поэтому электромагнитные излучения будут стремительно нарастать. Этой проблемой озадачены учёные во всём мире. Исследования активно ведутся в лабораториях Европы, Америки, Азии. В одних случаях научные изыскания оптимизма не прибавляют, в других находятся способы защиты. А закончить наш важный интересный урок поможете вы. Я только предложу перефразировать всем известное изречение: на учёных... (*надейся*), а сам... (*не плошай*).

Спасибо за работу, урок окончен!

Литература

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2009.
2. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. / Под ред. А.А Покровского. Т. II. М.: Просвещение, 1972.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. 11 класс: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебных заведений М.: Илекса, 2009.
4. СанПиН № 2971-84 (защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты). http://www.docload.ru/Basesdoc/2/2835/index.htm

Фотографии И.Н. Наумовой, Н.В. Кузиной

Музей «Огни Москвы»: открытие музейной светотехнической лаборатории

Представлен фоторепортаж об открытии в музее «Огни Москвы» новой экспозиции – музейной светотехнической лаборатории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: светотехника, лампа накаливания, интерактивный музей

Ж.В. ЧОПОРОВА
zh.choporova@gmail.com,
ГБОУ лицей № 1575, г. Москва

В октябре 2013 г. в московском музее «Огни Москвы» (ognimos.ru; Армянский переулок, дом 3-5, стр. 1) состоялась презентация новой экспозиции – музейной светотехнической лаборатории. Зал, где экспонируется городское освещение, превратился в экспериментальную площадку. Во время лекций-демонстраций здесь можно ознакомиться с основными светотехническими характеристиками, узнать о нелёгком пути изобретателей электрической лампы, проследить эволюцию ламп накаливания и узнать секреты их производства. Вооружившись люксметром, можно сравнить освещённость, которую дают современные лампы, а внимательно изучив упаковки ламп, вычислить, кто является честным производителем, а кто лукавит. Учителям и школьникам средних и старших классов предлагаются экспериментальные занятия по светотехнике, где они могут на практике применить знания по математике, физике, химии, информатике.

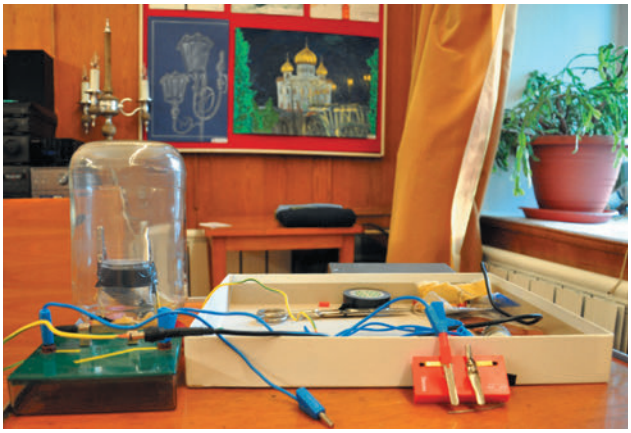
Посетителям сначала задают вопрос (ответить, как правило, редко кто может, но ответ, теперь уже с осознанным интересом, можно прочесть на стенде), затем предлагают самому «провести эксперимент»: измерить с помощью люксметра освещённость, создаваемую бытовой лампой, включить уличный фонарь с помощью электромагнитного реле, включить неоновую рекламу, включить ультрафиолетовую лампу и полюбоваться видом «московских окон», измерить с помощью ваттметра мощности разных ламп.

Примеры вопросов: ● При какой освещённости включают и выключают фонари в Москве? (*Когда естественная освещённость снижается до 20 люкс, фонари включают, а когда она повышается до 10 люкс – фонари выключают.*) ● Какие лампы используют для городского освещения? (*Ртутные и натриевые лампы высокого давления.*) ● Какие лампы используются для рекламы? (*Светящиеся трубки с неоновым или аргоновым заполнением. Такой источник света создан более 100 лет назад. Неон даёт оранжево-красное свечение, аргон – голубое, для получения разных цветов используются люминофоры.*) ● Какие лампы используются для внутреннего освещения? (*Лампы накаливания, энергосберегающие, светодиодные. На стенде представлены характеристики разных видов ламп, ваттметр для измерения мощности ламп.*)

Макет городских окон с ультрафиолетовой подсветкой

После просмотра видеофильма «Как делают лампы накаливания» посетители могут получить представление, как светили первые «лампы Лодыгина». В стеклянной колбе между металлическими стерженьками закреплён графитовый стержень. Сопротивление графита значительно больше сопротивления металлических проводников, поэтому при прохождении тока графитовый стержень сильно нагревается и светится, до тех пор пока не сгорит (примерно 30 минут).

Огромный интерес вызывают витрины «Старинные и необычные лампы» (значительную часть выставленных в них экспонатов предоставил Алексей Рудов, его статью см. в электронном приложении). Лампы – самые разные: ароматическая; лампа с угольной нитью («сестра» «вечной лампочки из Ливермора», исправно работающая в пожарной части города с 1902 г.!); мемориальная лампа, выпущенная к коронации королевы Великобритании Елизаветы II; лампа с двумя проводками, дёргая за которые, можно переключаться с длинной спирали на короткую, меняя тем самым яркость свечения (первые примеры сбережения энергии); лампа с



Интерактивный экспонат, позволяющий самому сделать «лампу накаливания Лодыгина»

А так выглядит настоящая лампа Лодыгина (музей истории Мосэнерго) ▼

http://www.mosenergo-museum.ru/Museum/Expositions/Items_exposure/428/p2/

Примерно такой свет давала лампа Лодыгина

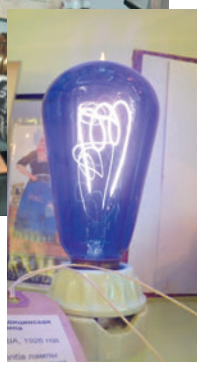
имитацией горящего пламени (внутри спирали помещён магнитик, и она колеблется при протекании переменного тока). Есть лампы с кислородом внутри баллона (использовались как вспышки при фотосъёмке), лампы-обогреватели, лампы-балласты и ещё десятки других любопытных лампочек и элементов электротехнической старины. И о каждой лампе сотрудники музея увлекательно рассказывают.

Меня особенно привлекли стенды, посвящённые изобретениям Т. Эдисона. Томас Альва Эдисон в 1884 г. изобрёл патрон с винтовой нарезкой для лампы – и задача «как подсоединить лампу в сеть», которая долго не давала изобретению шагнуть в производство, была решена. Теперь можно было быстро вкрутить цоколь лампы в патрон. А знаете ли вы, что означает маркировка E27, E14? Буква E означает «Эдисон», цифры же – диаметр патрона лампы. Вот синяя лампа с двойным стеклом (одно обычное, второе кобальтовое), вследствие чего возникает иллюзия двойной спирали.

Обязательно сводите учеников в этот музей!!!

Алексей Рудов у своего стенда со старинными лампами

Изобретения Томаса Эдисона



▲ Медицинская кобальтовая лампа (с иллюзией двойной спирали)

▲ Энергосберегающая лампа с двумя проводками-переключателями

◀ Декоративная лампа

Лампа для хэллоуина ▶

Необычные лампы: красная – с колеблющейся спиралью, зелёная и синяя – просто солонки в форме лампы

Звёздное небо в феврале

Описано звёздное небо, даны звёздные карты в зените, южной и северной частях горизонта, фазы Луны, планеты, метеорные потоки. Приведена репродукция картины П. Рубенса «Похищение Европы», рисунок Крабовидной туманности лорда Росса и астрофотография этой туманности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, Крабовидная туманность, П. Рубенс

Проф. В.М. ЧАРУГИН,
академик РАКЦ
charugin2010@mail.ru,
МПГУ, г. Москва

1 февраля (2 456 689-й юлианский день). Солнце восходит в Москве в $7^ч\ 55^м$, а заходит в $16^ч\ 33^м$ по среднему солнечному времени (соответственно в $9^ч\ 25^м$ и $18^ч\ 03^м$ по московскому). В конце месяца, 28 февраля (2 456 716-й юлианский день) первые звёзды (с учётом продолжительности сумерек) уже появятся около $18^ч\ 40^м$, а исчезнут около $6^ч\ 45^м$. Солнце до 16 февраля движется по созвездию Козерога, а затем – по созвездию Водолея. Что же касается знаков зодиака, то 19 февраля Солнце переходит из зодиакального знака Водолея в знак Рыб.

Посмотрим на небо около $20^ч$. Чистый морозный воздух и тёмное небо, необычайно богатое яркими звёздами, собранными в выразительные созвездия, заставляют затаить дыхание и наслаждаться созерцанием безграничных глубин Вселенной. Самые яркие и самые известные созвездия сейчас встали вдоль небесного меридиана, начиная с зенита.

Итак, встанем лицом на юг. Капелла, самая яркая звезда в созвездии Возничего, находится почти в зените. Капелла означает *козочка*. Греки и арабы именовали её *звездой козы*. Эта звезда, блеск которой составляет $0{,}09^m$, является двойной, расстояние между компонентами составляет почти 1 а. е. (150 млн км). Массы компонентов – одна в 4,2, а другая в 3,3 раза – превышают массу Солнца, а их размеры – соответственно в 12 и 7 раз превышают солнечный размер. Если бы эти две звезды находились на месте нашего Солнца, то на небе первая из них была в 110 раз, а вторая – в 70 раз ярче Солнца. Правда, в такой двойной системе наша Земля вряд ли смогла бы долго существовать.

β Возничего – вторая по яркости звезда этого созвездия, называется *Менкалинан*, что переводится с арабского как *плечо Возничего*. Три слабенькие звёздочки, расположенные под Капеллой, ε, ζ и η называют *козлятами на плече Возничего*. В этом созвездии можно попытаться найти три известных рассеянных скопления М36, М37, М38 блеском около 6^m–7^m, которые вытянулись вдоль Млечного Пути. Это и не удивительно, так как рассеянные скопления в основном концентрируются как раз в плоскости Млечного Пути. Как астрономы называют, рассеянные скопления принадлежат к плоской составляющей звёздного населения нашей Галактики. Все вместе они содержат около 350 звёзд и находятся на расстоянии около 1200 пк от нас. Это сравнительно молодые скопления, возрастом всего около 100 млн лет. Наше Солнце, как известно, имеет почтенный возраст 5 млрд лет, а возраст всего Млечного Пути оценивается в более чем 10 млрд лет. Так что эти рассеянные скопления – дети по сравнению с Солнцем и тем более с Галактикой.

Звёздные карты и описания звёздного неба даются примерно на $20^ч$ 15 февраля в Москве.

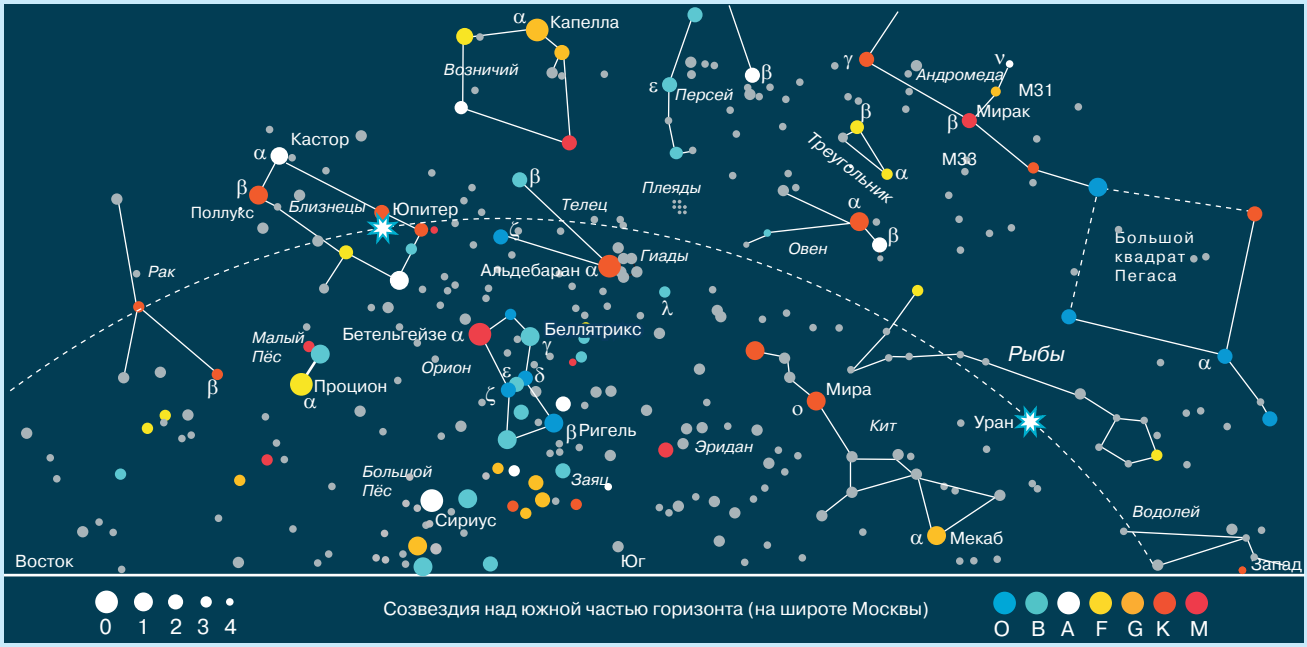
http://rybens.ru/religion/rubens16.php

Питер Рубенс. Похищение Европы, 1630. Холст, масло, 181×200. Музей Прадо, Мадрид, Испания

Под Возничим расположилось созвездие Тельца с ярким Альдебараном. В нём выделяются два рассеянных скопления звёзд – Гиады и Плеяды. Они почти в десять раз ближе к нам, чем скопления из созвездия Возничего, поэтому звёзды в них видны даже невооружённым глазом. Рога разъярённого тельца заканчиваются звёздами β (Натх – *бодающий рог*) и ζ.

В «Превращениях в созвездия» («Катастеризмах») древнегреческий учёный Эратосфен из Кирены так описывает появление на небе созвездия Тельца:

> 31 января во время новолуния наступает Новый, 31-й год 74-го цикла по древнекитайскому календарю – год Му-Ма, или Год Дерева и Лошади. В древнемонгольском календаре дерево соответствует синему цвету, так что наступает Год Синей Лошади.

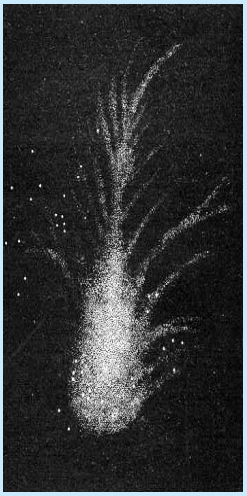


«Он помещён среди созвездий за то, что из Финикии на Крит привёз через море Европу, как рассказывает Еврипид во «Фриксе». В награду Зевс почтил его место среди самых заметных знаков.

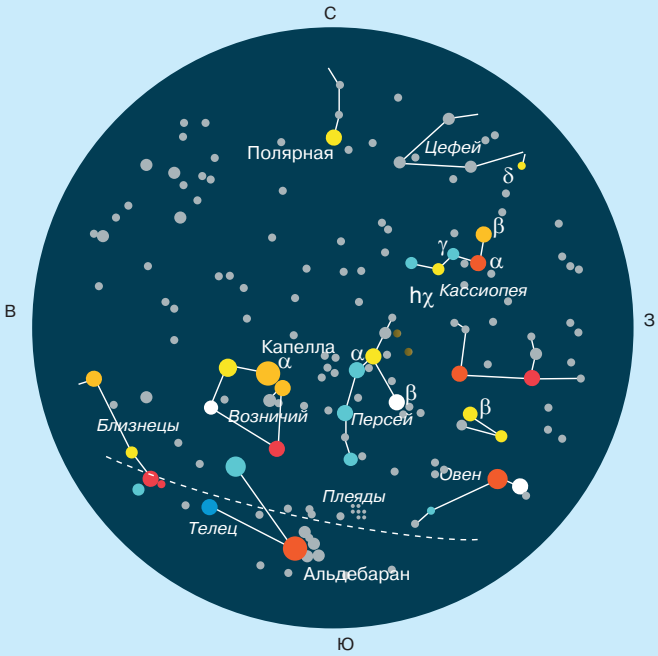
Другие говорят, что это корова, изображение Ио, ради которой Зевс и удостоил корову созвездия. Лоб и морду Тельца окаймляют так называемые Гиады, а там, где обрывается его спина, находится Плеяда, содержащая семь звёзд, за что она зовётся также Семизвёздною. Заметны из них, однако, лишь шесть, а седьмая весьма тускла.

Сам Телец всего содержит семь звёзд и влачится по небу задом наперёд, голову держа опущенной вниз. Он имеет звёзды: на обоих рогах возле основания по одной, из которых ярчайшая слева; на обоих глазах по одной; на носу одну; на обоих плечах по одной – они называются Гиадами; на левом переднем колене одну; на копытах одну; на правом колене одну; на шее две; на груди одну яркую. Всего восемнадцать.» [3]. Так что попытайтесь внимательно рассмотреть это созвездие и свериться с древнегреческим описанием.

Около звезды ζ в 1054 г. китайские и японские астрономы наблюдали вспышку сверхновой звезды, которая была видна в течение 23 суток, в том числе и днём. Оставшуюся после взрыва туманность, разлетающуюся оболочку сверхновой звезды, открыл в 1731 г. английский врач и астроном Джон Бевис (*John Bevis*). Позднее французский астроном Шарль Мессье обратил внимание на необычный вид туманности в созвездии Тельца и по этой причине поставил её на первое место в своём каталоге туманностей и звёздных скоплений (M1, туманность № 1 в каталоге Мессье). Она имеет блеск 8,4m, поэтому видна в небольшой телескоп и хороший бинокль. На рисунке показано, какой увидел Крабовидную туманность известный ирландский астроном лорд Росс в 1844 г. Крабовидная туманность имеет диаметр около 11 св. лет и расположена на расстоянии 6500 св. лет. Наблюдения показали, что она расширяется со скоростью около 1500 км/с. Туманность является самым мощным после Солнца источником радио-, оптического, рентгеновского и гамма-излучений (энергия квантов в последнем измерена вплоть до 10 ТэВ). В 1968 г. в центре Крабовидной туманности был обнаружен пульсар – нейтронная звезда, которая совершает почти 30 оборотов в секунду. Это был первый пульсар, отождествлённый с остатком сверхновой [2]. На фотографии показаны запись радиоимпульсов от пульсара, которые следуют с периодом



Этот рисунок Крабовидной туманности, выполненный астроном У. Парсонсом (лордом Россом). Рассматривая туманность M1 в 36-дюймовый телескоп, он сумел рассмотреть волокна в её составе



Созвездия вблизи зенита

Продолжение см. на с. 34

Пыхтящий двигатель прогресса на банкнотах мира

Дан беглый очерк истории устройств с использованием паровых двигателей: паровозов и пароходов. Приведено 69 репродукций банкнот разных стран с их изображением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: паровой двигатель, паровоз, пароход

В.Д. ЧУПИН
chwd@rambler.ru,
МАОУ СОШ № 10, г. Чайковский, Пермский край

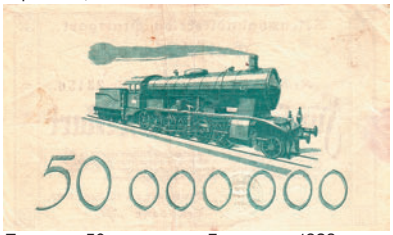
Первый русский паровоз Черепановых, 1834 г.

Дж. Стефенсон и его «Ракета». 5 фунтов, Великобритания

Паровоз. 50 сентаво, Гондурас, 1889

Паровой поезд, вулканы. 100 песо, Гватемала, 1913

Паровой состав на мосту. 5 млрд марок, Германия, 1923



Паровоз. 50 млн марок, Германия, 1923

Рабочие у колёс паровоза. 10 динар, Югославия, 1953

Паровозы

История паровой машины уходит вглубь веков. Ещё в I в. до н. э. Герон Александрийский в своём трактате «Пневматика» описал машины с использованием энергии тепла. Сам он изобрёл известную теперь всем школьникам реактивную паровую действующую машину – эолипил, не нашедшую тогда применения [1]. Лишь спустя 17 веков французский врач Дени Папен изобрёл... скороварку – герметичный котёл с предохранительным клапаном. Благодаря повышенному давлению внутри, вода начинала кипеть значительно позже, за счёт чего повышалась температура обработки продуктов и они готовились значительно быстрее. В 1674 г. Папен строит свой первый тепловой двигатель – пороховой, а в 1690 г. – паровой. К сожалению, изобретения не принесли ему ни денег, ни славы. Остаток жизни он провёл в одиночестве и большой нужде [2]. В 1712 г. британец Томас Ньюкомен построил свою паровую машину, которая впитала в себя все идеи Папена и другого изобретателя, Севери (патент 1698 г.). Она уже могла работать непрерывно, но получилась очень громоздкой и требовала много угля. Тем не менее её 50 лет применяли на шахтах для откачки воды. Значение машины Ньюкомена для современников видно на таком примере: когда в 1722 г. в сухой док Кронштадта на ремонт был поставлен корабль, паровая машина откачала воду за две недели, а без неё потребовался бы целый год [3]. Однако и эта машина была очень громоздка, да и с подвозом угля иногда с трудом справлялось 50 лошадей. В 1763 г. Джеймсу Уатту, механику в университете Глазго, предложили починить паровую машину Ньюкомена. Достаточно быстро Уатт пришёл к мысли, что машину можно усовершенствовать, и в 1769 г. получил свой первый патент. Патент был оформлен не на новый вид паровой машины, а на *усовершенствование* существующей. Однако это была уже не Ньюкоменовская атмосферная паровая машина, в которой поршень передвигало атмосферное давление, а истинно паровая машина, поршень в которой передвигался под давлением пара. Увеличивая давление пара в цилиндре паровой машины, можно было добиться большей мощности, не увеличивая её размеров. Уатт открыл путь к компактным паровым машинам, которые в скором времени изменили облик всего мира [4]. Екатерина II высоко оценила проект Ползунова, его повысили в должности и обещали большую премию, если он сумеет построить работающую паровую машину. Первый пуск машины был назначен на 4 августа 1766 г., но в этот день случилась поломка, которую сумели устранить только к 7 августа 1766 г. [5]. Сам изобретатель не дожил до этого момента, 16 мая 1766 г. он скончался. К сожалению, первая паровая машина России оказалось ненадёжной, она проработала в целом чуть более 42 суток. После очередной поломки руководство завода приняло решение о нецелесообразности её использования, тем более что воды хватало (водяные колёса были основными источниками энергии того времени).

Паровоз – локомотив, использующий паровую машину в качестве энергетической установки. Первый паровоз, двигавшийся по рельсам, был создан в 1804 г. англичанином Ричардом Тревитиком. Первая железная дорога на паровой тяге открыта в 1825 г. Дж. Стефенсоном. Гудок первого в России паровоза раздался в России 180 лет назад – он был построен знаменитыми уральскими умельцами-самородками механиками Ефимом Алексеевичем Черепановым и его сыном Мироном Ефимовичем на Нижнетагильском горном заводе (1834).

Считается, что слово «паровоз» ввёл Н.И. Греч, который в середине XIX в. издавал газету «Северная пчела». До этого паровоз называли «самокатной паровой машиной», «паровой фурой», «паровой теле-

Печатается в сокращении. Полный текст и 69 иллюстраций см. в электронном приложении. – *Ред.*

С. Морзе и Р. Фултон. 2 доллара, США, 1896

Р. Фултон и пароход «Клермонт». 20 долл., США, 1970

Аллегорическая фигура и пароход на реке Миссисипи. 1 доллар, США, 1864

Пароход. 1 соль, Перу, 1879

Парусно-паровой корабль. 25 песо, Коста-Рика, 1889

Пароход, паровоз и телега. 10 юаней, Китай, 1914

Пароход. 5 лек, Албания, 1976

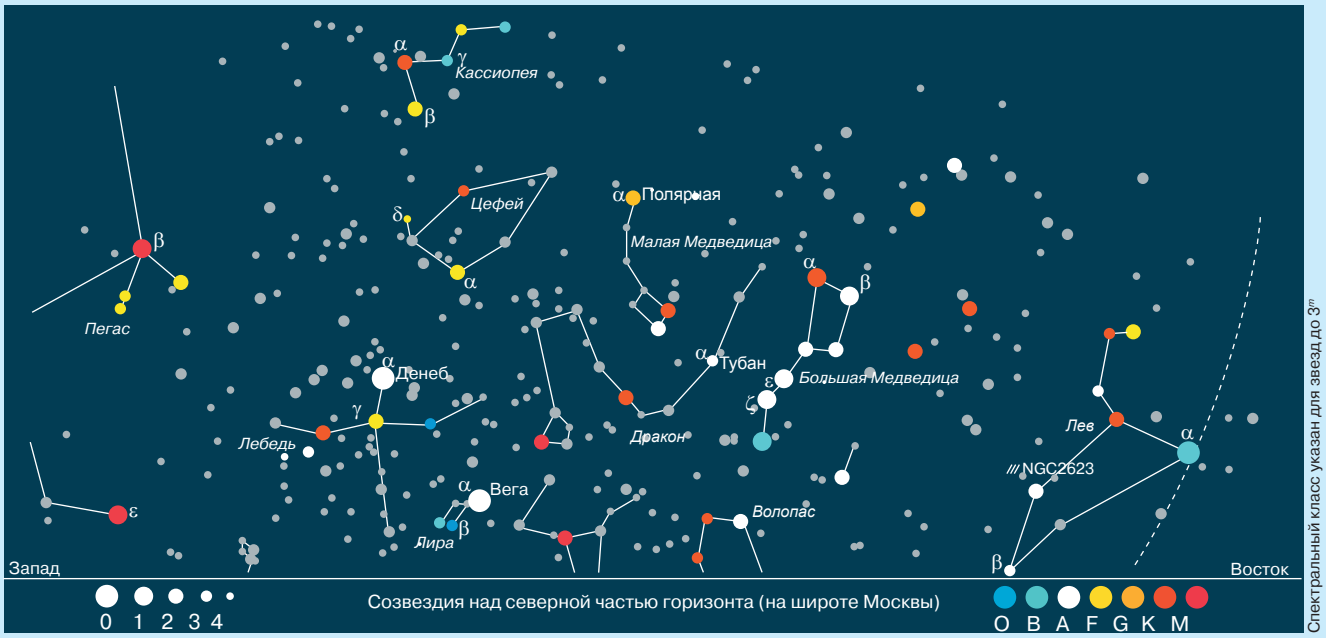
гой», «пароходкой», «пароходом» (помните «Попутную песню» М.И. Глинки: «Дым столбом, кипит, дымится пароход...»?). Только с 1837 г. стали называть «паровоз». Паровозы были первым и долгое время господствующим типом локомотивов, они сыграли огромную роль в становлении железнодорожного сообщения. Многие страны поместили изображение паровозов на своих банкнотах.

О пароходах

Многие сотни лет деревянные корабли под белыми парусами бороздили просторы морей. На них отважные мореходы обогнули Землю, проникли в арктические и антарктические ледяные моря, исследовали побережья всех материков, открыли в океане почти все острова. Однако в разных странах стали появляться смешные сооружения с дымной, стучащей, то и дело ломающейся паровой машиной и неуклюжими гребными колёсами. Это были пароходы – представители первого парового транспорта на воде. Никто и не думал тогда, что они станут соперничать с парусными кораблями. Пожалуй, первым пароходом, спущенным на воду, о котором широко известно в истории, был маленький пароходик (иначе его и не назовёшь) «Пироскаф», построенный во Франции в 1783 г. Его паровая машина была настолько слабая, что даже при максимальной скорости он был способен лишь обогнать неторопливо идущего по берегу пешехода. Только в 1807 г. упорный американский изобретатель Роберт Фултон после многочисленных попыток и испытаний построил первый в мире колёсный пароход «Клермонт», который начал курсировать по реке Гудзон из Нью-Йорка в Олбэни со скоростью 5 узлов (около 9 км/ч). После этого очень скоро паруса были вытеснены паровой машиной, так как при всех своих недостатках пароходы обладали важным достоинством: скорость их движения не зависела от направления и силы ветра. Начав с небольших железных судёнышек, строители кораблей становились всё смелее. В итоге, в начале 50-х годов XIX в. в Англии на берегу реки Темзы «стало расти в высоту и в длину чудовищное по тем временам сооружение». Это был самый большой в истории флота колёсный пароход «Грейт Истен», построенный в 1860 г. Его размеры в 5 раз превосходили самое крупное судно того времени: длина 210 м, ширина 25 м, осадка 18 м, высота надводной части 8,5 м, водоизмещение 24 000 т. Рассчитан на 4000 пассажиров. Первым рейсом доставил людей и грузы из Англии в Австралию.

Первый пароход, построенный в России, назывался «Елизавета» (длина 18 м, мощность 4 л. с.). Испытания прошли в сентябре 1815 г. в бассейне у Таврического дворца в Петербурге. В газете того времени появилось следующее описание этого события: «Судно сие полтора часа ходило по разным направлениям в круглом, напротив дворца, бассейне, которого диаметр не превосходит сорока сажен. Удобное движение столь большого судна в таком малом пространстве воды представляло приятное зрелище и показывало, сколь оно удобно в управлении. Новость сего явления, местоположение и прекрасная того дня погода привлекли туда необыкновенное множество зрителей». В ноябре пароход отправился первым рейсом в Кронштадт. Паровое судно показало скорость до 9 км/ч и благополучно завершило переход за 3 ч 20 мин (подробнее см. в электронном приложении заметку из журнала «Сын Отечества», 1815 г. – *Ред.*). Это удивило петербуржцев, так как военный «пассажбот» на вёслах проходил то же расстояние за целые сутки. Пароходство развивалось очень быстро. К 1850 г. по русским рекам и морям плавало уже сто сорок пароходов. Первый железный пароход «Астрабад» был построен на Воткинском заводе для Астраханского порта и спущен на воду весной 1848 г. Академик В.П. Безобразов записал в 1867 г.: «...техника на Воткинском заводе доведена до европейского совершенства... он имеет большое значение вследствие своих заводских сооружений и совершенства технических производств, ставящих его в этом отношении бесспорно на первое место между всеми казёнными заводами Урала». Закладку судов производили летом или осенью, к весне заканчивали клёпку корпусов и возведение надпалубных построек. С наступлением половодья реку перегораживали временной перемычкой, пароходы всплывали, и их по большой воде Вотки и Сивы бурлаки на расчалках (канатах) приводили в Каму.

Валериан Дмитриевич Чупин – учитель физики высшей квалификационной категории, Лауреат Международной образовательной программы в области точных наук (1994), лауреат ВВЦ (1995), Всероссийского конкурса «Педагогические инновации-2004, -2005, -2008, -2009», Всероссийского литературного конкурса «Добрая лира-2007», победитель конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России-2007», участник энциклопедии «Одарённые дети – будущее России», лауреат Всероссийского интернет-конкурса творческих работ «Состоявшиеся в профессии-2010», автор многочисленных книг, брошюр и статей по физике, истории, краеведению. Награждён медалями: «Лауреат ВВЦ» (ВДНХ)-1995, «За вклад в развитие российского образования-2007», четырьмя медалями «Имени Януша Корчака» (2004, 2005, 2008, 2009 гг.) за педагогические инновации на Всероссийских конкурсах, памятными медалями «Имени Ю.А. Гагарина» (2011 г.) и «Имени М.В. Ломоносова» (2012 г.).



Продолжение. Начало см. на с. 30

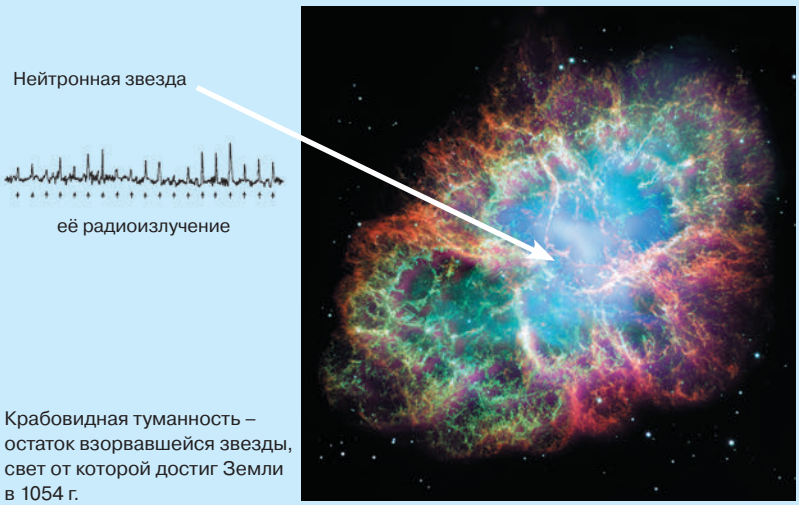
0,033 097 565 054 19 с. Что интересно, период сохраняется с точностью 14 знаков после запятой, в то время как самые точные атомные часы имеют точность 0,000 000 000 002 – двенадцать знаков после запятой. Причём у пульсара наблюдается увеличение периода, что отражается в систематическом увеличении по определённому закону последних двух значащих цифр. Так как период пульсара соответствует периоду вращения нейтронной звезды, это означает высокую стабильность её вращения. За один оборот период вращения нейтронной звезды увеличивается на 422,688 9764 • 10^{-15} с. Интересно, что у этого пульсара наблюдаются «звездотрясения», которые приводят к резким скачкообразным изменениям периода вращения. И что самое интересное, замедление вращения нейтронной звезды связано с уменьшением её кинетической энергии вращения, которая питает наблюдаемую активность всей Крабовидной туманности. Нейтронная звезда ускоряет электроны, протоны и другие частицы до скоростей, близких к скорости света (до релятивистских скоростей), и эти частицы в дальнейшем высвечивают свою энергию, что и объясняет наблюдаемое нетепловое излучение всей туманности. Наблюдения указывают на то, что около пульсара вращается планета массой в несколько раз превышающей массу Юпитера.

Расположенная в 6500 св. годах от Земли в созвездии Тельца, туманность имеет размеры около 9 × 6 св. лет. Таким образом, в оболочку сверхновой звезды уже попали несколько соседних звёзд. Представляете, что бы было с жизнью на планете у одной из этих звёзд! Есть предположение, что около 60 млн лет назад рядом с нашим Солнцем тоже вспыхнула сверхновая, и Солнце вместе с Землёй несколько десятков тысяч лет провели в этой оболочке. Несмотря на то, что насыщенной релятивистскими частицами оболочке противостояла атмосфера Земли и её магнитное поле, уровень радиации на поверхности нашей планеты увеличился в десятки раз, что привело к мутациям живых организмов и гибели большинства из них. Этим некоторые учёные объясняют вымирание динозавров в тот период. Возможно, некоторые мутации наоборот стимулировали появление новых видов животных, в частности, млекопитающих. Расчёты показывают, что в окрестностях Солнца сверхновые вспыхивают раз в 200 млн лет. Возможно, этим объясняется вымирание многих видов животных в более далёкие периоды жизни Земли. Более того, не исключено, что взрывы сверхновых стимулировали возникновение жизни на Земле.

Южнее Тельца блистает самое красивое созвездие нашего неба – Орион. α Ориона – Бетельгейзе (в пер. с арабского, *рука великана*). Иногда в старинных арабских источниках встречается название *Ибт аль Джауза* (*подмышка*), на мой взгляд, более соответствующее действительности, так как на старинных картах Бетельгейзе находится как раз в подмышке поднятой руки с дубинкой. Этой дубинкой мифический охотник Орион замахнулся на небесного быка Тельца. От Тельца он прикрывается щитом, который угадывается по полукруглой группе звёзд между Орионом и Тельцом. Восточнее Бетельгейзе на левом плече охотника видна звезда γ Беллактрис (*воительница*). В созвездии Ориона под тремя звездами Пояса Ориона (звёзды δ, ε, ζ) можно даже невооружённым глазом различить знаменитую Туманность Ориона M42. Она представляет собой гигантский газопылевой комплекс, внутри которого идёт бурный процесс звездообразования. На это указывает наличие молодых горячих звёзд спектральных классов O и B, возраст которых не более нескольких миллионов лет. Чуть ниже Туманности и западнее видна звезда β Ориона – Ригель (по-арабски оно звучит как *ригель аль гебар*, что означает *нога великана*).

Под Орионом, почти над точкой юга, низко над горизонтом можно заметить неправильный четырёхугольник неярких звёзд созвездия Зайца.

На старинных звёздных картах небесный охотник Орион окружён несколькими животными. О Тельце и Зайце мы уже говорили. Конечно, Ориону Телец не страшен не только потому, что своей дубиной готов размозжить ему голову, но охот-



Крабовидная туманность – остаток взорвавшейся звезды, свет от которой достиг Земли в 1054 г.

ник чувствует поддержку и своих верных охотничьих псов – Большого и Малого. Большой Пёс выделяется самой яркой звездой земного неба Сириусом. Его можно найти низко над горизонтом на продолжении на восток линии звёзд пояса Ориона. Чуть выше на юго-востоке видна одинокая сравнительно яркая звезда $2{,}6^m$ – Процион, ярчайшая в созвездии Малого Пса.

На юго-востоке вблизи зенита видно яркое созвездие Близнецов, в котором сейчас находится планета Юпитер. Две его яркие звезды Кастор (α) и Поллукс (β) расположены на головах мифических близнецов, а группа звёзд, цепочкой вытянувшихся в направлении Ориона, – тела братьев.

Вблизи зенита отметим ещё несколько интересных созвездий, которые удобно изучать в феврале. Почти в зените рядом с Возничим видно созвездие Персея (α Персея – Мирфак, $1{,}9^m$, но наиболее известна звезда Алголь, β – затменно переменная). На северо-западе видно созвездие Кассиопеи. Между Кассиопеей и Персеем найдём два рассеянных скопления h и χ Персея.

На западе видна цепочка звёзд созвездия Андромеды, которая указывает на Мирфак. Около звезды ν невооружённым глазом можно увидеть знаменитую туманность Андромеды (M31) – гигантскую спиральную галактику.

Западнее Тельца найдите созвездие Овна с яркими Хамалем (α) и Шератаном (β). Над ним под созвездием Андромеды найдём неприметное созвездие Треугольника. Совсем низко над горизонтом на западе видно созвездие Рыб.

ПЛАНЕТЫ

Меркурий движется по созвездиям Козерога и Водолея, 16 февраля произойдёт стояние, после которого он сменит прямое движение на попятное. 16 февраля произойдёт нижнее соединение планеты. В первую неделю месяца Меркурий можно попытаться увидеть в течение более чем получаса после захода Солнца, его блеск меняется от $-0{,}4^m$ до $+0{,}5^m$, а фаза – от 0,5 до 0,3.

Венера ($4{,}6^m$) движется по созвездию Стрельца, видна утром перед восходом Солнца в течение почти 2,5 ч. В небольшой бинокль можно увидеть фазы Венеры, которые меняются от 0,1 в начале месяца до 0,4 в конце.

Марс движется по созвездию Девы, его блеск возрастает от $0{,}1^m$ в начале месяца до $-0{,}2^m$ в конце. Так как угловой диаметр планеты около 10″, то в школьный телескоп можно попытаться увидеть даже полярную шапку на поверхности планеты.

Юпитер ($-2{,}5^m$) движется попятно по созвездию Близнецов и хорошо виден всю ночь. Видимый угловой диаметр планеты около 43″, поэтому в небольшой телескоп можно увидеть зонную структуру планеты и четыре галлиевых спутника.

Сатурн ($0{,}5^m$) движется по созвездию Весов, восходит после часа ночи и виден до утра, его блеск $0{,}5^m$. В небольшой телескоп будет хорошо видно кольцо вокруг планеты.

Уран ($5{,}9^m$) движется по созвездию Рыбы у границы с созвездием Кита, виден вечером всего около 3–4 ч. Планету можно найти в небольшой бинокль, но для этого нужна подробная карта окрестностей планеты [1].

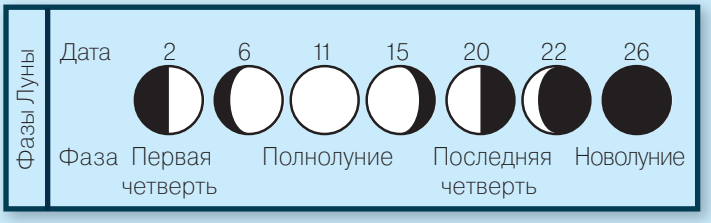
Нептун движется по созвездию Водолея, 23 февраля происходит его соединение с Солнцем, поэтому в этом месяце планета не видна.

МЕТЕОРЫ

Авригиды (февральские), названные по созвездию Возничего (*Auriga*), в котором находится радиант. Период активности – с 8 по 12 февраля, максимум 9 февраля (до 5 мет./ч). Этот поток удобно наблюдать в вечерние часы, когда созвездие Возничего с яркой Капеллой высоко над горизонтом.

Виргиниды – от названия созвездия Девы (*Virgo*). Поток активен с 13 по 21 февраля без выраженного максимума (до 5 мет./ч). Метеоры хорошо видны во второй половине ночи.

Гидриды – от названия созвездия Гидры. Поток активен с 21 по 23 февраля, без резко выраженного максимума (до 4 мет./ч). Лучшее время наблюдений – вторая половина ночи, когда Гидра выше всего над горизонтом.



Литература

1. Шевченко М.Ю., Угольников О.С. Школьный астрономический календарь на 2013/2014 уч. г. Вып. 64: пособие для любителей астрономии. М.: СкайГрупп, 2013.
2. Дайсон Ф., Тер Хаар Д. Нейтронные звёзды и пульсары. М.: Мир, 1973.
3. Небо, наука, поэзия. Античные авторы о небесных светилах, их именах, восходах, заходах и приметах погоды. / Под ред. Н.А. Федорова и П.В. Щеглова. М.: Изд-во МГУ, 1992.

Цветная Вселенная

Представлена подборка фотографий, на которых зафиксированы явления, наблюдаемые в земной атмосфере – окрашивание земной атмосферы в разные цвета (заря) при восходе и заходе Солнца, зелёный луч, голубой луч. Поставлены вопросы, ответы на которые требуют применения физических знаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: заревой сегмент, пояс Венеры, зелёный луч, голубой луч

В.Ф. КАРТАШОВ
kartash44@yandex.ru,
ЧИПС, г. Челябинск

• **Заревой сегмент и пояс Венеры.** Световые явления в атмосфере, связанные с заходом или восходом солнца называют *зарёй* (соответственно *вечерней* или *утренней*), а область неба, где разыгрывается необычный спектакль, – *заревым сегментом*. Когда небо чистое, западная часть горизонта перед заходом Солнца окрашивается в золотисто-жёлтый оттенок, после захода светлое сияние зари усиливается, жёлтый оттенок переходит в оранжевый, небо быстро темнеет, а над центром зари, на высоте около 25°, возникает овальное пурпурно-розовое пятно — «пурпуровый свет» [1, с. 158–159]. В стороне же, противоположной Солнцу, на высоте 10–20° над горизонтом появляется нежно окрашенная (в цвета от розового до оранжевого) полоса, которую называют *поясом Венеры*. С опусканием Солнца под горизонт пояс превращается в узкую полоску и исчезает.

Вопрос. Какие физические законы следует знать, чтобы понять природу явления, которое мы называем зарёй?

Ответ. Явление зари объяснить нелегко, его особенности зависят от различных атмосферных факторов. По мере приближения Солнца к горизонту его лучи проходят через всё большую массу воздуха (вблизи горизонта и вблизи зенита она различается примерно в 35 раз). Ослабление солнечного излучения происходит из-за его рассеяния и поглощения в атмосфере Земли. Если атмосфера пыльная, то количество рассеянного излучения зависит от угла рассеяния.

Если размер частиц много меньше длины волны света (0,4—0,8 мкм), то форма индикатрисы приближается к сферической, при сравнимых размерах она значительно вытягивается «вперёд». Для частиц микронного размера коэффициент рассеяния обратно пропорционален длине волны [2, с. 103]. Поэтому чем ближе Солнце к горизонту, тем более красным становится его свечение. Значит, и в свечении неба вблизи горизонта преобладают красные и оранжевые лучи. Именно такие цвета приобретают облака, освещённые Солнцем, и заревой ореол вокруг него.

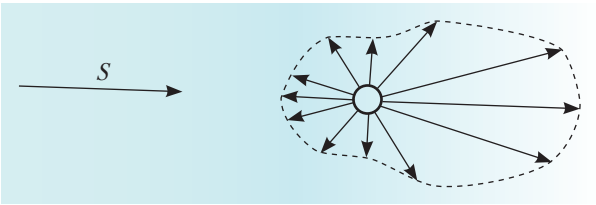
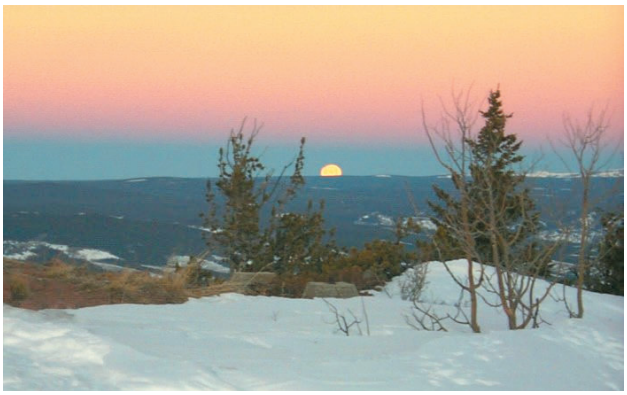


Диаграмма рассеяния света частицей размером 0,1 мкм.
Стрелки — направления рассеянного света, их длина пропорциональна интенсивности рассеяния



http://apod.nasa.gov/apod/ap050127.html

Пояс Венеры на западной стороне неба рано утром. Видна заходящая полная Луна. Тёмно-синяя полоса – тень Земли на атмосфере

http://apod.nasa.gov/apod/image/0304/earthterminator_iss002_full.jpg

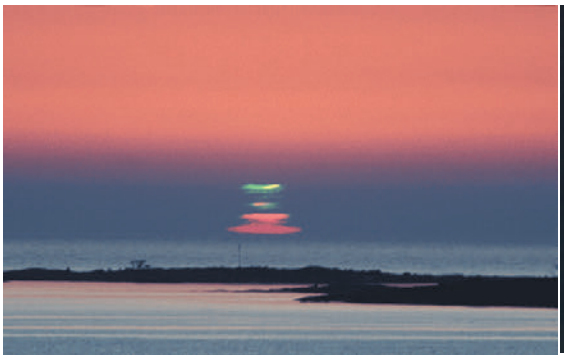
Сумеречная полоса Земли

http://apod.nasa.gov/apod/image/0112/belfoverus_dmiller_big.jpg

Пояс Венеры на поздней утренней заре

Чем более высокие слои атмосферы освещает над горизонтом Солнце, тем больше его «родного» жёлтого цвета – ведь оно бело-жёлтая звезда. А те слои атмосферы, в которых мало пыли, окрашены в голубой цвет (см. № 1/2013, с. 36–37). Между ними могут располагаться слои зеленоватого цвета. То есть, рассматривая рассеяние света пылью и газом, можно вполне объяснить явление зари.

http://apod.nasa.gov/apod/image/0211/greenflash_parviainen_big.gif



http://apod.nasa.gov/apod/image/0005/green-flash_casado_big.jpg

http://apod.nasa.gov/apod/image/0201/blueflash_cogo_big.jpg

▲ Голубой луч

◀ Зелёный луч

Увеличение пыли может привести к тому, что заревой сегмент практически не будет наблюдаться. За ночь пыль из атмосферы в основном оседает, поэтому утренняя заря существенно красивее, чем вечерняя.

Зелёный луч Солнца. Одни считают, что «зелёный луч» – просто миф, поскольку лишь единицы могут похвалиться, что видели его. Другие считают, что хотя явление и существует, но природа его происхождения не ясна. На фото (*вверху слева и в центре*) зафиксировано явление зелёного луча. Когда Солнце почти полностью исчезает за линией горизонта, оно как бы посылает прощальный луч в виде вспышки зелёного цвета. Явление можно наблюдать лишь при определённых условиях, но непременно при чистом горизонте в месте захода Солнца и прозрачной атмосфере. Самым благоприятным является время захода (или восхода) Солнца после дождя.

Вопрос. Какова природа «зелёного» луча?

Ответ. Впервые явление объяснено астрофизиком Г.А. Тиховым, «дедушкой» современной астробиологии [3]. Согласно его расчётам, оно длится несколько секунд. Если посмотреть на изображение звезды в телескоп хорошего качества, то можно заметить, что верхняя её часть окрашена в зеленовато-синий цвет. Что же разлагает свет звезды в спектр? Поскольку излучение звезды проходит через земную атмосферу, то стоит «заподозрить» именно её.

Действительно, для звёздных лучей она играет роль гигантской призмы, искажающей изображения звёзд. Правда, угловая величина смещения для красных и фиолетовых (крайних в видимом спектре) не превышает 30–35′. Если посмотреть через призму на окружающие предметы, то эффект заметить совсем легко: изображение самого предмета как бы размыто, а его края окрашены.

Солнце не является исключением. В результате атмосферной дисперсии (явления разложения белого света на составные цвета) наблюдатель видит множество его изображений, смещённых друг относительно друга в вертикальном направлении. Для Солнца это около 1/64 части угла, под которым оно видно с Земли. Участки, расположенные в центральных частях изображения, выглядят белыми, так как разные цвета накладываются друг на друга (вспомните диск Ньютона!)

Верхняя часть искажённого у горизонта изображения Солнца имеет вид радужного серпика, представляющего небольшой спектр его края. Фиолетовые и синие лучи почти неотличимы от цвета неба, да и они столь сильно рассеиваются земной атмосферой, что почти не доходят до наблюдателя, красные и оранжевые – почти сливаются с цветом самого светила. Нужно ещё учесть, что глаз человека обладает особенностью воспринимать лучи разного цвета по-разному (*кривая видности*): чувствительность к синим лучам значительно меньше, чем к зелёным! Поэтому зелёные лучи заметны как сияние зелёного цвета, причём очевидцы отмечают его изумрудный оттенок. А иногда это свечение можно зафиксировать на изображении!

К явлению зелёного луча

Продолжительность явления зависит от широты места и времени года, поскольку они определяют траекторию видимого движения Солнца по отношению к горизонту. Как правило, «зелёный луч» наблюдается лишь несколько секунд, но в приполярных областях удавалось любоваться им значительно дольше. Любителям астрономии удавалось зафиксировать не только зелёный луч, но также и синий.

Кстати, можно попытаться увидеть и «красный луч», для чего следует посмотреть на Солнце в момент появления нижнего края его диска из-за кромки тучи, в которой до этого было скрыто светило.

Момент появления зелёного луча можно предсказать. Теория «миражей», которая частично объясняет явление, отмечает, что если по мере погружения Солнца под горизонт образуется фигура, похожая на греческую букву «омега», то минуты через две возможно покажется зелёный луч.

Литература

1. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Ленинград.: Гидрометеоиздат, 1974. 568 с.
2. Колчинский И.Г. и др. Что можно увидеть на небе: Справочник. Киев: Наукова думка, 1982.
3. Зелёный луч. Википедия. http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Зелёный_луч&stable=0&redirect=no.

MimioClassroom

Весь спектр интерактивного оборудования
для школы и детского сада

Интерактивная приставка
MimioBoard

Интерактивная доска
MimioBoard

ME78 — диагональ 78''
ME87 — диагональ 87''

Интерактивный
короткофокусный проектор
MimioProjector

Документ-камера
MimioView

Автоматическое конспектирование урока
MimioCapture

Система автоматизациии тестирования
MimioVote

Все оборудование поставляется с ПО MimioStudio, позволяющим создавать интерактивные уроки, проводить тестирования и голосования. MimioStudio является центром интеграции всего интерактивного оборудования класса и позволяет использовать оборудование иных производителей. Совместимо с Microsoft Windows, Linux и MacOS.

Продажа оборудования, консультации и обучение:

http://www.mimioclass.ru

8 (800) 5555-33-0

Звонок по России бесплатный

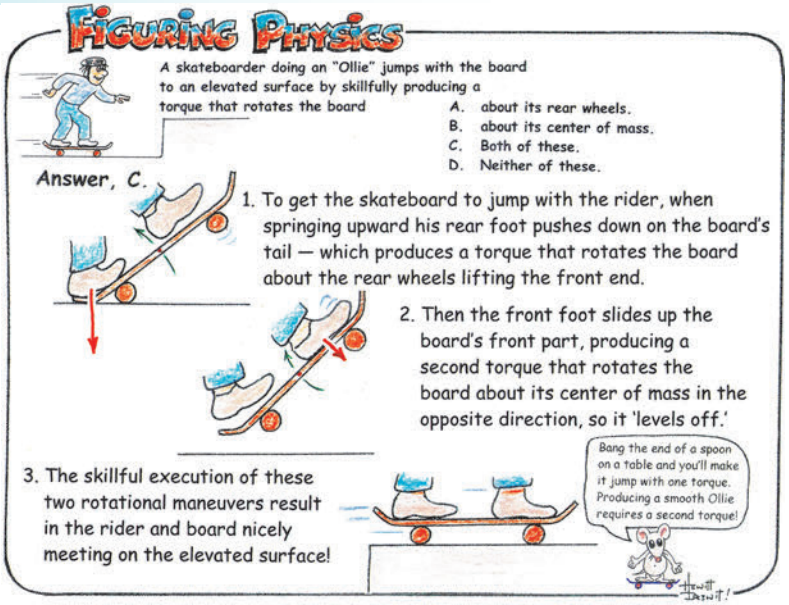
ООО «Рене» — генеральный дистрибьютор Mimio в России

mimio
a better way to learn

«ЕГЭ» по-американски

76. Чтобы запрыгнуть на какой-нибудь уступ, скейтбордист делает трюк олли, то есть сообщает скейту крутящий момент, закручивает скейт:

A) относительно задних колёс;
B) относительно центра масс;
C) относительно того и другого.
D) Ничего такого он не делает.



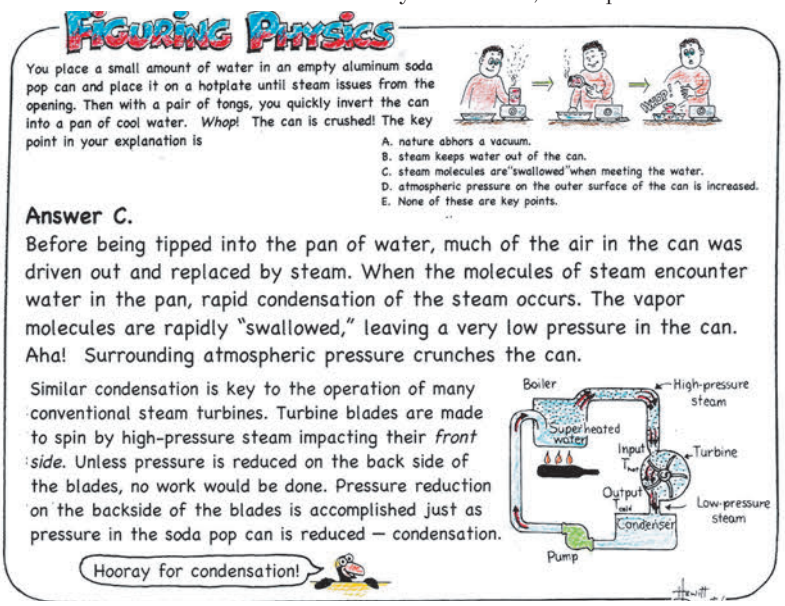
Верный ответ *C*. 1. Чтобы подпрыгнуть вместе с доской, скейтбордист сначала задней ногой надавливает на хвост доски и создаёт крутящий момент, в результате чего доска поворачивается вокруг оси, проходящей через задние колёса, и её передний конец поднимается. 2. Затем передняя нога скользит к носу скейта, при этом возникает второй крутящий момент – доска вращается вокруг центра масс в противоположном направлении и поднимается в воздух (конечно сейтбордист при этом и сам должен подпрыгнуть. – http://akak.ru/recipes/4073-kak-sdelat-tryuk-ollie-olli-na-skeyte). 3. При умелом выполнении этих двух вращений скейтбордист легко запрыгивает на уступ.

Мышонок. Если слегка стукнуть по краю лежащей на столе ложки, она начнёт вращаться, как скейт в первой фазе приёма олли. Чтобы приём получился полностью, ложке надо придать вращение вокруг центра тяжести.

Physics Teacher, 2013. p. 452. November

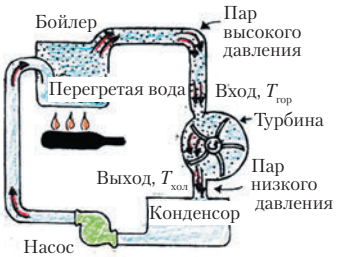
77. Если налить немного воды в пустую алюминиевую банку из-под газировки и поставить её на горячую плиту, из банки вскоре начнёт выходить пар. Дождитесь, когда вода почти вся выкипит, быстро возьмите банку щипцами, переверните её и опустите в кастрюлю с водой – ТРАХ! и банка под действием атмосферного давления сплющится. Ключевое объяснение:

A) природа не терпит пустоты;
B) пар вытесняет воду из банки;
C) при соприкосновении с водой молекулы пара «поглощаются» ею, пар конденсируется;
D) вблизи горячего дна банки атмосферное давление повышается;
E) основная причина не указана.



Верный ответ *C*. Вода в банке на первом этапе процесса почти полностью превращается в пар. Поэтому, когда на втором этапе молекулы водяного пара влетают в жидкую воду в кастрюле, пар немедленно конденсируется. При этом давление внутри банки резко падает, и атмосферное давление раздавливает её.

Конденсация лежит в основе работы обычной паровой турбины. Ротор турбины вращается, потому что на передние концы лопаток давит пар высокого давления. Однако лопатка не повернётся, если давление по обе её стороны будет одинаковым. Чтобы турбина работала, надо уменьшить давление на тыльную сторону лопатки, – и это достигается, как и при опускании нашей банки в кастрюлю, путём конденсации пара.



Птенчик. Слава конденсации!

Physics Teacher, 2011. V. 49. February

Н.Д. КОЗЛОВА (пер. с англ.)

Физика элементарных частиц и космология: современный этап развития

Популярно представлено современное понимание нерешённых проблем физики элементарных частиц и космологии: какой материей наполнена Вселенная сегодня? какова была её эволюция в прошлом? какие процессы, происходившие между элементарными частицами в ранней Вселенной, привели в конечном итоге к её современному состоянию?

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: космология, Вселенная, тёмная энергия, тёмная материя

Академик РАН
проф. **В.А. РУБАКОВ**
rubakov@inr.ac.ru,
Институт ядерных исследований РАН,
физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Современное понимание нерешённых проблем физики элементарных частиц и космологии приводит к выводу о том, что перед естествознанием встают вопросы весьма нестандартного характера, и в ближайшем будущем, возможно (хотя и далеко не обязательно), произойдёт радикальное дополнение имеющихся сегодня представлений о законах природы. Ключевыми с этой точки зрения должны стать эксперименты на введённом в строй протон-протонном коллайдере *LHC* в ЦЕРНе.

Естествознание сейчас находится в начале нового, необычайно интересного этапа своего развития. Он замечателен прежде всего тем, что наука о микромире (физика элементарных частиц) и наука о Вселенной (космология) становятся единой наукой о фундаментальных свойствах окружающего нас мира. Различными методами они отвечают на одни и те же вопросы: какой материей наполнена Вселенная сегодня? какова была её эволюция в прошлом? какие процессы, происходившие между элементарными частицами в ранней Вселенной, привели в конечном итоге к её современному состоянию?

Если сравнительно недавно обсуждение такого рода вопросов останавливалось на уровне гипотез, то сегодня имеются многочисленные экспериментальные и наблюдательные данные, позволяющие получать количественные ответы. Это ещё одна особенность нынешнего этапа: космология за последние 15–20 лет стала точной наукой.

Сегодня мы знаем всё или почти всё о тех кирпичиках, из которых состоит обычное вещество (атомы, атомные ядра, входящие в состав ядер протоны и нейтроны), а также о том, как взаимодействуют между собой эти кирпичики на расстояниях вплоть до 10^{-16} см, то есть до 1/1000 размера атомного ядра, что соответствует энергиям и массам* порядка 100 ГэВ. Это знание получено в результате многолетних экспериментальных исследований (в основном, на ускорителях) и теоретического осмысления этих экспериментов. Космологические же данные свидетельствуют о существовании новых типов частиц, ещё не открытых в земных условиях и составляющих *тёмную материю* во Вселенной. Скорее всего речь идёт о целом пласте новых явлений в физике микромира, и вполне возможно, что этот пласт явлений будет открыт в земных лабораториях в недалёком будущем.

Ещё более удивительным результатом наблюдательной космологии стало указание на существование совершенно новой формы материи – тёмной энергии. Мы пока не знаем, каковы свойства тёмной материи и тёмной энергии, какова её интерпретация с точки зрения физики микромира, каковы перспективы изучения тёмной материи и тёмной энергии в земных условиях.

Кроме того, имеются проблемы и в самой физике элементарных частиц. Они связаны с существованием иерархий – различий на несколько, а нередко и на много порядков величины – между фундаментальными константами, понимаемыми в широком смысле как безразмерные параметры теории. Надёжного, экспериментально проверенного объяснения этих иерархий до сих пор нет, а некоторые из них не поддаются объяснению даже с помощью сколько-нибудь правдоподобных гипотез.

Основная наша задача – обсудить, к какого рода выводам подталкивают вопросы, накопившиеся в физике частиц и космологии, и насколько будущие эксперименты могут подтвердить эти выводы. В данном случае речь идёт в первую очередь об экс-

*В дальнейшем, как это принято в физике элементарных частиц, используется система единиц, в которой скорость света и постоянная Планка положены равными единице: $c = \hbar = 1$. В этой системе масса (энергия покоя) протона примерно равна 1 ГэВ.

периментах на протон-протонном коллайдере *LHC* в ЦЕРНе с энергией сталкивающихся протонов 7×7 ТэВ, где доступна новая область энергий.

Иерархии в физике частиц

Все известные элементарные частицы и их взаимодействия, за исключением нейтринных осцилляций, описываются теорией, которую традиционно называют Стандартной моделью физики частиц (см. например [1]). Эта теория довольно проста. На рис. 1 показаны три известных семейства элементарных частиц: лептоны (электроны, мюоны, тау-лептоны, нейтрино, кварки), их античастицы и частицы, ответственные за взаимодействия (фотоны – за электромагнитные взаимодействия, *W*- и *Z*-бозоны – за слабые, глюоны – за сильные) и бозон Хиггса (ответственный за массу).

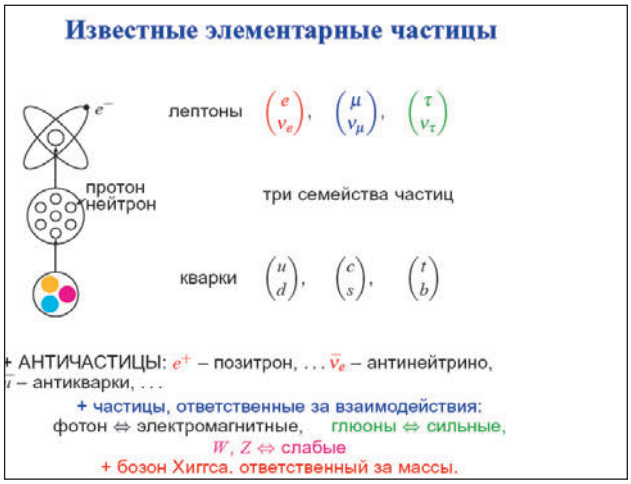


Рис. 1

В Минимальной стандартной модели масштаб энергий и масс для электрослабых взаимодействий оценивается как 247 ГэВ, для сильных взаимодействий – как 200 МэВ, для гравитационных взаимодействий – как 10^{19} ГэВ. Почему же масштабы сильных и электрослабых взаимодействий довольно близки, а масштаб гравитационных взаимодействий так сильно от них отличается? В рамках самой Стандартной модели ответа на этот вопрос нет.

УСПЕХИ И ЗАГАДКИ КОСМОЛОГИИ

Расширяющаяся Вселенная

Имеется целый ряд фактов, говорящих о свойствах Вселенной сегодня и в относительно недалёком прошлом.

- **Вселенная в целом однородна.** Все области во Вселенной выглядят одинаково. Разумеется, это не относится к небольшим областям: есть области, где много звёзд, – галактики; есть области большего размера, где много галактик, – скопления галактик; есть и области, где галактик мало, – гигантские пустоты. Но области размером 600 млн св. лет и больше выглядят все одинаково. Об этом однозначно свидетельствуют астрономические наблюдения, позволившие составить «карту» Вселенной до расстояний более 10 млрд св. лет от нас*. Нужно сказать, что эта «карта» служит источником ценнейшей информации о современной Вселенной, поскольку она позволяет на количественном уровне определить, как именно распределено вещество во Вселенной.

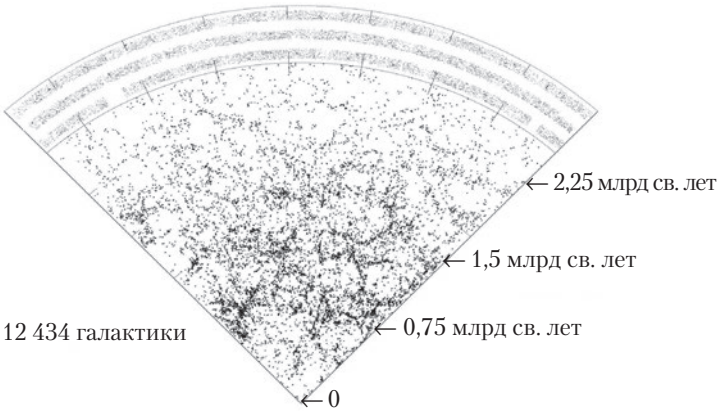


Рис. 2. Ближняя часть Вселенной

На рис. 2 показан фрагмент относительно близкой к нам части Вселенной. Видно, что имеются структуры довольно большого размера, но в целом галактики «разбросаны» однородно.

- **Вселенная расширяется**. Пространство растягивается во все стороны, галактики удаляются друг от друга, и тем быстрее, чем дальше от нас находится та или иная галактика (рис. 3). Сегодня темп этого расширения невелик: все расстояния увеличатся вдвое** примерно за 12 млрд лет, однако раньше темп расширения был гораздо выше. Плотность вещества во Вселенной убывает с течением времени, и в будущем Вселенная будет становиться всё более и более разреженной. О расширении Вселенной прямо свидетельствует «покраснение» света, испущенного удалёнными галактиками или яркими звёздами: из-за общего растяжения пространства длина волны света увеличивается за то время, пока он летит к нам. Именно это явление было установлено Э. Хабблом в 1927 г. и послужило наблюдательным доказательством расширения Вселенной, предсказанного за три года до этого Александром Фридманом.

Замечательно, что современные наблюдательные данные позволяют не только измерить темп расши-

*В настоящее время уже более чем для миллиона галактик измерено и направление, и расстояние.

**Разумеется, это не относится к расстоянию от Земли до Солнца или к расстоянию между звёздами в Галактике. Земля удерживается вблизи Солнца силами гравитационного притяжения, и расстояние от неё до Солнца не изменяется из-за расширения Вселенной.

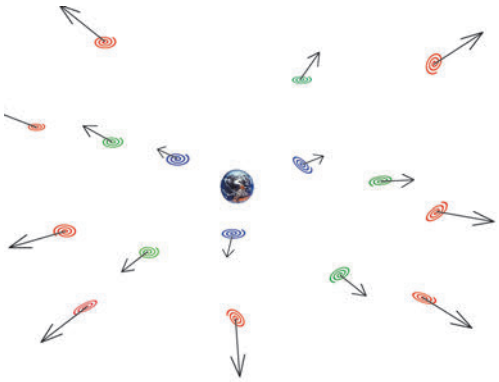


Рис. 3. Расширяющаяся Вселенная

рения Вселенной в настоящее время, но проследить за темпом её расширения в прошлом. Сам факт расширения Вселенной вместе с теорией гравитации (общей теорией относительности) свидетельствует о том, что в прошлом Вселенная была чрезвычайно плотной и чрезвычайно быстро расширялась. Если проследить эволюцию Вселенной назад в прошлое, используя известные законы физики, то мы придём к выводу, что эта эволюция началась с момента Большого Взрыва. В этот момент вещество во Вселенной было настолько плотным, а гравитационное взаимодействие настолько сильным, что известные законы физики были неприменимы. С тех пор прошло 13,7 млрд лет – это возраст современной Вселенной.

• **Вселенная «тёплая»**. В ней имеется электромагнитное излучение, характеризуемое температурой 2,725 К (реликтовые фотоны, сегодня представляющие собой радиоволны). Разумеется, эта температура сегодня невелика (ниже температуры жидкого гелия), однако так было не всегда. В процессе расширения Вселенная остывает, так что на ранних стадиях её эволюции температура, как и плотность вещества, была гораздо выше, чем сегодня. В прошлом Вселенная была горячей, плотной и быстро расширяющейся.

Вселенная в прошлом

Обсудим два этапа эволюции Вселенной, о которых сегодня имеются надёжные наблюдательные данные. Один из них, относительно недавний, – этап перехода вещества во Вселенной из состояния плазмы в газообразное состояние (рис. 4). Это произошло при температуре 3000 К, возраст Вселенной к тому моменту составлял 380 тыс. лет (совсем немного по сравнению с современными 13,7 млрд лет). До этого электроны и протоны двигались отдельно друг от друга, вещество представляло из себя плазму. При температуре 3000 К произошло объединение электронов и протонов в атомы водорода, и Вселенная оказалась заполненной этим газом.

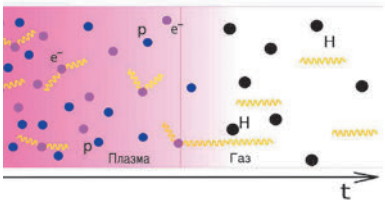


Рис. 4. Переход вещества из состояния плазмы в состояние газ во Вселенной, когда ей было 380 тыс. лет

Важно, что плазма непрозрачна для электромагнитного излучения, фотоны же всё время излучаются, поглощаются, рассеиваются на электронах плазмы. Газ, наоборот, прозрачен. Значит, пришедшее к нам электромагнитное излучение с температурой 2,7 К свободно путешествовало во Вселенной с момента перехода плазма–газ, остыв (покраснев) с тех пор в 1100 раз из-за расширения Вселенной. Это реликтовое электромагнитное излучение сохранило в себе информацию о состоянии Вселенной в момент перехода плазма–газ; с его помощью мы имеем фотоснимок (буквально!) Вселенной в возрасте 380 тыс. лет, когда её температура составляла 3000 К.

• **Наше пространство – евклидово**. Измеряя температуру этого реликтового электромагнитного излучения, приходящего к нам с разных направлений на небе (рис. 5), мы узнаём, какие области были теплее или холоднее (а значит, плотнее или разреженнее), чем в среднем по Вселенной, а главное, насколько они были теплее или холоднее. Результат этих измерений состоит в том, что Вселенная в возрасте 380 тыс. лет была гораздо более однородной, чем сегодня: вариации температуры и плотности составляли тогда менее 10^{-4} (0,01%) от средних значений. Тем не менее, эти вариации существовали.

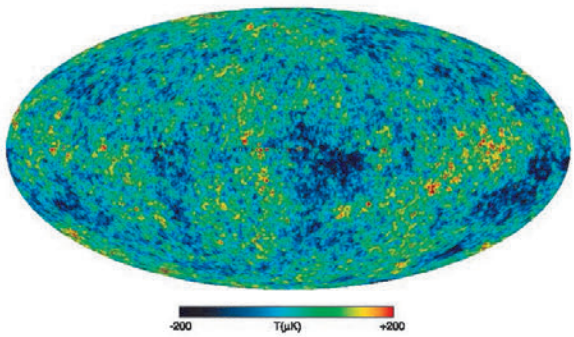


Рис. 5. Распределение температуры по небесной сфере (фото ранней Вселенной) за вычетом средней температуры 2,725 К. Более холодные области показаны синим, более тёплые – красным цветом

Анализ привёл к нескольким важным и неожиданным выводам. Во-первых, он позволил установить, что наше трёхмерное пространство с хорошей степенью точности евклидово: сумма углов треугольника в нём равна 180° даже при стороне треугольника, сравнимой с размером видимой части Вселенной (а он составляет 45 млрд св. лет; из-за расширения Все-

ленной это больше, чем возраст Вселенной, умноженный на скорость света). В случае евклидовой геометрии трёхмерного пространства общая теория относительности однозначно связывает темп расширения Вселенной с суммарной плотностью всех форм энергии, так же как в ньютоновской теории тяготения, скорость обращения Земли вокруг Солнца определяется массой Солнца. Измеренный темп расширения соответствует полной плотности энергии в современной Вселенной $\varepsilon = 0{,}008$ эрг/м^3. Или в терминах плотности массы (поскольку энергия связана с массой соотношением $E = mc^2$): $\varepsilon = 5m_pc^2/\text{м}^3$, где m_p – масса протона.

Если бы энергия во Вселенной целиком определялась энергией покоя обычного вещества, то в среднем во Вселенной было бы 5 протонов в кубическом метре. Мы увидим, однако, что обычного вещества во Вселенной гораздо меньше.

Во-вторых, из рис. 5 можно установить, что величина (амплитуда) неоднородностей температуры и плотности в ранней Вселенной составляла $10^{-4}...10^{-5}$ от средних значений. Именно из этих неоднородностей плотности возникли галактики и скопления галактик: области с более высокой плотностью притягивали к себе окружающее вещество за счёт гравитационных сил, становились ещё более плотными и в конечном итоге образовывали галактики.

Поскольку начальные неоднородности плотности известны, процесс образования галактик можно рассчитать и результат сравнить с наблюдаемым распределением галактик во Вселенной. Этот расчёт согласуется с наблюдениями, только если предположить, что помимо обычного вещества во Вселенной имеется другой тип вещества – **тёмная материя**, вклад которой в полную плотность энергии сегодня составляет 24%.

Другой этап эволюции Вселенной соответствует ещё более ранним временам: от 1 до 200 секунд (!) с момента Большого Взрыва, когда температура Вселенной достигала миллиардов градусов. В это время во Вселенной происходили термоядерные реакции, аналогичные реакциям, протекающим в центре Солнца или в термоядерной бомбе. В результате этих реакций часть протонов связалась с нейтронами и образовала лёгкие ядра – ядра гелия, дейтерия и лития-7. Количество образовавшихся лёгких ядер можно рассчитать, при этом единственным неизвестным параметром является плотность числа протонов во Вселенной. Последнюю обычно соотносят с плотностью числа фотонов: $\eta_B = \frac{n_B}{n_\gamma}$, где n_B и n_γ – плотности числа барионов и фотонов соответственно. Такое отношение не зависит от времени в расширяющейся Вселенной, хотя сами n_B и n_γ уменьшаются со временем.

Сравнение этого расчёта с наблюдаемым количеством лёгких элементов позволяют сделать вывод о том, что плотность массы обычного вещества в современной Вселенной равна $\varepsilon = 0{,}25m_pc^2/\text{м}^3$, то есть вклад обычного вещества в полную плотность энергии Вселенной составляет всего 5%.

Итак, доля обычного вещества (протонов, атомных ядер, электронов) в суммарной энергии в современной Вселенной составляет* всего 5%. Помимо обычного вещества во Вселенной имеются и реликтовые нейтрино (около 300 нейтрино всех типов в 1 см^3). Их вклад в полную энергию (массу) во Вселенной невелик (массы нейтрино малы), не более 1%. Оставшиеся 90–95% полной энергии во Вселенной – «неизвестно что». Более того, это «неизвестно что» состоит из двух фракций: **тёмной материи** и **тёмной энергии**, рис. 6.

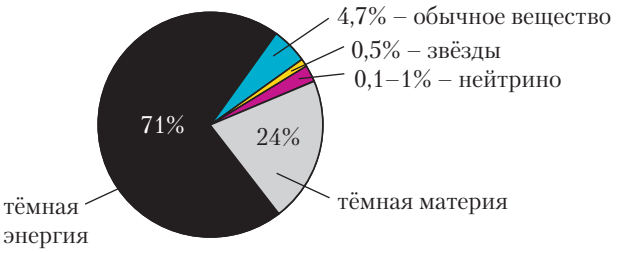


Рис. 6. Баланс энергий в современной Вселенной

● **Тёмная материя.** Тёмная материя сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки (размером, скажем, с галактику или скопление галактик) и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых ещё в земных условиях частиц (см. обзоры [2]). Помимо космологических данных в пользу существования тёмной материи служат измерения гравитационного поля в скоплениях галактик и в галактиках.

Имеется несколько способов измерения гравитационного поля в скоплениях галактик, один из которых – гравитационное линзирование, рис. 7. Гравитационное поле скопления искривляет лучи света, испущенные галактикой, находящейся за скоплением, то есть действует, как линза. При этом иногда появляются несколько образов этой удалённой галактики: на правой половине рис. 7 они имеют голубой цвет. Искривление света зависит от распределения массы в скоплении, независимо от того, какие частицы эту массу создают.

*При этом вещества в звёздах ещё в 10 раз меньше; обычное вещество находится в основном в облаках газа.

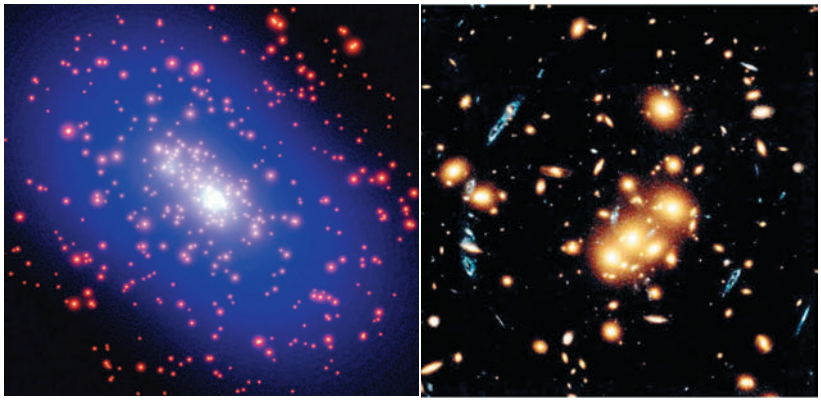


Рис. 7. Скопление CL0024+1654 [15]: синий цвет на левом рисунке иллюстрирует распределение тёмной материи; серповидные объекты голубого цвета на правом рисунке – множественное изображение галактики, расположенной далеко за скоплением

Восстановленное таким образом распределение массы показано на левой половине рис. 7 голубым цветом. Видно, что оно сильно отличается от распределения светящегося вещества. Измеренные подобным образом массы скоплений галактик согласуются с тем, что тёмная материя вкладывает около 25% в полную плотность энергии во Вселенной. Напомним, что это же число получается из сравнения теории образования структур (галактик, скоплений) с наблюдениями. Тёмная материя имеется и в галактиках. Это опять-таки следует из измерений гравитационного поля, теперь уже в галактиках и их окрестностях. Чем сильнее гравитационное поле, тем быстрее вращаются вокруг галактики звёзды и облака газа, так что измерение скоростей вращения в зависимости от расстояния до центра галактики позволяют восстановить распределение массы в ней. В нашей Галактике в окрестностях Солнца масса тёмной материи примерно равна массе обычного вещества.

Что представляют из себя частицы тёмной материи? Ясно, что эти частицы не должны распадаться на другие, более лёгкие частицы, иначе бы они распались за время существования Вселенной. Сам этот факт свидетельствует о том, что в природе действует новый, не открытый пока закон сохранения, запрещающий этим частицам распадаться. Аналогия здесь с законом сохранения электрического заряда: электрон – это легчайшая частица с электрическим зарядом, и именно поэтому он не распадается на более лёгкие частицы (например, нейтрино и фотоны). Далее, частицы тёмной материи чрезвычайно слабо взаимодействуют с нашим веществом, иначе они были бы уже обнаружены в земных экспериментах. Дальше начинается область гипотез.

Требуемая плотность массы тёмной материи во Вселенной получается, если предположить, что масса частицы тёмной материи оценивается величиной ~10 ГэВ...1 ТэВ, а интенсивность взаимодействий частиц тёмной материи между собой и с обычным веществом сравнима с интенсивностью слабых взаимодействий.

Такие гипотетические частицы называют *вимпами* (от английской аббревиатуры *WIMP – weakly interacting massive particle*). Другими гипотетическими кандидатами на роль частиц тёмной материи являются аксионы, гравитино, сверхмассивные частицы и так далее, однако в большинстве сценариев требуемую плотность массы тёмной материи во Вселенной удаётся получить лишь ценой подгонки параметров модели.

Можно ли ожидать открытия частиц тёмной материи в недалёком будущем в земных условиях? Поскольку мы сегодня не знаем природы этих частиц, ответить на этот вопрос вполне однозначно нельзя. Тем не менее, перспектива представляется весьма оптимистической. Имеется несколько путей поиска. Один из них связан с экспериментами на будущих ускорителях высокой энергии – коллайдерах. Если частицы тёмной материи действительно тяжелее протона в 100...1000 раз, то они будут рождаться в столкновениях обычных частиц, разогнанных на коллайдерах до высоких энергий (достигнутых на существующих коллайдерах энергий для этого не хватает). Ближайшие перспективы здесь вновь связаны с *LHC*, на котором будут получены встречные пучки протонов с энергией 7 × 7 ТэВ. Нужно сказать, что, согласно популярным сегодня гипотезам (включая гипотезу о суперсимметрии), частицы тёмной материи – это лишь представители нового семейства элементарных частиц, так что наряду с открытием частиц тёмной материи можно надеяться на обнаружение на ускорителях целого класса новых частиц и новых взаимодействий. Космология подсказывает, что известными сегодня «кирпичиками» мир элементарных частиц далеко не исчерпывается!

Другой путь состоит в регистрации частиц тёмной материи, которые летают вокруг нас. Их отнюдь не мало: при массе, равной 1000 m_p, этих частиц здесь и сейчас должно быть 1000 штук в 1 м^3. Проблема в том, что они крайне слабо взаимодействуют с обычными частицами, вещество для них прозрачно. Тем не менее, частицы тёмной материи изредка сталкиваются с атомными ядрами, и эти столкновения можно надеяться зарегистрировать. Поиск в этом направлении ведётся с помощью целого ряда высокочувствительных детекторов, помещённых глубоко под землёй, где резко снижен фон от космических лучей.

Наконец, ещё один путь связан с регистрацией продуктов аннигиляции частиц тёмной материи между собой. Эти частицы должны скапливаться в центре Земли и в центре Солнца (вещество для

них практически прозрачно, и они способны проваливаться внутрь Земли или Солнца). Там они аннигилируют друг с другом, и при этом образуются другие частицы, в том числе нейтрино. Эти нейтрино свободно проходят сквозь толщу Земли или Солнца и могут быть зарегистрированы специальными установками – нейтринными телескопами. Один из таких нейтринных телескопов (НТ-200, рис. 8) расположен в глубине озера Байкал, другой (*IceCUBE*) – глубоко во льду в Антарктиде.

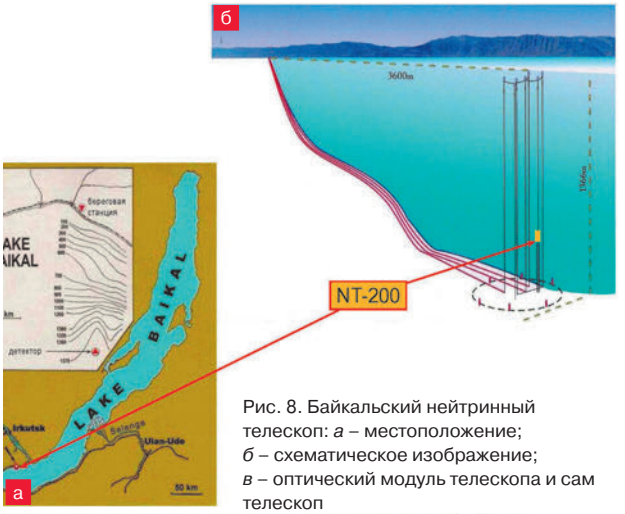
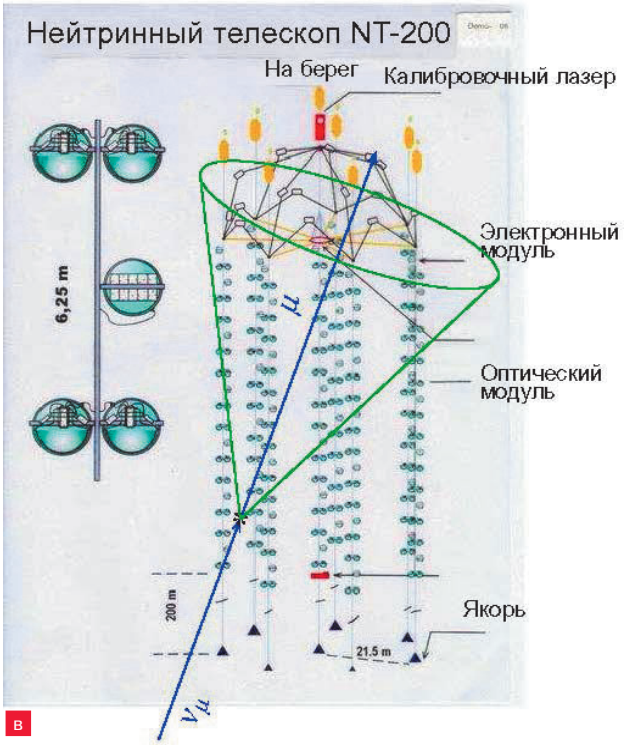


Рис. 8. Байкальский нейтринный телескоп: *а* – местоположение; *б* – схематическое изображение; *в* – оптический модуль телескопа и сам телескоп



Нейтрино, приходящее, например, из центра Солнца, может с малой вероятностью испытать взаимодействие в воде, в результате чего образуется заряженная частица (мюон), свет от которой и регистрируется. Поскольку взаимодействие нейтрино с веществом очень слабое, вероятность такого события мала, и требуются детекторы очень большого объёма. Сейчас на Южном полюсе работает детектор объёмом 1 км^3. Детекторы такого же или даже большего объёма планируется разместить в глубине озера Байкал и в Средиземном море.

Имеются и другие подходы к поиску частиц тёмной материи, например, поиск продуктов их аннигиляции в центральной области нашей Галактики. Какой из всех этих путей первым приведёт к успеху, покажет время, но в любом случае открытие этих новых частиц и изучение их свойств станет важнейшим научным достижением. Эти частицы расскажут нам о свойствах Вселенной через 10^{-9} с после Большого Взрыва, когда температура Вселенной составляла 10^{15} К, и частицы тёмной материи интенсивно взаимодействовали с космической плазмой.

● **Тёмная энергия.** Гравитационные свойства тёмной энергии сильно отличаются от свойств других форм энергии (см. обзоры [3]). Тёмная энергия не собирается в сгустки, она равномерно «разлита» во Вселенной. Плотность тёмной энергии очень слабо меняется или вообще не меняется со временем, в то время как плотность любых частиц относительно быстро падает из-за расширения Вселенной. Наличие тёмной энергии приводит к ускоренному расширению Вселенной, так что можно условно сказать, что тёмная энергия испытывает антигравитацию. В рамках общей теории относительности это возможно, если эта субстанция имеет, помимо положительной энергии, отрицательное давление. Отрицательность давления следует и из общего соотношения $dE = -pdV$. Действительно, если плотность энергии постоянна или почти постоянна во времени, то при расширении Вселенной энергия (в сопутствующем объёме) растёт, как объём, так что давление должно быть отрицательным и равным или почти равным по абсолютной величине плотности энергии.

Возможные формы тёмной энергии и их прявления в космологических наблюдениях обсуждаются сейчас очень широко. Одна из возможностей состоит в том, что тёмная энергия – это энергия вакуума (или космологическая постоянная, что одно и то же по крайней мере при современном понимании вопроса).

Что всё это значит?

Суммируя, можно сказать, что и в физике частиц, и в космологии многие фундаментальные факты выглядят сегодня как противоречащие критерию естественности. С одной стороны, однородные параметры теории элементарных частиц оказываются разнесёнными на много порядков величины: одним из примеров здесь служат энергетические масштабы, характеризующие различные взаимодействия и тёмную энергию. Другой пример – безразмерные

константы, определяющие массы кварков и заряженных лептонов. С другой стороны, разнородные характеристики Вселенной, например, плотность тёмной материи и плотность обычного вещества, оказываются одинаковыми по порядку величины, несмотря на различные, по всей вероятности, механизмы их генерации в ранней Вселенной. Особняком стоит проблема космологической постоянной (энергии вакуума), которая остаётся не решённой в течение нескольких десятков лет, несмотря на все усилия теоретиков.

Разумеется, наиболее привлекательной является возможность того, что каждый из этих фактов имеет своё динамическое объяснение. О некоторых гипотезах такого рода мы кратко упомянули в предыдущих разделах. Замечательно, что большинство из них требует расширения известных представлений о физике частиц, доступного экспериментальной проверке в недалёком будущем, в первую очередьна *LHC*. С такой точки зрения надо ожидать открытия целых пластов «новой физики» в ближайшие годы.

Имеется, однако, и другая возможность. А именно, нельзя считать исключённым, что «случайности» действительно имеют место на самом фундаментальном уровне, что значения некоторых (или даже многих) параметров теории действительно не являются естественными. На такую точку зрения позволяет встать антропный принцип, согласно которому наблюдаемые нами фундаментальные параметры таковы, чтобы наше существование было вообще возможно (см. обзоры [4, 5]). В пользу антропного принципа говорит то, что в природе действительно есть «дружелюбные случайности», например:

– Значение космологической постоянной, если его воспринимать как случайность, оказалось на много порядков меньше значений энергии вакуума, характерных для физики частиц. Если бы космологическая постоянная была на 2–3 порядка больше по абсолютной величине, чем реально наблюдаемая, то звёзды типа Солнца и планетные системы не могли бы образоваться [6, 7].

– Массы лёгких кварков и электромагнитная константа $\alpha = 1/137$ таковы, что нейтрон тяжелее протона (и поэтому в природе есть водород), но ненамного (и поэтому имеется много стабильных ядер). Отметим, что при фиксированных значениях констант связи кварков с полем Хиггса для этого требуется, чтобы хиггсовское вакуумное среднее было близко к его реальному значению [8].

– Первичные неоднородности плотности во Вселенной $\delta\rho/\rho \sim 10^{-5}$ таковы, что образуются галактики, но не разрушаются планетные системы [9].

Список подобных «дружелюбных случайностей» можно продолжать, довольно подробное их перечисление имеется в книге [10], целиком посвящённой антропному принципу.

На первый взгляд антропный принцип противоречит естественнонаучному взгляду на законы природы. Однако это не так. Существует возможность того, что Вселенная на самом деле неизмеримо больше, чем её наблюдаемая часть, и что в разных областях Вселенной, опять-таки значительно бóльших наблюдаемой части, параметры, которые мы считаем фундаментальными, принимают разные значения (возможно, различны и сами физические законы в нынешнем понимании этого термина). На такую возможность указывают, например, модели «вечной» инфляции [5] или представление о «ландшафте» теории струн [11]. В первом варианте во Вселенной имеется огромное (возможно, бесконечное) число областей с разным эффективным возрастом, разной космологической историей и разным современным состоянием. Часть из них по-прежнему находится на инфляционной стадии, часть, наоборот, сколлапсировала. Если фундаментальные параметры могут зависеть от времени (пусть на временных масштабах, значительно превышающих масштаб, который мы считаем возрастом нашей части Вселенной), то в этих разных областях они действительно принимают разные значения. Во втором случае речь идёт об огромном числе почти вырожденных вакуумов теории струн, которые могут реализовываться в разных областях Вселенной. Разные вакуумы имеют не только различные значения фундаментальных параметров, но и разные калибровочные группы, разные наборы «элементарных» частиц и тому подобное. Можно упомянуть и о картине дочерних вселенных [12], в которой имеется бесконечное количество вселенных, опять-таки с различными значениями фундаментальных параметров.

Если верен такой взгляд, то антропный принцип просто отражает тот факт, что наше существование возможно не в произвольном месте во Вселенной, а именно там, где для этого есть подходящие условия. Как сформулировал в 1974 г. Брэндон Картер, наше местоположение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно совместимо с существованием нас как наблюдателей. То, что константы, которые мы считаем фундаментальными, принимают далеко не наиболее естественные значения, может быть таким же эффектом селекции, как «неестественный», с точки зрения характерных температур во Вселенной, результат измерения температуры на Земле.

Трудность использования антропного принципа для получения конкретных результатов состоит в том, что *a priori* неизвестно, какие имен-

но параметры являются фундаментальными в том смысле, что их значения определяются из антропных соображений, а какие – производными, то есть вычислимыми исходя из фундаментальных. В этом смысле антропный принцип нельзя опровергнуть.

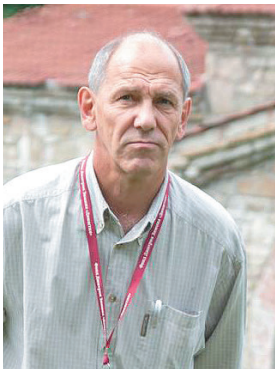
В то же время, антропный принцип может получить серьёзную поддержку со стороны эксперимента, причём весьма скоро. А именно, правильный энергетический масштаб слабых взаимодействий 100 ГэВ можно получить либо путём чрезвычайно тонкой подстройки параметров, либо за счёт существования новых частиц и новых взаимодействий на масштабе энергий, доступном для изучения на *LHC*. Тонкая подстройка параметров теории несовместима с традиционным взглядом на законы природы, но вполне допускается антропным принципом.

Не стоит и говорить, что такой оборот событий имел бы фундаментальные последствия для естествознания. Однако эти последствия были бы скорее негативными, поскольку они лишили бы предсказательной силы соображения, основанные на критерии естественности, а эти соображения в последнее время играют всё большую роль.

Решающее слово, как всегда, остаётся за экспериментом, и это слово должны сказать эксперименты на *LHC*.

Литература

1. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990.
2. A. Bottino and N. Fornengo, _Dark matter and its particle candidates,_arXiv:hep-ph/9904469; K.A. Olive, _Dark matter,_ arXiv:astro-ph/0301505.
3. V. Sahni and A.A. Starobinsky, Int. J. Mod. Phys. D 9 (2000) 373 [arXiv:astroph/9904398]; S. Weinberg, _The cosmological constant problems,_ arXiv:astro-ph/0005265; T. Padmanabhan, Phys. Rept. 380 (2003) 235 [arXiv:hep-th/0212290]; P. J. E. Peebles and B. Ratra, Rev. Mod. Phys. 75 (2003) 559 [arXiv:astroph/0207347].
4. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и космология (Метагалактика и Вселенная) // УФН 1997. Т. 167. С. 801–810. http://ufn.ru/ru/articles/1997/8/a/
5. A.D. Linde, _Inflation, quantum cosmology and the anthropic principle,_arXiv:hep-th/0211048.
6. A.D. Linde, Ination And Quantum Cosmology, In: Hawking, S.W. (ed.), Israel, W. (ed.): Three hundred years of gravitation, Cambridge University Press, 1987, pp. 604-630.
7. S. Weinberg, Rev. Mod. Phys. 61 (1989) 1.
8. N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos and S. Kachru, _Predictive landscapes and new physics at a TeV,_ arXiv:hep-th/0501082.
9. M. Tegmark and M. J. Rees, Astrophys. J. 499 (1998) 526 [arXiv:astroph/9709058].
10. J.D. Barrow, F.J. Tipler _The Anthropic Cosmological Principle_, Clarendon Press, Oxford, 1986.
11. R. Bousso and J. Polchinski, JHEP 0006 (2000) 006 [arXiv:hep-th/0004134]; S. Kachru, R. Kallosh, A. Linde and S. P. Trivedi, Phys. Rev. D 68 (2003) 046005 [arXiv:hep-th/0301240]; L. Susskind, _The anthropic landscape of string theory,_ arXiv:hep-th/0302219.
12. Лаврелашвили Г.В., Рубаков В.А., Тиняков П.Г. Разрушение квантовой когерентности при изменении пространственной топологии в квантовой гравитации // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. С. 134.



Валерий Анатольевич Рубаков – академик РАН, д. ф.-м. н., профессор, заведующий кафедрой физики частиц и космологии физфака МГУ им. М.В. Ломоносова. Окончил МГУ в 1978 г. В Институте ядерных исследований АН СССР (сейчас ИЯИ РАН) прошёл путь от студента-дипломника до главного научного сотрудника. Автор более 160 научных работ, многие из которых внесли существенный вклад в теорию ранней Вселенной, квантовую теорию поля, квантовую гравитацию. В.А. Рубаков читает курсы лекций по физике, зажигая талантливых ребят своей страстью к науке. Его многолетние курсы лекций на физфаке МГУ материализовались в книгу «Классические калибровочные поля» и двухтомник (в соавторстве с Д.С. Горбуновым) «Введение в теорию ранней Вселенной», ставшие настольными для многих физиков.

В.А. Рубаков – организатор науки. С 1987 по 1994 гг. он являлся заместителем директора ИЯИ РАН по научной работе и отвечал за астрофизическую часть Института, в том числе за строительство и работу Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН, Байкальского глубоководного детектора нейтрино и мюонов.

Плодотворная научная деятельность В.А. Рубакова отмечена рядом научных наград, в том числе Премией им. А.А. Фридмана Российской академии наук (1999 г., совместно с В.А. Кузьминым), Премией им. Юлиуса Весса (2010 г.), Ломоносовской премией (2012 г., совместно с М.В. Сажиным).

(По http://elementy.ru/events?chapter=28592)

МАИ (НИУ)-2013: российская аэрокосмическая олимпиада

Представлены 10 задач с решениями, составляющих вариант первого тура олимпиады 2012/2013 уч. г. Тематика задач: механика, термодинамика, электростатика, электродинамика.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, МАИ (НИУ), российская аэрокосмическая олимпиада, абитуриент

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

Вариант 1

1. Автомобиль выехал из пункта A со скоростью v_1 = 30 км/ч и прибыл в пункт B со скоростью v_2 = 60 км/ч. Определите среднюю путевую скорость автомобиля, если на первой четверти пути он двигался равномерно, а на остальном участке пути – равноускоренно.

Дано:
v_1 = 30 км/ч,
v_2 = 60 км/ч,
$s_1 = \frac{1}{4}s$,
$s_2 = \frac{3}{4}s$.

$v_{ср}$ – ?

Решение

По определению, средняя скорость автомобиля определяется формулой $v_{ср} = \frac{s}{t}$. На первой четверти пути автомобиль двигался равномерно, следовательно $\frac{s}{4} = v_1 t_1$, откуда $t_1 = \frac{s}{4v_1}$.

На остальной части пути движение автомобиля было равноускоренным:

$$\begin{cases} \frac{3s}{4} = v_1 t_2 + \frac{at_2^2}{2}; \\ v_2 = v_1 + at_2. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получаем:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2};\ \frac{3s}{4} = \frac{v_1 + v_2}{2} t_2;\ t_2 = \frac{3s}{2(v_1 + v_2)}.$$

Вычислив общее время движения автомобиля $t = t_1 + t_2 = \frac{(7v_1 + v_2)\cdot s}{4v_1(v_1 + v_2)}$, находим значение средней скорости: $v_{ср} = \frac{4v_1(v_1 + v_2)}{7v_1 + v_2} = 40$ км / ч.

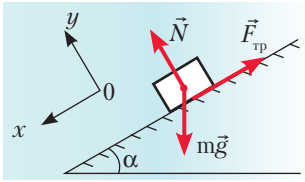
2. У бруска одна сторона гладкая, а другая шероховатая. Если брусок положить на наклонную плоскость гладкой стороной, то он соскальзывает с плоскости длиной L = 50 см за Δt = 0,45 с. Если брусок положить на наклонную плоскость шероховатой стороной, то он будет находиться в покое на грани скольжения. Определите коэффициент трения между шероховатой стороной бруска и плоскостью.

Дано:
L = 0,5 м,
Δt = 0,45 с.

μ – ?

Решение

Расставим силы, действующие на брусок, находящийся на наклонной плоскости.



В первом случае сила трения равна нулю. Уравнения движения бруска: $mg\sin\alpha = ma$; $L = \frac{a(\Delta t)^2}{2}$.

Отсюда находим: $a = \frac{2L}{(\Delta t)^2}$; $\sin\alpha = \frac{2L}{g(\Delta t)^2}$.

Во втором случае брусок лежит на плоскости шероховатой стороной, причём находится на грани скольжения, то есть сила трения достигла максимального значения. В этом случае уравнения движения бруска примут вид:

$$\begin{cases} mg\sin\alpha - F_{тр} = 0, \\ N - mg\cos\alpha = 0, \\ F_{тр} = \mu N. \end{cases}$$

Из этой системы следует: $\mu = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2\alpha}}$.

Используя полученное значение sin α, окончательно находим: $\mu = \frac{2L}{\sqrt{g^2(\Delta t)^4 - 4L^2}} \approx 0{,}58$.

3. Скорость мяча в момент удара о стену втрое больше его скорости сразу после удара. Какое количество теплоты выделилось при ударе, если перед ударом о стену кинетическая энергия мяча была равна $E_к$ = 18 Дж?

Дано:
$v_2 = v_1/3$,
$E_к$ = 18 Дж.

Q – ?

Решение

Если кинетическая энергия мяча перед ударом о стенку $E_к = \frac{mv_1^2}{2}$, то сразу после удара она станет равной

$$E'_к = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{18} = \frac{E_к}{9}.$$

Следовательно, при ударе о стенку выделится количество теплоты $Q = E_к - E'_к = \frac{8E_к}{9} = 16$ Дж.

4. Груз, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания в вертикальной плоскости с амплитудой $A = 2$ см и частотой $\omega = 12{,}56$ рад/с. Какой путь проходит груз за время $\Delta t = 10$ с?

Дано:
$A = 2$ см,
$\omega = 12{,}56$ рад/с,
$\Delta t = 10$ с.

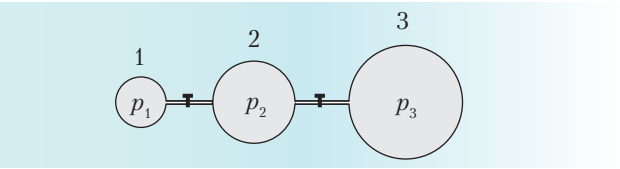
s – ?

Решение

Период колебаний груза $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Следовательно, за время Δt груз совершит $N = \frac{\Delta t}{T} = \frac{\Delta t\omega}{2\pi} = 20$ колебаний.

За одно полное колебание маятник проходит расстояние, равное четырём амплитудам колебаний. Значит за время Δt он пройдёт путь $s = 4AN = 160$ см.

5. Три сферы заполнены воздухом при равных температурах и соединены тонкими трубками, перекрытыми кранами (см. рисунок). Давление в левой сфере $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па, в средней сфере $p_2 = 4 \cdot 10^5$ Па, в правой сфере $p_3 = 8 \cdot 10^5$ Па. Когда оба крана открыли, давление воздуха стало $p = 645{,}6 \cdot 10^3$ Па. Определите радиус средней сферы, если радиус левой сферы $R_1 = 4$ см, а радиус правой сферы $R_3 = 10$ см.



Дано:
$p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па,
$p_2 = 4 \cdot 10^5$ Па,
$p_3 = 8 \cdot 10^5$ Па,
$p = 645{,}6 \cdot 10^3$ Па,
$R_1 = 4$ см,
$R_3 = 10$ см.

R_2 – ?

Решение

Запишем уравнения состояния идеального газа для каждой из сфер и для конечного состояния системы:

$$\begin{cases} p_1V_1 = \nu_1RT, \\ p_2V_2 = \nu_2RT, \\ p_3V_3 = \nu_3RT, \\ p(V_1 + V_2 + V_3) = (\nu_1 + \nu_2 + \nu_3)RT. \end{cases}$$

Из системы уравнений следует:

$$p(V_1 + V_2 + V_3) = p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3.$$

Подставляя объёмы сфер $V_1 = \frac{4}{3}\pi R_1^3$; $V_2 = \frac{4}{3}\pi R_2^3$; $V_3 = \frac{4}{3}\pi R_3^3$, получаем:

$$p\left(R_1^3 + R_2^3 + R_3^3\right) = p_1R_1^3 + p_2R_2^3 + p_3R_3^3.$$

Следовательно, радиус второй сферы равен

$$R_2 = \sqrt[3]{\frac{(p - p_1)R_1^3 + (p - p_3)R_3^3}{p_2 - p}} \approx 8 \text{ см}.$$

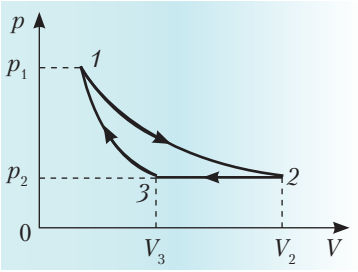
6. Циклический процесс состоит из изотермического расширения *1–2*, изобарного охлаждения *2–3* и адиабатного сжатия *3–1*. Работа газа в процессе *2–3* $A_{2-3} = -6 \cdot 10^3$ Дж. Найдите работу газа в процессе *3–1*. Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

Дано:
$A_{2-3} = -6 \cdot 10^3$ Дж.

Q – ?

Решение

Процесс, совершаемый идеальным газом, показан на рисунке.



Работу газа в процессе адиабатного сжатия *3–1* можно определить из первого начала термодинамики: $Q_{3-1} = A_{3-1} + \Delta U_{3-1}$.

Поскольку в адиабатном процессе $Q_{3-1} = 0$, получаем

$$A_{3-1} = -\Delta U_{3-1} = -\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3),$$

и так как температура газа в состояниях *1* и *2* одинакова

$$A_{3-1} = -\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3).$$

Запишем уравнение состояния идеального газа для состояний *2* и *3*:

$$\begin{cases} p_2V_2 = \nu RT_2, \\ p_2V_3 = \nu RT_3. \end{cases}$$

Тогда работу газа в процессе *3–1* можно представить в виде

$$A_{3-1} = \frac{3}{2}p_2(V_3 - V_2).$$

Учитывая, что при изобарном охлаждении *2–3* совершённая газом работа $A_{2-3} = p_2(V_3 - V_2)$, окончательно получаем:

$$A_{3-1} = \frac{3}{2}A_{2-3} = -9 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

7. В калориметр поместили пар при температуре $t_п = 100$ °С и лёд массой $m_л = 1$ кг, имеющий начальную температуру $t_0 = 0$ °С. Какая должна быть минимальная масса пара, чтобы весь лёд растаял? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 333$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $r = 2{,}25$ МДж/кг. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Дано:
$t_п = 100\,°C$,
$m_л = 1$ кг,
$t_0 = 0\,°C$,
$t_1 = 20\,°C$,
$c = 4200$ Дж/(кг · К),
$\lambda = 3{,}33 \cdot 10^5$ Дж/кг,
$r = 2{,}25 \cdot 10^6$ Дж/кг.

$m_п$ – ?

Решение

Минимальное количество пара определяем из условия, что весь лёд растаял, а пар сконденсировался и охладился до температуры $t_0 = 0\,°C$.

Уравнение теплового баланса можно записать в виде $Q_{пол} = Q_{отд}$, где $Q_{пол} = m_л\lambda$ – количество теплоты, полученной льдом, $Q_{отд} = rm_п + cm_п(t_п - t_0)$ – количество теплоты, отданной паром.

Следовательно, получаем:

$$m_л\lambda = m_п(r + c(t_п - t_0)),$$

$$m_п = \frac{m_л\lambda}{r + c(t_п - t_0)} \approx 125 \text{ г}.$$

8. К концам одной нерастяжимой диэлектрической нити привязали два небольших заряженных шарика. При этом сила её натяжения оказалась равной $T_1 = 9$ мН. Когда те же шарики привязали к концам другой нити, сила её натяжения оказалась равной $T_2 = 4$ мН. Нити связали за концы между собой, а к свободным концам привязали те же шарики. Чему равна в этом случае сила натяжения связанной нити? Считайте длину полученной нити равной суммарной длине первых двух нитей. Среда – вакуум.

Дано:
$T_1 = 9$ мН,
$T_2 = 4$ мН.

T_3 – ?

Решение

Шарики находятся в равновесии, следовательно, в каждом случае сила натяжения нити их связывающей, равна по величине силе Кулона, действующей на заряженные шарики:

$$T_1 = \frac{kq_1q_2}{L_1^2};$$

$$T_2 = \frac{kq_1q_2}{L_2^2};$$

$$T_3 = \frac{kq_1q_2}{(L_1 + L_2)^2},$$

где L_1 и L_2 – длины первой и второй нитей.

Выражаем их из первых двух соотношений:

$L_1 = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{T_1}}$; $L_2 = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{T_2}}$ и подставляем в третье:

$$T_3 = \frac{T_1T_2}{\left(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}\right)^2} = 1{,}44 \text{ мН}.$$

9. К источнику тока подсоединён реостат. При токах $I_1 = 0{,}2$ А и $I_2 = 0{,}8$ А на реостате выделяется одинаковая мощность. Определите ток короткого замыкания источника.

Дано:
$I_1 = 0{,}2$ А,
$I_2 = 0{,}8$ А,
$N_1 = N_2$.

$I_{кз}$ – ?

Решение

Ток короткого замыкания источника тока определяется формулой $I_{кз} = \frac{\mathscr{E}}{r}$, где $\mathscr{E}$ – ЭДС источника тока, r – его внутреннее сопротивление. Для определения этих параметров запишем закон Ома для полной цепи

$$\mathscr{E} = I(R + r) \Rightarrow R = \frac{\mathscr{E}}{I} - r.$$

Мощность, выделяющуюся на реостате, находим по закону Джоуля–Ленца:

$$N = I^2R = I^2\left(\frac{\mathscr{E}}{I} - r\right) = I\mathscr{E} - I^2r.$$

Поскольку, по условию, мощности, выделяющиеся на реостате, при двух значениях силы тока одинаковы, получаем:

$$I_1\mathscr{E} - I_1^2r = I_2\mathscr{E} - I_2^2r \Rightarrow \mathscr{E} = \frac{I_2^2 - I_1^2}{I_2 - I_1}r = (I_2 + I_1)r.$$

Следовательно, ток короткого замыкания равен

$$I_{кз} = I_2 + I_1 = 1 \text{ А}.$$

10. Плоский проволочный виток площадью $S = 100$ см^2 замкнут на конденсатор ёмкостью $C = 10$ мкФ. Виток помещён в однородное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны плоскости витка. Определите скорость изменения индукции магнитного поля $\Delta B/\Delta t$, если на конденсаторе индуцируется заряд $q = 10^{-9}$ Кл.

Дано:
$S = 10^{-2}$ м^2,
$C = 10^{-5}$ Ф,
$q = 10^{-9}$ Кл.

$\Delta B/\Delta t$ – ?

Решение

Заряд конденсатора определяется формулой $q = CU$, где U – напряжение на его обкладках. Величина U равна ЭДС индукции, возникающей в витке при изменении магнитного поля, и выражается из закона Фарадея: $U = \mathscr{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, где $\Phi = B \cdot S$ – магнитный поток через площадь, охватываемую витком. Подставляя, получаем:

$$q = CS\frac{\Delta B}{\Delta t};$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{q}{CS} = 10^{-2} \text{ Тл/с}.$$

Олимпиада «Росатом». Физика

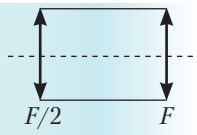
Приведены задачи по физике (с ответами и решениями) для учащихся 11-го класса, предлагавшиеся на олимпиаде «Росатом» в 2013 г. (НИЯУ МИФИ). Видеоролики с разбором заданий этой олимпиады см. на сайте http://wikibit.net/youtube/Олимпиада-Росатома-2013.-Разбор-заданий-по-физике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, олимпиада «Росатом»

С.Е. МУРАВЬЁВ
semuraviev@mail.ru,
НИЯУ МИФИ,
г. Москва

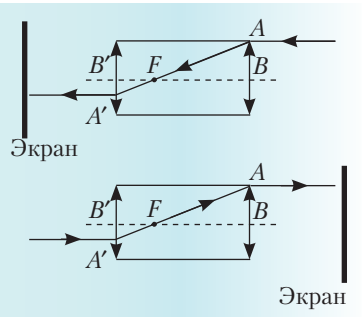
Олимпиада «Росатом» проводилась в несколько туров в 2012/2013 уч. г. в Москве и 35 городах РФ (во многих из них расположены научные и промышленные предприятия атомной отрасли). В ней принимали участие более 22 тысяч человек. Ниже приводятся варианты заданий одного из туров для школьников 11 класса.

1. Две собирающие линзы одинакового диаметра вставлены в трубу с зачернёнными внутренними боковыми стенками (все лучи, падающие на стенки, поглощаются). Известно, что фокусное расстояние одной линзы вдвое больше фокусного расстояния другой, и что параллельные лучи, падающие вдоль оси трубы с любой стороны, после прохождения трубы остаются параллельными. На трубу падает пучок параллельных лучей одинаковой интенсивности сначала слева, а потом справа. Найдите отношение освещённостей экрана, расположенного соответственно справа и слева от трубы.



Указание. Освещённостью поверхности называется энергия света, падающая на единицу площади данной поверхности в единицу времени.

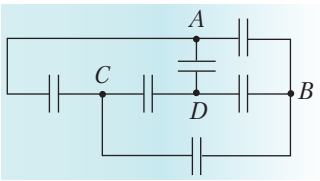
Решение. Чтобы параллельные световые лучи оставались параллельными после прохождения трубы, фокусы линз должны совпадать. Поэтому $FB = 2FB'$ (см. рисунок).



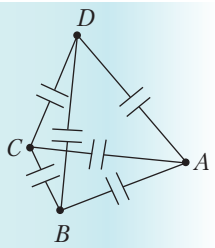
Из подобия треугольников ABF и $A'B'F'$ получаем, что энергия света, падающего на трубу справа, будет приходиться на вчетверо меньшую площадь, следовательно, освещённость левого экрана будет вчетверо больше освещённости, которую давал бы падающий свет на экране, если бы не проходил через трубу (чтобы не загромождать рисунок, мы показали не все световые лучи). Если свет падает на трубу слева, то лучи, расстояние от которых до оси трубы больше половины радиуса линз, после преломления в левой линзе попадут на внутренние стенки трубы и поглотятся (по условию, стенки чёрные). Поэтому на ту же площадь, что имеет падающий пучок, будет приходиться вчетверо меньшая энергия, и освещённость правого экрана будет вчетверо меньше освещённости, которую давал бы падающий свет. Отсюда находим отношение освещённостей световых пятен на правом и левом экранах при падении света на трубу слева и справа соответственно:

$$\frac{E_{\text{правый экран}}}{E_{\text{левый экран}}} = \frac{1}{16}.$$

2. Дана цепь, содержащая 6 конденсаторов, причём ёмкости пяти одинаковы, а ёмкость конденсатора, включённого между контактами C и D, вдвое меньше. К какой паре контактов A-B, A-C, A-D, B-C, B-D или C-D нужно подключить источник напряжения, чтобы хотя бы один из конденсаторов схемы оказался незаряженным? Ответ обосновать.



Решение. Если конденсатор не заряжен, разность потенциалов на его обкладках равна нулю. Поэтому, чтобы понять, какие конденсаторы не заряжаются, необходимо в данной несимметричной цепи (где к тому же один конденсатор отличается от пяти других) найти контакты с нулевой разностью потенциалов. Для этого заметим, что цепь гораздо более симметрична, чем кажется на первый взгляд. Действительно, от каждого из четырёх контактов отходят три провода, каждый из которых содержит один конденсатор. Это значит, что цепь можно представить в виде тетраэдра, в каждое ребро которого включён один конденсатор (см. рисунок). При подключении источника напряжения к двум вершинам (например, к A и B) конденсаторы на рёбрах, связывающих эти вершины, будут заряжать-



ся обязательно. Это конденсаторы, включённые в рёбра *AB*, *AC* и *CB*, *AD* и *DB*. А вот будет ли заряжаться конденсатор *CD*, зависит от потенциалов точек *D* и *C*: если их потенциалы одинаковы, конденсатор *CD* заряжаться не будет. А чтобы потенциалы точек *D* и *C* были одинаковы, нужно чтобы участки *A-D-BA-C-B* были одинаковы. Это возможно, если конденсатор половинной ёмкости включён либо между точками *A* и *B*, либо между *D* и *C*. Таким образом, если подключить источник к клеммам *C* и *D* или *A* и *B*, то один из конденсаторов схемы будет не заряжен. При всех остальных включениях все конденсаторы будут заряжены.

3. Какую максимальную работу можно совершить, используя айсберг массой $3 \cdot 10^6$ т в качестве холодильника и океан в качестве нагревателя? Считать, что температура айсберга равна $t_1 = 0$ °C, воды в океане $t_2 = 12$ °C, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}4 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение. Чтобы работа теплового двигателя для холодильника и нагревателя с фиксированными температурами была максимальна, нужно, чтобы двигатель работал по циклу Карно. КПД η цикла Карно есть $\eta = \dfrac{T_2 - T_1}{T_2}$, где T_1 и T_2 – абсолютные температуры холодильника и нагревателя соответственно. При этом двигатель совершает работу $A = \eta Q$, где Q – количество теплоты, полученное от нагревателя, и отдаёт холодильнику количество теплоты $Q_1 = (1 - \eta)Q$. Отсюда получаем:

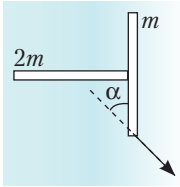
$$A = \frac{\eta Q_1}{1-\eta} = \frac{(T_2 - T_1)Q_1}{T_1}.$$

Поскольку холодильником является айсберг, который плавится при получении тепла, то величина Q_1 не может превосходить λm, где λ – удельная теплота плавления льда, m – масса айсберга. Поэтому максимальная работа двигателя равна

$$A = \frac{\eta Q_1}{1-\eta} = \frac{(T_2 - T_1)\lambda m}{T_1} \approx 4{,}5 \cdot 10^{13} \text{ Дж}.$$

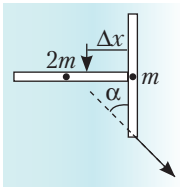
4. Две тонкие палочки одинаковой длины массами m и $2m$ образуют букву «Т» (палочка массой $2m$ прикреплена к середине палочки массой m под прямым углом к ней). Палочки лежат на шероховатой горизонтальной поверхности (см. рисунок, вид сверху). К одному из концов палочки m привязана нить, за которую систему палочек медленно тянут по поверхности так, что она не вращается. Какой угол α составляет палочка m с нитью?

Решение. Поскольку палочки движутся медленно, сумма сил и сумма моментов всех сил, действующих на палочки, равна нулю. Это значит, что момент



силы трения относительно точки приложения силы натяжения нити должен быть равен нулю. А поскольку силы трения, приложенные к различным малым элементам палочек, пропорциональны их массам и одинаково направлены (палочка движется без вращения), для вычисления момента силы трения можно воспользоваться тем же приёмом, что и для вычисления момента силы тяжести: считать, что сила трения приложена к центру тяжести палочек. Поэтому линия действия силы натяжения нити должна проходить через центр тяжести палочек.

Найдём положение их центра тяжести. Для этого заменим палочки точечными массами, расположенными в их центрах, и найдём центр тяжести системы этих точечных масс. Так как масса «перекладинки» буквы «Т» вдвое меньше массы её «ножки» (длиной l), расстояние от середины «перекладинки» до центра тяжести палочек вдвое больше расстояния от центра тяжести до середины «ножки» (см. рисунок, центр тяжести палочек отмечен стрелкой).



Поэтому $\Delta x = \dfrac{2}{3} \cdot \dfrac{l}{2} = \dfrac{l}{3}$. Отсюда находим:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l/3}{l/2} = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{2}{3}\right).$$

5. Имеется жидкая планета в форме однородного шара радиусом R и плотностью ρ. Найдите давление в центре планеты, обусловленное гравитационным притяжением.

Решение. Рассмотрим тонкий сферический слой радиуса r толщиной Δr. Он имеет массу $\Delta m = \rho 4\pi r^2 \Delta r$ (ρ – плотность вещества планеты), притягивается к «внутренней» части планеты с силой

$$\Delta F = G\frac{\Delta m M r}{R^3} = G\frac{M\, 4\pi r^3 \Delta r \rho}{R^3} \qquad (*)$$

(M – её масса) и не взаимодействует с «внешней» частью планеты. Из формулы (*) находим, что рассматриваемый слой создаёт дополнительное давление величиной

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{S} = \frac{\Delta F}{4\pi r^2} = G\frac{M \rho r \Delta r}{R^3}.$$

Чтобы найти давление в центре планеты, нужно просуммировать все давления от всех слоёв:

$$p = \sum \Delta p = G\frac{M\rho}{R^3}\sum r\Delta r,$$

причём r здесь меняется от 0 до R. Такая же сумма возникает при нахождении работы силы упругости – следовательно, она равна $R^2/2$. Поэтому давление в центре планеты равно

$$p = G\frac{M\rho}{2R} = \frac{2\pi}{3}G\rho^2 R^2.$$

Нижегородский кружок любителей физики и астрономии: страницы истории

Рассказывается история Нижегородского кружка любителей физики и астрономии. Показано, как можно с современным учеником поработать с текстом доклада члена кружка Р.А. Штюрмера.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Нижегородский кружок любителей физики и астрономии

Б.В. БУЛЮБАШ
borisbu@sandy.ru,
С.М. ПОНОМАРЁВ
s_m_pon@mail.ru,
НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
г. Н. Новгород

В 1887 г. 19 августа, произошло полное солнечное затмение... Это событие и стало непосредственным поводом для создания Нижегородского Кружка Любителей Физики и Астрономии (НКЛФА). Ряд публикаций о затмении для местной печати подготовил молодой преподаватель местной гимназии Сергей Васильевич Щербаков. Интерес к затмению был велик ещё и потому, что полоса его полной фазы проходила недалеко от Нижнего Новгорода – через город Юрьевец, расположенный в 154 км вверх по Волге. Накануне затмения к Юрьевцу отправились четыре парохода с экскурсантами.

На одном из пароходов находился известный русский писатель В.Г. Короленко, живший тогда в Нижнем Новгороде: «...Я еду смотреть затмение в Юрьевец... Уже несколько дней в народе ходят толки о затмении и о том, что в Нижний съехались астрономы...» [1]. За несколько дней до затмения в Юрьевец выехала экспедиция обсерватории Московского университета, возглавляемая А.А. Белопольским. В экспедиции участвовали П.К. Штернберг и двое иностранных учёных – Г. Фогель и Л. Нистен. Был приглашен и Щербаков, которого Белопольский хорошо знал по университету. Возвращаясь в Нижний, пассажиры одного из пароходов «Эолины», горячо обсуждали увиденное, говорили об астрономии вообще и о том, что неплохо бы организовать в Нижнем научное общество для любителей астрономии. И группа нижегородских любителей астрономии, в которую входила в основном интеллигенция, решила учредить такое общество. В России подобных обществ не существовало, но мировой прецедент был. Всего за несколько месяцев до этого во Франции известный популяризатор астрономии К.-Н. Фламмарион создал Французское астрономическое общество. Создание НКЛФА вызвало цепную реакцию: подобные стали создаваться и в других российских городах (и в провинции, и в столицах).

Торжественное открытие Кружка состоялось 23 (ст. ст.) октября 1888 г. в здании Нижегородского Дворянского собрания. Позднее Кружок проводил свои заседания в физическом кабинете 1-й Губернской гимназии на Благовещенской площади [2]. Кружок достаточно быстро стал популярным среди местной интеллигенции.

Пароход Эолина, август, 1887 г.

Обязанности председателя с 1891 г. стал исполнять уже упоминавшийся выше талантливый педагог – методист и неутомимый лектор С.В. Щербаков. В истории отечественного астрономического образования он известен, в частности, как автор учебников по космографии, выдержавших 12 изданий*. Публичные лекции членов Кружка стали более частыми и привлекали больше посетителей. Именно на собраниях НКЛФА нижегородцы получали возможность знакомиться с новыми достижениями физики, астрономии, техники. Так, например, уже в марте 1896 г. Щербаков прочитал лекцию «О фотографировании лучами Рентгена» (спустя всего несколько месяцев после открытия В.-К. Рентгена) с демонстрацией

Более полно материал представлен авторами на сайте http://oldnnspu.16mb.com/museum-nklfa/publications/far_off.html

*В наши дни переиздан доклад, сделанный им в 1894 г. на заседании Кружка (С.В. Щербаков. «Исторический очерк развития учения о движении небесных тел...», М.: Либроком. 2012).

рентгенограммы кисти руки и различных предметов. Эти рентгенограммы и аппаратура демонстрировались на Всероссийской промышленной и художественной выставке в Н. Новгороде. В том же году Щербаков публикует в Известиях Императорской Академии наук статью «Записка о новом методе определения положения поверхности, испускающей Х-лучи» [3], причём опыты были приведены им с использованием приборов физического кабинета Губернской гимназии.

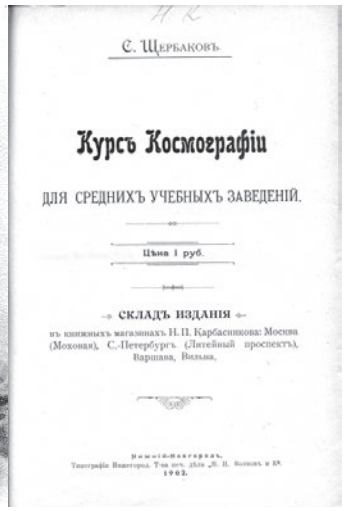
Постепенно Кружок становится одним из центров интеллектуальной жизни Нижнего Новгорода. Научная общественность России помогает Кружку создать первую в городе естественнонаучную библиотеку. Неоценимую помощь оказал известный российский астроном Ф.А. Бредихин, подаривший свой 4-дюймовый телескоп фирмы «*Merz*». А известный астроном Б.В. Кукаркин (впоследствии д. ф.-м. н., директор Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга, президент Международного Астрономического Союза) начинал свою научную деятельность с наблюдений переменных звёзд именно в этот телескоп.

С первых дней своего существования Кружок активно налаживал связи с коллегами. Уже 31 октября 1888 г. почётными членами НКЛФА были избраны известные российские астрономы Ф.А. Бредихин, А.А. Белопольский, С.П. Глазенап, А.Д. Путята, А.И. Воейков, а также К.-Н. Фламмарион. Все они откликнулись на сообщение о своём избрании благодарственными письмами. Несколько позже почётными членами Кружка были избраны известные российские физики: П.Н. Лебедев, Н.Е. Жуковский, Н.А. Умов, Ф.Ф. Петрушевский, А.А. Эйхенвальд. В 1898 г. в иногородние члены кружка был принят К.Э. Циолковский. Кружок рассмотрел и рекомендовал для печати присланную им работу «Всемирное тяготение как главный источник мировой энергии», а в 1896 г. направил для публикации в журнале «Научное обозрение» его работу «Продолжительность лучеиспускания Солнца». В одном из своих писем, поздравляя Кружок с 25-летием, Циолковский пишет: «...Когда-то Общество поддерживало мои слабые силы. Никогда этого не забуду...». Константин Эдуардович до конца своей жизни оставался членом Кружка и вел с ним переписку.

С самого начала своей работы НКЛФА стал публиковать «Краткие астрономические вести» – сначала в местных газетах, а потом в столичных журналах «Наука и жизнь» и «Научное обозрение». В 1894 г. было подготовлено и вышло в свет первое издание «Русского астрономического календаря».

С момента создания Кружка высокой активностью отличались учителя нижегородских гимназий. Действительно, они сами недавно окончили российские университеты и в процессе учёбы соприкасались с тенденцией к активизации научных исследований. Вполне естественным было их желание заниматься не только методикой преподавания своего предмета, но и чем-то, хотя бы отчасти напоминавшим исследовательскую работу университетского профессора. Подходящей для этого сферой деятельности была наблюдательная астрономия, по-видимому, единственная в России естественнонаучная дисциплина, где учёные-любители играли активную и заметную роль. Существенно, что результаты наблюдений были тем ресурсом, который позволял педагогам провинциального (неуниверситетского) города поддерживать постоянные профессиональные контакты с астрономами, работавшими в столицах.

Ещё одним направлением «самореализации» нижегородских педагогов была популяризация науки. Действительно, члены Кружка не ограничивались устными выступлениями на заседаниях. Значительная часть докладов публиковалась в столичных научно-популярных журналах (29 докладов в 1892–1894 гг. в «Науке и жизни», 4 – в 1894–1897 гг. «Научном обозрении»), а также в региональных изданиях «Нижегородские Губернские ведомости»



С. Щербаковъ

Курсъ Космографіи

ДЛЯ СРЕДНИХЪ УЧЕБНЫХЪ ЗАВЕДЕНІЙ.

Цѣна 1 руб.

СКЛАДЪ ИЗДАНІЯ

въ книжныхъ магазинахъ Н. П. Карбасникова: Москва (Моховая), С.-Петербургъ (Литейный проспектъ), Варшава, Вильна.

Нижегородъ.
Типографія Нижегород. Тов-ва печ. дѣла „Я. Н. Волковъ и К°".
1902.

С.В. Щербаков (1859–1932), председатель НКЛФА (1891–1906), директор Нижегородской Губернской (1900–1906) и Николаевской мужской гимназий (Калуга, 1906–1918), с 1918 г. – преподаватель Калужского педагогического института. Обложка первого издания «Курса Космографии». Телескоп фирмы «*Merz*», оснащённый прекрасной оптикой и большим количеством дополнительных инструментов, включая поляризационный гелиоскоп. Служил исправно до 1913 г., после чего, был отправлен на ремонт в Германию. В Нижний Новгород его удалось вернуть лишь после Первой Мировой войны

(пять сообщений в 1888–1891 гг.) и «Волгарь» (11 – в 1891–1892). Фактически естественнонаучная тематика, представленная в докладах, выходила за рамки собственно физики и астрономии, как например: «Жизнь под микроскопом», «Опыты искусственного получения дождя», «Работа солнечного луча», «О предсказании погоды», «Внечувственное в явлениях физического мира», «Двойные звёзды».

Представляем фрагменты научного доклада Р.А. Штюрмера «Опыты искусственного получения дождя», сделанного 24 февраля 1892 г. [4]*, и краткие комментарии к нему.

● «Идея об образовании дождя под влиянием сильного сотрясения воздушных слоёв сама по себе очень стара, она древнее даже изобретения пороха. Не менее древнее и мнение, что большие пожары, извержения вулканов, горение леса, высокой травы и других горючих материалов сопровождаются сильными дождями.»

Фактически затронута тема управления погодой – весьма актуальная и для начала XXI в. В целом же метеорологическая тематика в деятельности Кружка не случайна, поскольку именно в XIX в. метеорология приобрела статус самостоятельной научной дисциплины. Заметим, что ещё М.В. Ломоносов, исходя из того, что «электрическая сила» «состоит в движении эфира», предлагал предотвращать грозы с помощью колокольного звона или частой пушечной пальбы, чтобы воздух в результате сотрясения привёл «в смятение электрическую силу и оную умалил» [5].

● «В природе образование дождя есть результат сложных причин, действующих на громадных пространствах, и было бы наивностью предполагать, что сжиганием небольшого, сравнительно, количества взрывчатых веществ можно произвести изменения в беспредельных областях атмосферы.»

Штюрмер приводит (см. выше) мнение сотрудника журнала «Scientific American», одного из до сих пор наиболее авторитетных в мире общенаучных изданий. В докладе значительное место уделено обсуждению информации, представленной в научных изданиях – как правило, это сообщения очевидцев, кроме «Scientific American», автор обращается и к статьям журнала «Nature». Далее он обсуждает, как всё-таки получить более-менее достоверные данные в отношении методов стимулирования осадков.

● Могут ли осадки быть вызваны пушечной стрельбой? «Знаменитый Араго в 1837 г., желая проверить это обстоятельство, обратился к записям обсерватории и к дневникам артиллерийской школы в Венсене. Он сопоставил те и другие, и констатировал при этом тот факт, что число дождливых и вообще пасмурных дней в периоды, когда в Венсене производилась учебная стрельба из всех орудий, было на 1/5 больше того числа, которое по теории вероятности должно было быть в действительности. Ввиду этого факта Араго пришел к тому заключению, что адмирал Фербен и др. по всей вероятности ошибались, приписывая выстрелам рассеивающее действие по отношению к облакам, и что скорее они производят на них обратное действие, но при этом не высказался решительно, существует ли последнее влияние выстрелов на атмосферу или нет.»

Доминик Франсуа Араго (1786–1853), французский физик и астроном, член Парижской академии наук. Обратим внимание, что для проверки гипотезы о влиянии выстрелов на облака Араго использует статистическую аргументацию. Это обстоятельство нам представляется не случайным… именно в XIX в. статистические идеи начали проникать в естественные науки. Штюрмер подчеркивает, что Араго «не высказался решительно» в отношении влияния выстрелов на атмосферу. Действительно, для физика одна лишь статистическая информация кажется недостаточной, ему необходимо иметь в распоряжении приемлемую модель происходящих процессов. Такой модели у Араго, судя по всему, не было.

● «Убедиться в том, могут ли, в самом деле, взрывы повлечь за собой выпадение дождя, кажется на первый взгляд очень простой вещью, но когда дело дойдет до практического устройства опыта, вся трудность его немедленно выйдет наружу. Прежде чем приступить к опыту, необходимо выяснить себе массу вопросов: Какого рода взрывчатый материал нужно употребить в дело? Предпочесть ли частоту или силу взрыва? Сколько необходимо произвести взрывов? Какого рода взрывы лучше приспособить к делу, и каким образом они должны быть приведены в действие? На какой высоте над поверхностью Земли должны быть произведены взрывы? И наконец, каким собственно образом мы узнаем, что падение дождя есть результат взрывов? и насколько действовали на выпадение осадков другие условия, помимо взрывов?»

Заметим, что речь идёт только о необходимости большого количества экспериментов, в тексте доклада не обсуждается возможная модель процесса, который мог бы быть ответственен за искусственное стимулирование дождя.

Вопросы «искусственного происхождения дождя» могут показаться периферийным направлением физики – особенно, если учесть активные исследования в области физики газового разряда, радиоактивности, электромагнетизма (вспомним опыты Герца 1887–1889 гг., подтвердившие выводы

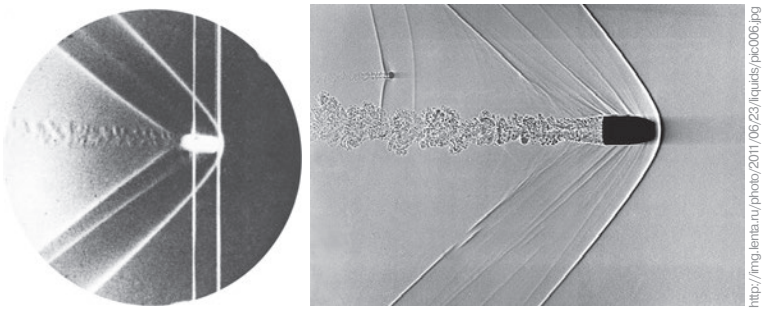
*Полный текст доклада, а также двух других, сделанных на заседании Кружка Г.А. Попперэком и С.В. Щербаковым, представлены в электронном приложении. – *Ред.*

теории электромагнитного поля Дж.-К. Максвелла) за последние десятилетия XIX в. В этой связи напомним, что именно исследования по имитации тумана и дождя, начатые английским физиком Ч.-Т.-Р. Вильсоном в 1895 г., привели его в конечном итоге к изобретению «туманной камеры», которая принесла ему в 1927 г. Нобелевскую премию по физике «за метод визуального обнаружения траекторий частиц с помощью конденсации пара».

Вопросы для работы учащихся с текстом доклада (возможные ответы даны в скобках)

1. Почему люди издревле интересовались проблемой искусственного получения дождя?

2. Какие физические факторы, сопровождающие выстрел из орудия, гипотетически могут влиять на выпадение осадков? (*Выстрел сопровождается выбросом частичек сажи, полёт снаряда порождает ударную (звуковую) волну и завихрения воздуха.*)



http://img.lenta.ru/photo/2011/06/23/liquids/pic006.jpg

Фотография летящей пули (слева – Э. Мах, 1888 г.,справа – 2011 г.); видны возникшие ударные волны и турбулентный след

3. Какой физический фактор как возможный «промоутер» искусственного дождя рассматривался в сообщении? При каком условии он мог бы вызвать, «осадки»? Какой фактор учитывался в журнале «*Scientific American*»? (*Сжигание пороха, лесные пожары, извержения вулкана как причины, вызывающие осадки – кстати не исключено, что они почерпнуты из книги Ф. Араго – связаны с выбросами пепла и сажи как центров конденсации водяных паров в воздухе, если они насыщенные. По-видимому, об этом же идёт речь в американском журнале («сжигание пороха»). Анализируя данные Ф. Араго и развивая тему (частота выстрелов, сила взрыва), докладчик касается второго гипотетического фактора: воздействия звуковой волны (понятие ударной волны только вводилось в науку) как средства «разгона» облаков.*)

4. Почему выброс пепла может также быть «фактором дождя»? Как вызывают искусственный дождь сегодня? (*Твёрдые частицы, содержащиеся в «пороховых» газах, могут играть лишь роль локальных центров конденсации влаги. Гораздо серьёзнее влияние выбросов вулканического пепла, охватывающего в течение длительного времени большие территории воздушных масс на значительной высоте. Информации о методах вызывания «искусственного» дождя много в интернете, заметим лишь, что по традиции XIX в., мы говорим, что облака «разгоняют», а между тем, на практике это означает, что дождь заставляют пролиться на подступах к Москве.*)

5. Поясните фразу Комментария «для проверки гипотезы о влиянии выстрелов на облака Араго использует статистическую аргументацию».

6. Из стеклянной бутыли, заполненной влажным воздухом, вылетает пробка, при этом в бутыли образуется туман; можно ли аналогию с этим явлением использовать при объяснении (возможном) выпадения дождя при выстреле из пушки? при образовании тумана в камере Вильсона? (*И в стеклянном сосуде, и в камере Вильсона происходит адиабатическое расширение газа, и следовательно, охлаждение воздуха; в деионизированной и очищенной от пылинок атмосфере камеры конденсация, в отличие от школьного опыта, когда туман образуется во всём объёме, конденсация происходит лишь тогда, когда пролетает заряженная частица. При выстреле из пушки работу совершают продукты сгорания порохового заряда, имеющие высокую температуру, (также при этом охлаждаясь), однако и в момент вылета снаряда из орудия их температура всё ещё высока, и туман в орудийном стволе не возникает.*)

Литература

1. Короленко В.Г. На затмении / Избранные произведения. Л., 1978. С. 37–42.
2. Работнов Н.Д. Общий очерк деятельности Нижегородского Кружка Любителей Физики и Астрономии. 1888–1913. / В сб. «Нижегородский кружок любителей физики и астрономии. 1888–1913». Нижний Новгород, Типо-Лит «Нижегор. Печатное Дело». 1913. С. 1–19.
3. Щербаков С.В. Заметка о новом методе определения положения поверхности, испускающей Х-лучи. // Известия Императорской Академии Наук. 1896. Май. Т. IV. № 5. С. 491–494.
4. Штюрмер Р.А. Опыты искусственного получения дождя. Отдельный оттиск. Библиотека Нижегородского Кружка Любителей Физики и Астрономии.
5. Ломоносов М.В. Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих, предложенное от Михайла Ломоносова / ПСС. Т. 3. М.-Л.: 1952. С. 15–99.

«...На звание техника путей сообщения...»

Приведена подборка «инженерных» задач.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инженер, паровоз, тендер, трубка Пито, сила трения

М.А. БРАЖНИКОВ
birze@inbox.ru,
ИХФ РАН,
г. Москва

...Расскажите, а кто такой инженер?
Вопрос ученика

...он постигнет свое ремесло,
он с правом скажет: «Я инженер»
Н.Г. Гарин-Михайловский. Инженеры

Естественные условия редко когда дают возможность с достаточной полнотой выявить основные причины данного явления, а поэтому приходится создавать особую обстановку для их изучения
В.А. Зибер. Живые задачи по физике [1]

Лет пять назад в Москве проходил этап конкурса «Учитель года», организаторы видимо, чтобы поразить воображение, настойчиво предлагали физикам в «самой» оборудованной школе работать с интерактивной доской вместо привычных мела, тряпки и демонстраций опытов с помощью гирек, рычагов, проводов – короче всего того, что и отличает урок физики от других предметов. Конечно, компьютерный проектор, интерактивная доска – благо, но разновесы и весы Роберваля, старинные безмены и рычаги (тема урока была «Неравноплечий рычаг и его применение») – вызвали у продвинутых детей XXI в. неподдельный интерес. Один из пионеров преподавания физики В.А. Зибер, в 20-е гг. прошлого века писал, что «большинство предлагаемых задач рассказывают о подлинных событиях, и что возможно вызванный этими задачами интерес обязан своим происхождением именно той правде, которую так чувствуют учащиеся и которая заставляет их с таким вниманием относиться к каждому слову текста задачи» [1]. Так может быть мы за достижениями нанотехнологии забыли физику «простых» явлений? Простых, но окружающих нас повсеместно, а потому доступных непосредственному наблюдению? Может быть, мы не ощущаем мотивации и интереса к уроку оттого, что чрезмерно увлекаемся крайне упрощённым, а потому примитивным теоретизированием современной сложной науки? Одиннадцатиклассница Алина, готовясь к ЕГЭ по химии, спрашивает, что такое квантовые числа... Что ответить? Что они собственные числа ψ-функции, описывающей поведение электрона в атоме? Смысл же модели Резерфорда–Бора–Зоммерфельда на пальцах растолковать могу, но не знаю, характеризует ли знание тонкостей этой модели понимание современной физики или химии...

Конечно, каждый урок не может быть лишь апелляцией к непосредственно окружающему нас. Интересно то, что с одной стороны, необычно, а с другой, поддаётся объяснению в конечном итоге. В этой связи, можно воспользоваться интересом учеников к истории техники. Ребята, которые ежегодно ходят со мной смотреть прибытие ретро-поезда 9 мая, наблюдали парад трамваев в Москве в 2009 г. Часами разглядывая паровозы, трамваи, конку, пытались познать «на ощупь» всё, что можно и что нельзя было трогать. И всё, что было «говорено» на уроках про КПД, циклы, простые механизмы, силы и тому подобное, воспринималось совсем по-другому.

«Предпонимание» – кто такой инженер – закладывается в 9–11-м классах, когда стоит проблема выбора дальнейшего пути. Но охватить всё, что связано с инженерией XXI в., невозможно даже в очень упрощённом виде. Показателен пример из века ми-

нувшего: немецкий справочник «*Hütte*» выдержал с середины XIX в. десятки изданий. В 1905 г. этот справочник, изданный в России, аккумулировал всё инженерное знание в двух томах. Уже к 1917 г. «*Hütte*» вышел в трёх томах, а в 1935–1937 гг. – в пяти и более на русском не издавался, видимо потому, что «нельзя объять необъятное» (ведь за 30 лет его объём увеличился более чем вдвое).

В системе Станиславского, есть такой приём, когда актёра ставят в какие-то условия, соответствующие ходу пьесы, и просят его сделать то, что он бы делал в реальности при этих обстоятельствах – так сказать, поиск «правды» жизни. Желательно, может быть, всего пару раз за всё время обучения в старших классах или в конце 9-го разыграть некую «пьесу» с сюжетом об инженерии. Пьесу не в театральном смысле слова, а в смысле задачи по Станиславскому – поставить ученика на роль «как бы» инженера. Настоящая заметка – лишь некий подбор материала, в основном в виде задач к *пьесе* «Инженер путей сообщения». Начать, может быть, лучше с рассказа на классном часе, например, о Н.Г. Гарине-Михайловском, писателе и инженере-строителе реальных железных дорог, основателе Новосибирска, вообще о русских и советских инженерах.

Представленные несложные школьные задачи ориентированы в основном на механику и состоят из двух серий, отвечающих двум техническим задачам: эксплуатации железной дороги и её строительству. Они могут быть дополнены данными из книг и интернета, а также из ряда статей, опубликованных ранее. В общем, предлагаемая статья – «информация» учителю к размышлению.

В основу подборок положены задачи из сборников начала XX в., в том числе из «Сборника задач по механике применительно к требованиям на звание техника путей сообщения» [2], изданного более 100 лет назад (решения приведены в электронном приложении). С 40-х гг. XIX в. инженер путей сообщения ассоциировался, прежде всего, с железной дорогой. Поэтому, конечно, значительное число задач посвящено движению паровозов и вагонов, устройству станций; в начале XX в. железная дорога была символом прогресса во всех смыслах (недаром на Первом Всероссийском съезде учителей физики, химии и космографии одна из экскурсий для учителей была организована в Механическую лабораторию Института путей сообщения). Идея уроков, по сути, заключена в названии этого сборника – прорешав задачи, можно объявить ребятам, что они успешно сдали экзамен на звание «техника путей сообщения».

Серия I*. «И дым отечества нам сладок и приятен...» Ну а разве можно себе представить паровоз без клубов дыма, вырывающихся из трубы и оставляющих за собой пышный шлейф? Вот с такой задачи и начнём знакомство с паровозом. Редко-редко, но и сегодня можно увидеть на железной дороге ретро-поезда на паровозной тяге или, проезжая на авто, белый паровозный «дымок» (белый дымок – это отработанный пар). При малой скорости паровоза и в безветренную погоду дым у самой трубы идёт вертикально вверх, на скорости и в ветер его заметно «прибивает» вниз и сносит в сторону. Но в XXI в. уже вряд ли увидишь два идущих навстречу паровоза, а поэтому предлагаемую задачу, сформулированную в 1905 г., решить занятно!

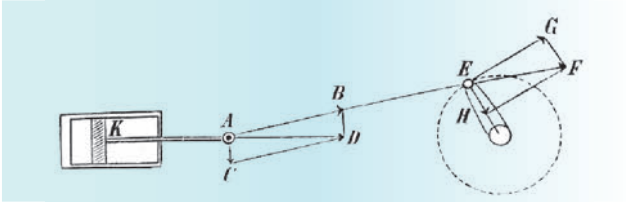
Задача 1 [3, № 121]. В ветреный день, два поезда идут в противоположные стороны. Объясните, почему дымы, вылетающие из дымовых труб того и другого паровоза, имеют неодинаковое направление?

Паровоз – впечатляющее достижение инженерной мысли (см. № 10/2012). Гигантские машины разного типа представлены теперь разве что в музеях, например, в музее Московской железной дороги (http://mzd.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=4198). Самый старый из экспонатов уже перешагнул 110-летний юбилей в этом году.

Задача 2. На фотографии – знаменитый паровоз «Овечка» (ОВ, 1903) Брянского завода, основной паровоз дореволюционной России. Справа упрощённая схема передачи усилия от поршня цилиндра паровой машины к маховому колесу.

● Объясните по схеме, как возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во вращательное ● Объясните, как передаётся усилие от пара в цилиндре маховому колесу, укажите силы ● Проанализируйте схему и фотографию; найдите на фотографии паровоза цилиндр, шток поршня, паровозные тяги; все ли колёса у данного паровоза являются ведущими? Узнайте в интернете, что такое *осевая формула паровоза*.

*Задачи серии II будут опубликованы в одном из следующих номеров. – *Ред.*



▲ Схема передачи усилия от поршня цилиндра к маховому колесу. *A* – шарнир; *AE* – шатун (тяга); *EH* – кривошип [3, № 51]

◀ Паровоз серии «ОВ» выпуска 1903 г. Музей Московской железной дороги

Неверно думать, что паровозы были тихоходны, уже сто лет назад они могли развивать скорость свыше 100 км/ч. Чтобы оценить силу тяги паровоза «на крюку», его ставили на специальные катки и измеряли развиваемое усилие. Но как при этом быстро оценить скорость?

Задача 3 [5, № 170]. Машинисты иногда пользуются расчётом для определения скорости движения паровоза. Считается число оборотов ведущего колеса за время $(11/8)D$ секунд, где D – диаметр колеса в дециметрах. Это число практически в точности равно числу километров в час (точнее, вместо 11/8 нужно взять 1,131). Докажите точность такого расчёта.

Для движения паровозу нужны рельсы, уголь и вода; ещё лет 20–25 назад на многих станциях можно было увидеть водоразборные колонки для заправки паровозов водой, сейчас они практически исчезли, и лишь любителям удаётся разыскать уцелевшие (см., например, http://www.savelrr.ru/content/oldmedia/railroads/gallery160-014.jpg). В Англии и в Америке со второй половины XIX в. использовали иной способ.

В 1860 г. Джон Рэмсботтом, инженер путей сообщения Викторианской Англии, предложил способ заправки тендера паровоза водой на ходу. В том же году он был опробован на практике на одной из железных дорог Уэльса. Впоследствии такой способ подачи воды получил распространение в Англии и США [http://en.wikipedia.org/wiki/Track_pan]. Вода подаётся на основании закона Бернулли: между рельсами проложен узкий канал, наполненный водой, в который опускается водозаборная труба с изгибом в направлении движения. Вода движется относительно трубы и поднимается в ней как в трубке Пито [6]).

Оценим максимальную высоту подъёма воды при скорости локомотива «Ниагара» 128 км/ч: $0{,}5\rho v^2 = \rho g H \Rightarrow H = \rho v^2/g \approx 64$ м.

Полученная величина свидетельствует, что заправку паровоза можно производить и при значительно меньшей скорости даже с учётом потерь. Однако, если посмотреть на схему трубы питания, то видно, что, во-первых, она загнута (любой поворот – это потери скорости) и вода из неё выливается с отличной от нуля скоростью (а не нулевой, как мы предположили в оценке), то есть высота подъёма будет меньше; во-вторых, сечение трубы не постоянное, и это нужно учитывать. Тем не менее, оценку произвести можно.

В «Задачнике по гидравлике для машиностроительных вузов» И.И. Куколевского (ГЭИ. 1960, № 7.21. С. 159 [http://gidro5.ru/Files/Kukolevskiy_2.pdf]) находим подходящую задачу.

Задача 4. Для заполнения водой паровозного тендера на ходу поезда в специально устроенный между рельсами лоток с водой опускается труба

Заправка паровоза «Ниагара» водой на скорости 128 км/ч на железной дороге вдоль реки Гудзон вблизи Нью-Гамбурга. 1948 г. Худ. Г. Фогг ▶

Водоразборная колонка для заправки паровозов водой ▶▶

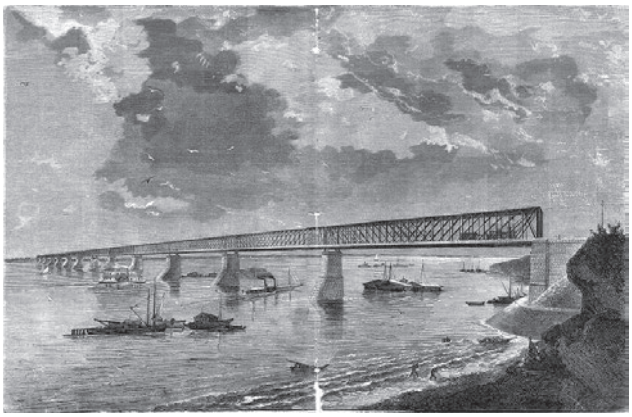
http://0.tqn.com/d/modeltrains/1/0/j/L/-/-/waterspout.jpg

приёмного устройства диаметром D = 200 мм, так что входное сечение трубы располагается навстречу потоку. Суммарный коэффициент потерь в приёмном устройстве, отнесённый к средней скорости в трубе, равен $\xi = 2$, а высота подъёма воды h = 5 м (диаметр ведущих колёс «Niagara» 2 м согласно http://en.wikipedia.org/wiki/NYC_Niagara).

Определите: время t, необходимое для заполнения тендера ёмкостью W = 68 м^3 при скорости поезда v = 128 км/ч; наименьшую скорость поезда, когда это приёмное устройство перестанет работать.

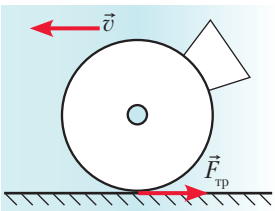
Задача 5 [5, № 320]. От станции отправляется скорый поезд, его масса определяется из следующих данных: паровоз и тендер с грузом топлива – 75 т; багажный вагон вместе с грузом – 23 т; два четырёхосных вагона – 2 × 38 т; два трёхосных вагона – 2 × 23 т; сто человек пассажиров – 100 × 100 кг.). Поезд начинает двигаться с ускорением a = 0,4 м/с по горизонтальному пути. Сопротивление составляет 1/140 веса поезда. *а*) Как велика сила тяги паровоза ($F_{тяги}$) во время ускоренного движения поезда? *б*) Через сколько времени, и на каком расстоянии от станции поезд достигнет скорости 18 м/с? в) Если, достигнув такой скорости, поезд будет двигаться равномерно, какая тяга потребуется?

Задача 6 [5, № 174]. Длина Сызранского моста 1920 м (по другим данным, 1436 м. – *М.Б.*). По этому мосту проходит товарный поезд длиной 280 м, идущий со скоростью 22,5 км/ч. Сколько времени поезд хоть какой-то своей частью пробудет на мосту?



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/44/Alexandrowskiy_most_view.jpg/800px-Alexandrowskiy_most_view.jpg

Сызранский (Александровский мост) в 1880 г. Построен по проекту Н.А. Белелюбского, на момент открытия являлся самым длинным мостом Европы (1436 м, 13 пролётов). Открыт в 1880 г, второй путь – в 1957 г., реконструирован только в 2004 г.



Торможение поезда не менее важная характеристика, чем его разгон. При торможении играют роль две силы трения: одна – внутренняя, между тормозной колодкой и ободом колеса (см. рисунок), другая – внешняя, между колесом и рельсом. Пока относительные скорости движущихся поверхностей были невелики, можно было считать, что сила трения не зависит от скорости. Развитие железных дорог заставило изменить взгляд. Было установлено, что коэффициент трения составляет 0,2 при скорости поезда 20 км/ч и 0,136 при 80 км/ч [7].

Фундаментальный вклад в науку о трении был сделан учёным и инженером проф. Н.П. Петровым, в частности в статье «О непрерывных тормозных системах» (1878). Если надавить тормозной колодкой так, что колесо полностью застопорится, то скорость относительного движения по рельсу в первый момент будет максимальна, а трение невелико. Если же позволить колесу отчасти вращаться, так чтобы его скорость относительно рельса была невелика, то коэффициент трения будет большим. «Для наиболее быстрой остановки поезда нужно тормозить такими силами, которые не вызывали бы скольжения колёс по рельсам и были бы настолько велики, чтобы малейшее увеличение их вызывало уже скользящее движение колёс по рельсам» [7]. Чтобы понять, сколь важна проблема трения, укажем, что на рубеже XIX–XX вв. ею занимались такие выдающиеся зарубежные физики, как О. Рейнольдс и А. Зоммерфельд, в одном ряду с которыми стоят и русские имена – Н.П. Петров, Н.Е. Жуковский, С.А. Чаплыгин и другие.

Задача 7 [2, № 44]. Какую силу нужно приложить к вагону, чтобы остановить его на протяжении L = 150 саж. ≈ 320 м, если вес вагона m = 960 пуд. (≈15,7 т) и скорость движения v = 25 вёрст/час (≈ 7,4 м/с)?

Задача 8 [5, № 314]. *Ученик.* У нас в учебнике написано, что при внезапной остановке экипажа пассажиры по инерции наклоняются вперёд, а когда сегодня ехал с дачи, наблюдал, что в момент остановки поезда пассажиры, стоявшие посреди вагона, очень сильно наклонились назад. То же самое, но не так заметно, наблюдал я и в вагоне трамвая по дороге с вокзала.

Учитель. Вы думаете, что указание, написанное в учебнике, неверно?

Ученик. Нет, то, что написано в учебнике, я думаю, верно, и совершенно понятно. Такое явление я тоже наблюдал: я помню, как все сдвинулись вперёд со скамеечек, когда наша лодка ударилась носом в пристань, но я не понимаю того явления, которое я видел сегодня. Почему пассажиры отклонились назад?

Учитель. Я полагаю, что немного подумав, вы сами сумеете разрешить этот вопрос, если обратите внимание на разницу между внезапной остановкой лодки и постепенной остановкой поезда.

Ещё 4 интересных задачи и список литературы см. в электронном приложении.

Рефераты электронных публикаций

АЛЕКСЕЕВА Е.В. n-ever@ya.ru (ЧУ Первая школа, г. Москва) • **«Физика вокруг нас»** Пропедевтический учебный курс, 5–6 кл., 34 еженедельных получасовых (20–25 мин) занятия во внеурочное время (продолжение, см. № 7–12/2013): Пояснительная записка и полный комплект учебного материала к первым 4 темам **блока 3 «Тепловые явления»**, изучаемым в январе, – мультимедийные презентации с видеофрагментами в сопровождении послайдового текста к каждой теме: **3.1. Температура** (Тепловое движение. Температура. Температурные шкалы. Шкала температур); **3.2. Тепловое расширение** (Тепловое расширение. Примеры в технике. Расширение воды при замерзании); **3.3. Фазовые переходы-1** (Парообразование и конденсация. Испарение и кипение. Влажность воздуха); **3.4. Фазовые переходы-2** (Плавление и кристаллизация. Снежинки) • Инструкции: Как вставлять видеофрагменты в презентацию. Как скачать видео с youtube.

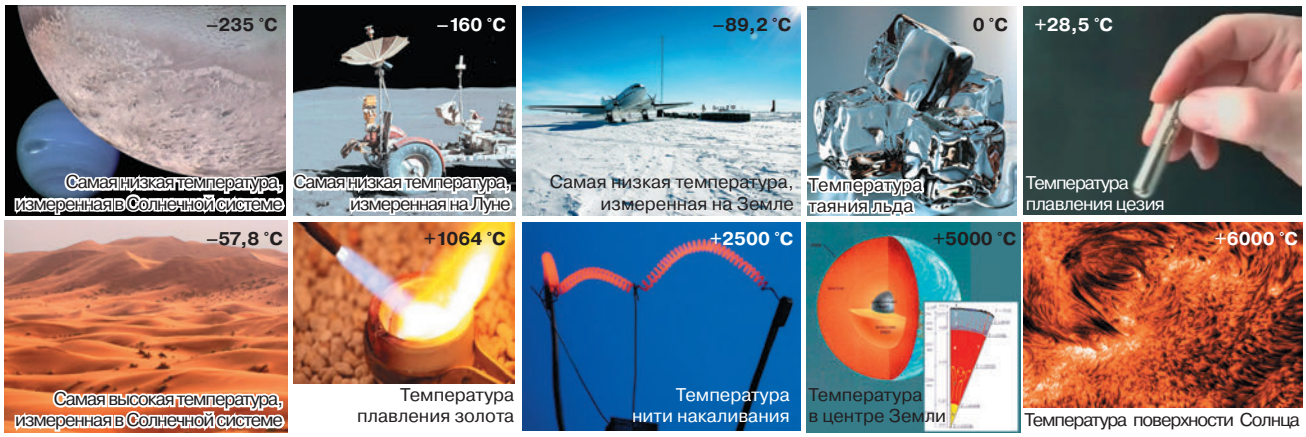
Курс нацелен на мотивацию учащихся к дальнейшему изучению физики в 7–9-м классах средней общеобразовательной школы. Материал, превышающий по уровню обязательные требования, позволяет реализовать дифференцированный подход к обучению, расширить кругозор учащихся, познакомить их с интересными фактами и явлениями окружающего мира. Он интегрирован с материалом по истории науки, географии, биологии, астрономии, что предусматривается проектом ФГОС нового поколения. Занятия кружковые, проводятся раз в неделю во второй половине дня в течение 20–25 мин, за 34 учебных недели получается 17 академических часов для одного класса. Рекомендуется заниматься с двумя параллелями 6-го класса общеобразовательной школы, но в частных школах, где предусмотрены занятия в рамках дополнительного образования, и родители заинтересованы в пропедевтике физики, можно в течение академического часа провести кружок с 3-м и 4-м классами и/или с 5-м и 6-м. По соглашению с родителями и администрацией школы можно начинать подобный (облегчённый) курс с 1-го и 2-го классов.* Для тех, у кого медленный интернет, на Яндекс-диске выкладываются полные версии каждого занятия с возможностью скачать каждый файл отдельно. Адреса см. в файлах с пояснительной запиской и с послайдовыми текстами.

КОВАЛЕВА С.Я. svekova@mail.ru (ГБОУ ВПО АСОУ МО, г. Москва). **Курс интенсивной (годичной) подготовки к ЕГЭ.** (Продолжение, см. № 7–12/2013.) • **Тема 7. Электростатика. Занятие 10. Электростатические взаимодействия и свойства основных элементов в задачах: точка, шар, плоскость • 0–10.** Общие рекомендации к организации курса. **1–10.** Рекомендации к занятию. **2–10.** Задачи. **3–10.** Дополнительные задания базового уровня. **4–10.** Задачи с подсказками («облаками воспоминаний»). **5–10.** Ответы к заданиям А, В, задаче С1 и заданиям дополнительного тренинга. **6–10.** Дополнительный тренинг.

Курс рассчитан на 11-классников, которые в сентябре, имея несистемные знания базового уровня решили, сдавать ЕГЭ по физике (как правило, это бывает при изучении предмета в школе 2 ч/нед). В этом случае нет времени на глубокое и детальное овладение теорией предмета, на решение сотен задач по каждой теме и овладение алгоритмами их гарантированного решения. Интенсивный способ подготовки предполагает тренинг на меньшем количестве решаемых задач параллельно с повторением фрагментов теории. Школьникам необходимо максимально стимулировать свою интуицию и ассоциативную память.

Предлагаемые рекомендации составлены с учётом многолетнего опыта работы со школьниками, имеющими разный уровень настойчивости и целеустремленности, но желающими работать. Весь курс разбит на 12 тем, которые осваиваются за 20 занятий в течение учебного года (файл 0-×**. Общие рекомендации). Ежемесячно публикуется учебный материал к

Слайды и скриншоты видеороликов из презентации «Шкала температур», курс Е.В Алексеевой «Физика вокруг нас»



*Материал не содержит количественного описания (формул, графиков): основная цель курса – научить объяснять явления, описывать окружающую реальность, поэтому для 3–4-х классов чуть снижаю темп повествования, больше повторяю физические термины и привожу больше примеров для запоминания их правильного употребления. Для 1–2-х классов в занятие включаю мультипликационные ролики из серии «Почемучка».

**Знак × обозначает номер занятия. В электронном приложении к данному номеру публикуется занятие 10 (тема 7).

одному занятию. При проведении занятия рекомендуется следующая последовательность действий.

Повторить материал темы, ознакомившись с подборкой конспектов и основных формул (с пояснениями и иллюстрациями), приведённых в файле 1-х**. **Рекомендации к занятию.** Для более основательного изучения можно воспользоваться рекомендуемыми доступными ресурсами.

Ознакомившись с кодификатором КИМ (элементы содержания курса физики для темы занятия), прочитать задачи основного тренинга (файл 2-х**. **Задачи занятия**), не подглядывая в подсказки и ответы. Задачи подобраны из демонстрационных и реальных вариантов ЕГЭ, опубликованных на сайте ФИПИ (http://www.fipi.ru) и в сборниках, составленных авторами вариантов КИМ. Сложных задач олимпиадного уровня нет, чем нередко грешат многие репетиторы и продвинутые учителя, ориентируясь на профильный уровень подготовки школьников. В некоторых случаях предлагаются по два варианта условий задач на аналогичные физические явления, и на каждую должен быть дан свой ответ. Это сделано для того, чтобы у школьника не возникало связи между ответом и особенностями условия или рисунком, чтобы он каждый раз осознанно анализировал условие.

Если школьник слабо владеет основными формулами и понятиями, конспекты, таблицы и формулы местами непонятны, по-прежнему не ясно, как их применять, то необходимо обратиться к файлу 3-х**. **Дополнительные задачи базового уровня** и прорешать рекомендуемые несложные задания, вспомнить каждый элемент знания, необходимый для решения задач. На это может потребоваться дополнительное время.

Если школьник помнит основные формулы и понятия темы, но затрудняется с решением задач, предложенных в файле 2-10, он обращается к файлу 4-х**. **Задачи занятия с подсказками** («облаками воспоминаний»). Предложены подсказки двух типов: первая, чтобы только направить, подтолкнуть мысль, вторая – «провести» по определённой логической цепочке рассуждений. Условия задач здесь повторены, но более мелким шрифтом.

После получения решения всех задач (и только в этом случае!!!) рекомендуется обратиться к файлу 5-х**. **Ответы и комментарии.**

ИД «Первое сентября» ПСФ **Физика для школьника** № 4 ФИЗИКА ПСФ

Ток бежит по проводам
И удобства дарит нам.

Электрический мир

Я рад, что в дом приходит ток,
Который нам несёт поток
Удобств привычных. Их немало!
Без тока всё б кошмаром стало.

Вставай на зорьке: ночь для сна.
А как придёт уже весна,
Вставай пораньше и – трудиться.
Нет, электричеству лениться

Я не позволю никогда!
Пускай работает всегда!
Пусть работяга-генератор
Даёт свой ток на трансформатор,

Жужжат моторы. Их работа –
Чтоб нас оставила забота,
Как сделать больше и быстрей
Всё то, что нужно для людей.

Пусть свет сияет до утра!
Со мной компьютер мой. Ура!
И телефон мобильный есть,
А в холодильнике – что съесть…

ИСТОЧНИКИ ТОКА

Перед вами картина Шарля Амедея Ван Лоо «Электрический опыт». Но человечество уже давно ушло от развлечений с электричеством к его интенсивному и эффективному использованию. А много ли источников тока тебе известно? Ну, кроме «батареек» (гальванических элементов), которые ты вставляешь в различные устройства, а затем выбрасываешь? Или аккумуляторов в мобильных телефонах, которые надо периодически ставить на зарядку? Эти устройства работают за счёт химических реакций. Наверно, ты ещё знаешь про генераторы на электростанциях. Их называют электромеханические индукционные, так как они работают благодаря явлению электромагнитной индукции, когда изменение магнитного поля вызывает появление тока в проводящих витках.
Но ведь есть и другие очень интересные источники тока. Кроме того, на сегодняшний день темы энергосбережения и поиска новых источников энергии очень актуальны. Эта востребованность останется и в будущем. Поэтому, если ты хочешь заняться исследовательской деятельностью, то обрати внимание на источники электрической энергии. Сколько интересного ты сможешь узнать! Сколько сможешь провести экспериментов! Очень интересные фотографии разместил Калеб Черланд (*Caleb Charland*) на своём сайте http://re-actor.net/photography/7425-back-to-light-project.html на тему «Электричество из повседневных продуктов».

Химическими источниками тока являются также бумажно-солевые элементы из двух монет и влажной бумаги между ними, зажатые прищепкой (рис. 1), земляные элементы (фото. 3), топливные элементы, где к электродам подводят к одному топливо, а к другому – окислитель. При окислении топлива на одном из электродов накапливаются положительные ионы, на другом – электроны.
А ведь можно ещё рассмотреть источники, работающие на других физических принципах. Например, фотоэлементы, дающие ток за счёт разрыва связей между атомами полупроводников под действием света, или термоэлементы, использующие термоЭДС, возникающую, если спаи двух материалов имеют разную температуру (рис. 2), а также пьезоэлементы, в которых механическое воздействие на пьезокристалл вызывает появление на его поверхности электрических зарядов разного знака (рис. 3).

Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3 № 1

Задача-разминка
Все резисторы по «ому».
Не впадай от скуки в дрёму.
Вот вопрос стихотворенья:
Друг, найди сопротивленье!

Решение см. на с. 2.

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ

О шерсть натрём янтарь медовый –
И вот уже урок нам новый:
Бумажки липнут к янтарю,
Что видел сам, то говорю.
Струя воды и та, похоже,
Узнала эту тайну тоже.
И отклоняется вода
К натёртой палочке всегда.
Так эбонит, янтарь, стекло
Покажут, что произошло
Зарядов разных разделенье,
Ведь здесь имело место тренье.

ЗАБАВНЫЕ ЭЛЕКТРОСКОПЫ

Расчесался – волос дыбом!
Снимешь свитер – треск всегда.
Электронам, точно рыбам,
Проскользнуть бы хоть куда.

Наэлектризовано тело или нет, мы можем увидеть с помощью стандартных заводских электроскопов. Но намного интереснее самодельные оригинальные и смешные электроскопы, которые можно подарить младшим, как игрушку. Фантазия твоя ничем не ограничена. Для чувствительных элементов используй тонкую бумагу, нитки, полоски фольги. Затем натри пластмассовую ручку или расчёску и поднеси к своему «прибору». Зашевелятся иголки у ёжика и листик у яблока, поднимутся уши, веки и шерсть у собаки. Придумывай, делай и научи младших. Пусть играют с безопасной электризацией.

Вопрос

Семиклассница Майя сделала рисунок с подсказкой (см. круги и линии возле дерева). А чем опасно такое расположение человека, если в дерево ударит молния?
Подсказка: см. (§ 98 в учебнике «Физика-10» Мякишева Г.Я., Буховцева Б.Б., Сотского Н.Н.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ
Игрушки или сложные устройства и механизмы, действующие с помощью электричества – это интересно. Но задумываемся ли мы о том, что наш организм – сложное устройство, для работы которого тоже используются электричество?
Опыты Гальвани и Вольта показали, что функционирование живых тканей сопровождается электрическими явлениями. Учёные из США пошли ещё дальше. Они получили источник тока на базе живой троды, где идут реакции. Исследователи хотят на том же принципе сделать кардиостимулятор для человека.
Естественным топливным элементом являются митохондрии в клетках. При этом в живой клетке обязательно через её мембрану (оболочку) в обе стороны текут ионы (электрически заряженные частицы). Саму мембрану по структуре сравнивают с плоским конденсатором. В состоянии покоя внешняя поверхность мембраны заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно. В момент возбуждения полярность меняется, появляются кратковременные токи.
Если подвести к стеблю растения два электрода, а затем воздействовать как-нибудь на лист, то прибор обнаружит электрический импульс, который пройдёт от листа к корням. Набор раздражителей: изменение температуры, механическое воздействие и др.
По этой тематике тоже можно сделать какое-либо исследование, используя мультиметры и другие приборы (амперметры, вольтметры и т.д.).

Раскуси яблоки для юного Ньютона
Определите общее сопротивление электрической цепи, считая, что сопротивление каждого резистора, лампы или реостата равно 1 Ом.

№ 2 № 3 № 4 № 5 № 6 № 7 № 8

Выберите ответы:
0,4; 0,6; 0,8; $1^1/_3$; 1,5; $1^2/_3$, 2,5.

Решение задачи № 1

Ветви *a* и *b* по 4 Ом:
R_{ab} = 4 Ом : 2 = 2 Ом.
R_{ab} и R_d:
R_{abd} = 2 Ом : 2 = 1 Ом.
R_{abd} = R_c = R_e = 1 Ом.
$R_{общ}$ = 1 Ом : 3 = 1/3 Ом.

Эквивалентная схема

Стенгазета «Физика для школьника»: № 4. Электрический мир

Если школьник хочет не просто познакомиться с задачами темы, а овладеть разными приёмами их решения, он может обратиться к файлу 6-х**. **Задачи дополнительного тренинга.** (Как показывает практика, основной массе учащихся необходимо для уверенного ориентирования в любой теме прорешать 25–35 задач.) Ответы приведены также в файле 5-х**.

Очень надеюсь, что предложенная система подготовки поможет тем учителям, которые вынуждены интенсивно готовить школьников выпускных классов к ЕГЭ за год, обладая скудными ресурсами. Предлагаемые подборки задач можно использовать также для работы на уроке, и на дополнительных занятиях, задавать на дом в качестве самостоятельной работы с последующей проверкой. Подборки дополнительных задач базового уровня (файл 3-×) для повторения основ теории по каждой теме составлены опытным педагогом, Дюндиковой Н.П. (г. Можайск) по распространённому задачнику А.П. Рымкевича (Физика. Задачник. 10–11 классы: пособие для общеобразовательных учреждений. / 15-е изд. М.: Дрофа, 2011) и апробированы в ходе многолетней практики. Результаты говорят сами за себя: школьники, интенсивно изучившие методы решения задач по физике в течение одного года по предлагаемой системе, получают, как правило, 50–80 баллов на ЕГЭ.

Автор будет искренне благодарен за конструктивную критику.

ПИГАЛИЦЫН Л.В., Народный учитель России levp@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.) • **Тематические тестовые задания в форме ГИА**, 9 кл. (8 заданий в двух вариантах): **4. Давление. Атмосферное давление. Плавание тел. 5. Механические колебания и волны • Новости науки и техники.**

РАДЧЕНКО Т.И. fizika-tehnika@rambler.ru (МОУ СОШ № 26, г. Владикавказ, РСО-Алания). **«Физика глазами школьника»: • Стенгазета «Вектор и скаляр» № 4 (Электрический мир) • Плакат: «Соединение проводников»** (8 кл.).

СТАРШОВ М.А. mastarshov@mail.ru (СГУ им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов). **Физические приборы из домашнего хлама: 2. Вода в решете.** Старинный, хорошо известный и многократно описанный (правда, не всегда честно, так чтобы любой мальчик мог повторить) опыт частенько не удаётся. Как носить воду в решете – узнаете из заметки.

«НАНОТЕХНОЛОГИИ – ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ». МГУ имени М.В. Ломоносова и Фонд инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО приглашают к участию в VIII Интеллектуальном форуме- олимпиаде. Справки на сайте http://www.nanometer.ru/2013/12/10/internet_olimpiada_386039.html

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ г. МОСКВЫ
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»
МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ МАРАФОН УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ 2014

24 МАРТА – 18 АПРЕЛЯ

РАСПИСАНИЕ ДНЕЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МАРАФОНА

24 марта	День учителя технологии *
25 марта	**Открытие Марафона** День классного руководителя
26 марта	День школьного психолога День учителя ОБЖ
27 марта	День здоровья детей, коррекционной педагогики, логопеда, инклюзивного образования и лечебной физической культуры
28 марта	День учителя начальной школы (день первый)
29 марта	День учителя начальной школы (день второй)
30 марта	День дошкольного образования
1 апреля	День учителя географии
2 апреля	День учителя химии
3 апреля	День учителя биологии
4 апреля	День учителя информатики
5 апреля	День учителя физики
6 апреля	День учителя математики
8 апреля	День учителя истории и обществознания
9 апреля	День учителя МХК, музыки и ИЗО
10 апреля	День школьного и детского библиотекаря
11 апреля	День учителя литературы
12 апреля	День учителя русского языка
13 апреля	День учителя английского языка
15 апреля	День учителя французского языка
16 апреля	День школьной администрации
17 апреля	День учителя физической культуры
18 апреля	День учителя немецкого языка **Закрытие**

marathon.1september.ru

! Обязательная предварительная регистрация на все дни Марафона 20 февраля 2014 года на сайте marathon.1september.ru

! Каждый участник Марафона, посетивший три мероприятия одного дня, получает официальный именной сертификат (6 часов)

В дни Марафона ведущие издательства страны представляют книги для учителей

Начало работы каждого дня – 9.00. Завершение работы – 15.00

УЧАСТИЕ БЕСПЛАТНОЕ. ВХОД ПО БИЛЕТАМ

РЕГИСТРИРУЙТЕСЬ, РАСПЕЧАТЫВАЙТЕ СВОЙ БИЛЕТ И ПРИХОДИТЕ!

Место проведения Марафона: МПГУ, ул. Малая Пироговская, дом 1, стр. 1
(в 5 минутах ходьбы от станции метро «Фрунзенская»)

* Место проведения Дня учителя технологии: ЦО № 293, ул. Касаткина, 1а (ст. метро «ВДНХ»)

По всем вопросам обращайтесь, пожалуйста, по телефону **8-499-249-3138** или по электронной почте marathon@1september.ru

Общероссийский проект

Школа цифрового века

Интернет-обеспечение проекта – Издательский дом «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

2014/15

Прием заявок на следующий учебный год открыт

Срок действия проекта в 2014/15 учебном году –
с 1 августа 2014 года по 30 июня 2015 года.

Стоимость участия в проекте для образовательного учреждения –
6 тысяч рублей за весь учебный год.

Стоимость не зависит от количества педагогических работников, желающих принять участие в проекте.

Материалы проекта предоставляются каждому педагогическому работнику образовательного учреждения.

Предметно-методические издания

- **23 журнала** по всем учебным дисциплинам и направлениям школьной жизни с дополнительными материалами для практического использования (презентации, раздаточные материалы, образовательное видео)
- **методические брошюры**
- **журнал для родителей**
- **общероссийская педагогическая газета «Первое сентября»**

Курсы повышения квалификации

- **дистанционные** 36-часовые курсы по общей педагогике
- **модульные** 6-часовые курсы
  - – цикл «Навыки профессиональной и личной эффективности»
  - – цикл «Инклюзивный подход в образовании»

Прием заявок и подробности на сайте

digital.1september.ru

Участие образовательного учреждения и педагогических работников в проекте удостоверяется соответствующими документами

ЛОНГМОБ 20-14

СОЧИ 20-14

ВКЛАД ШКОЛЬНИКОВ В ЗИМНЮЮ ОЛИМПИАДУ

с 1 сентября по 1 февраля проходит Всероссийская акция
«СПОРТИВНЫЙ ЛОНГМОБ СОЧИ 20-14»
За четыре месяца школьники страны преодолели 500 000 километров!

НАША ЦЕЛЬ:

900 000 КИЛОМЕТРОВ – 22 ОЛИМПИЙСКИХ ЭКВАТОРА!

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ!

Расскажите о проекте коллегам!
Проведите еще один забег!

Стартуйте в любой день до 1 февраля!

Пешком, бегом, на лыжах, вплавь... Выбирайте!

материалы акции* на сайте
Longmob.1september.ru

ПОКАЖЕМ НАШУ СИЛУ!

Формула участия: организуйте 20-минутный забег со стартом в 14 часов дня и внесите суммарную дистанцию, пройденную всеми участниками забега, на сайт Longmob.1september.ru

На сайте дистанции забегов складываются в олимпийские экваторы (по 40 тысяч километров каждый).

*Акция поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации

Педагогический университет
«Первое сентября»

Лицензия Департамента образования г. Москвы 77 № 000349, рег. № 027477 от 15.09.2010

ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

(с учетом требований ФГОС)

15 января заканчивается прием заявок на второй поток 2013/14 учебного года

образовательные программы:

- НОРМАТИВНЫЙ СРОК ОСВОЕНИЯ – **108** УЧЕБНЫХ ЧАСОВ

  Стоимость – 2990 руб.

- НОРМАТИВНЫЙ СРОК ОСВОЕНИЯ – **72** УЧЕБНЫХ ЧАСА

  Стоимость – 2390 руб.

По окончании выдается удостоверение о повышении квалификации установленного образца

Перечень курсов и подробности – на сайте edu.1september.ru

Пожалуйста, обратите внимание:

заявки на обучение подаются только из Личного кабинета, который можно открыть на любом сайте портала www.1september.ru