

ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 7–8 (965)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
fiz.1september.ru

Проектирование учебного
процесса
7-й, 8-й, 9-й классы

с. 4–12

Первые уроки и первые
обобщения
11-й, 7-й классы

с. 13–16

Палеомагнитология и
тектоника литосферных
плит

с. 43

Графические задачи

с. 21

Творческий экзамен:
«Обман» массы;
Свет – это всё!

с. 17



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 Арсланян
(ректор)

МЕТОДИКА

4–12



О.А. Новикова
Опыт работы по технологии
В.М. Монахова. 7–9 кл.

30, 31
34, 35

АСТРОНОМИЯ

Проф. В.М. Чаругин
Звёздное небо в сентябре

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

У нас в гостях журнал
«Квантик»: А. Бердников
На воздушной подушке

Л.В. Пигалицын
Новости науки и техники

В.Ф. Карташов
Цветная Вселенная

Н.Д. Козлова
«ЕГЭ» по-американски

АБИТУРИЕНТУ

М.К. Губкин
Задачи очных и заочных
олимпиад по физике в МЭИ (ТУ)
в 2012/2013 гг.

НАУКА И ТЕХНИКА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Проф. Н.В. Короновский
Палеомагнитология и
тектоника литосферных плит

К.Ю. Богданов
Музей Архимеда в Сиракузах

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Н.В. Латухина
Физические основы
нанотехнологий. Лекция 5

60
Рефераты электронных
публикаций

ЮБИЛЕИ НАШИХ АВТОРОВ

62
Поздравляем с юбилеем
Ольгу Михайловну Заборьеву

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК» 32–33

13–15



Г.В. Дмитриев
Физика и новые технологии.
11 кл.

УЧЕБНЫЕ ЗАНЯТИЯ

16



С.А. Холина
Физика – развивающаяся
наука. 7 кл.

17–20



Г.Н. Леханова,
А.А. Лупенкова,
В.А. Иванова
И.В. Савельева
«И опыт – сын ошибок
трудных...». 11 кл.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

21–22



М.Н. Бондаров
Использование графиков
скорости при решении
задач на равноускоренное
движение. 10–11 кл.

ЭКСПЕРИМЕНТ

23–26

Г.А. Бутырский,
А.И. Ветлужских,
К.А. Пономарёв,
С.Н. Лютина
Исследование свойств
электромагнитных волн
в демонстрационном
эксперименте с
использованием генератора
на диоде Ганна. 11 кл.

27–29



А.К. Атаманченко
Экспериментальные задачи
по физике и методы их
решения. 7–9 кл.

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 июльско-августовский
сдвоенный номер журнала (№ 7-8/2014).

Срок действия кода с 1 июля по 31 декабря 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»

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.Бузова,

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 – Л.Печатникова,

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 14.05.14,
фактически 14.05.14 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 (496) 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



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

Корректра и набор:
И.С. Чугреева

Вёрстка:
Д.В. Кардановская

Иллюстрации: Фотобанк Shutterstock, если не указано иное

Журнал распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 18 180 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., ЧПУ, 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**

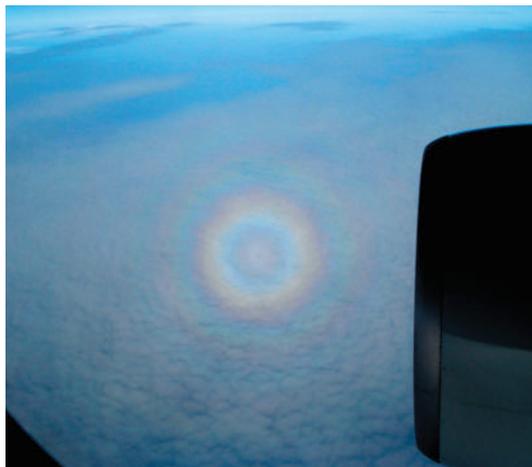
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

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

Возвращаясь в школу с каникул... ▶



Я, как учитель, бываю счастлива, когда после летних каникул ко мне возвращаются ученики – не только отдохнувшие, но и буквально переполненные вопросами. Однажды я сама в 10-летнем возрасте в Музее Бородинской битвы на холсте панорамы увидела нарисованные белёные солнечные лучи, проходящие между облаками. Подумалось: «Таких лучей не бывает», – но с тех пор стала часто замечать их на небе. Значит надо внимательнее смотреть по сторонам, научиться видеть необычные, да и даже обычные явления природы. Пусть дети фотографируют интересные явления, а потом вместе с родителями и нами, учителями, ищут ответ, в том числе и на уроках. Вот что привёз мой ученик с Гавайев.



• **Кадр первый:** радужное кольцо на облаках под крылом самолёта. Неужели это просто радуга? Обычно мы видим только дугу, часть окружности. А здесь полный круг.

• **Кадр второй:** яйцо на экваторе. Эквадорский экскурсовод утверждал, что свежее яйцо поставить так на шляпку вбитого гвоздя можно только на экваторе (я сама это сделала!) Можно ли повторить этот опыт на нашей широте? Попробуйте. А также попробуйте изучить поведение водоворота в домашних условиях севернее и южнее экватора. Получилось? Какова статистика? Сколько опытов пришлось убрать из статистики в связи с неправильными стартовыми условиями?



• **Кадр третий:** индейское речное каноэ. Лодка очень неустойчива – ведь у неё нет киля. Но с боковым поплавком устойчивость вполне достаточна, чтобы плавать даже по волнующемуся морю. Где теперь находится центр тяжести лодки-катамарана? А где он был в простой индейской лодке?



Полностью статью см. в ЭП.

Е.В. ГУДЕНКО

eviktorovna@mail.ru,
ГБОУ СОШ № 814, г. Москва

Опыт работы по технологии

В.М. Монахова



Представлены базовые принципы педагогической технологии В.М. Монахова, описан порядок проектирования учебного процесса на примере первой темы, изучаемой в 7-м классе. Полное проектирование для 7-го, 8-го и 9-го классов дано в электронном приложении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: педагогические технологии, В.М. Монахов, технологическая карта модуля (учебной темы), информационная карта урока

О.А. НОВИКОВА

nowickowaolia@yandex.ru,
МБОУ ЩООШ,
дер. Щеколдино,
Зубцовский район,
Тверская обл.

В отечественных общеобразовательных учреждениях физику начинают изучать с 7-го класса, в возрасте 12–14 лет. Семиклассники – уже личности со своими психофизиологическими особенностями мышления и со своими привычками изучения и восприятия учебной информации. Именно поэтому учителю необходимо начинать работу с изучения (или повторения) возрастных психологических особенностей этого возраста. Давайте остановимся на значимых моментах.*

1. Возрастные особенности учащихся 7-го класса [1]. Поведение в подростковом возрасте – проявление конфликта между привычной зависимостью от взрослых и желанием обособления. Пик эмоциональной неуравновешенности приходится на 7–8-й классы: подростки легко возбуждаются и не всегда могут справиться со своим состоянием, особенно на последних уроках или после контрольных работ: дети начинают громко говорить, хохотать, от безудержного веселья легко переходят к депрессивной пассивности. Возрастает обидчивость, раздражительность.

Особенно тяжело переживают подростки (да и сами по себе никогда не бывают полезными) «воспитательные» комментарии по поводу личности в присутствии других учеников. Длительные и постоянные воздействия подобного рода наносят серьёзный вред психологическому здоровью подрастающего человека.

Специфика данного возраста хорошо описывается фразами с частицей НЕ: • не хотят учиться так, как могут • не хотят слушать никаких советов • не прихо-

дят вовремя • не убирают за собой. Также характерны: • непостоянные дружеские связи • снижение самооценки • борьба за самостоятельность • обидчивость, раздражительность, упрямство • переутомление, снижение внимания (особенно после 4-го урока). Это особенно важно помнить при построении уроков – необходимо как можно чаще менять виды деятельности.

К ухудшению дисциплины на уроках может приводить также и недостаточно быстрый темп работы. Подростки начинают мыслить быстрее, с радостью воспринимают задания, в которых нужно поразмышлять, поспорить, придумать различные варианты решения. Используйте этот факт при подборе заданий как для устной фронтальной работы, так и для самостоятельных письменных работ.

Взрослых подростки делят на тех, кому можно, а кому нельзя доверять. Поэтому учитель должен, прежде всего, заработать доверие семиклассников, ведь он для них «новый» взрослый, особенно если учёба проходит в большой школе. Наиболее эффективно взаимодействие, основанное на уважении чувства взрослости и самостоятельности.

И конечно, необходимо определиться, чему и как учить. **Чему** учить – прописано в документах и программах, а **как** учить? На мой взгляд, эффективное *конструирование* уроков невозможно без *предварительного проектирования*. Именно поэтому я использую технологию проектирования учебного процесса по педагогической технологии В.М. Монахова.

2. Проектирование уроков по В.М. Монахову [2, 3]. Педагогическая технология – это детально продуманная модель совместной педагогической деятельности по проектированию, организации и проведению учебного процесса с безусловным обеспечением комфортных условий для учащихся и учителя [6]. Согласно В.М. Монахову, её можно представить двумя группами аксиом:

1 группа аксиом: • востребованность в российском образовательном пространстве • готовность к профессиональному тиражированию • универсальность по отношению к разным учебным предметам.

2 группа аксиом (моделирование учебного процесса): • параметризация процесса (1 – *целесолага-*

*Изложенные материалы частично размещены на авторском сайте <http://nsportal.ru/user/47593>, в журнале «Основа» № 2/2013 URL: http://www.e-osnova.ru/PDF/osnova_5_26_4386.pdf; на сайте «Публикации lib.znate.ru» URL: <http://lib.znate.ru/docs/index-267844.html>

ние, представляет информацию о цели и направленности учебно-воспитательного процесса в виде системы микроцелей; 2 – *диагностика*, доставляет управленческую информацию о факте достижения или недостижения микроцели; 3 – *дозированное* домашнее задание*, формирует содержательную и количественную информацию об объёме, характере, особенностях самостоятельной деятельности учащихся, достаточную для успешного прохождения диагностики; 4 – *логическая структура*, переводит методический замысел учителя в целостную и логически наглядную модель учебного процесса; 5 – *коррекция*, предоставляет информацию о педагогическом браке • целостность и цикличность модели учебного процесса (основной объект – учебная тема, минимальный объём 6–8 ч, максимальный 22–24 ч) • технологизация информационной модели учебного процесса (создание *технологической карты темы* с пятью выше указанными параметрами и *информационных карт уроков* по числу уроков в данной теме).

Начинаем проектирование с разбиения годового курса предмета на учебные темы с указанием в каждой: • названия подлежащего изучению раздела(ов) учебного материала • числа уроков, на которых предполагается освоить данный учебный материал • числа лабораторных работ • числа диагностик (самостоятельных работ по проверке усвоения знаний) • числа контрольных работ. Учебная тема – это, как правило, блок, который разбивается на несколько дидактических модулей (кластеров из 3–5 уроков). В старших классах планирование уроков в кластерах стандартное. В 7-м классе дети только начинают знакомиться с новым учебным предметом, поэтому каждый урок планируется индивидуально, значительно большее внимание уделяется контролю усвоения знаний на базовом и повышенном уровнях, а также содержанию дифференцированных по уровню сложности домашних заданий. Пример для курса физики 7-го класса приведён в табл. 1 (см. с. 6), для 8-го и 9-го классов – в ЭП.

После этого составляем сами *дидактические модули*. В каждый модуль входят: • название учебной темы (тем) • перечень всех уроков с указанием их номера в календарно-тематическом планировании и типа (урок изучения нового материала, урок закрепления, урок решения задач, урок осмысления материала и так далее) • перечень тематических демонстраций и лабораторных работ • перечень необходимых учебных таблиц • основные требования к знаниям и умениям учащихся (в соответствии со стандартам и/или программой) • технологическая карта, включающая в себя четыре графы – *целеполагание* (микроцели, то есть задачи урока, иногда их можно дифференцировать для базового и повышенного уровней сложности), перечни соответствующих *самостоятельных работ, диагностик и коррекции* • *расшифровку диа-*

гностик • *дозированное домашнее задание* • *контрольная работа* по учебной теме.

Пример дидактического модуля 1 (7-й класс) приведён во врезе на с. 6.

Основой блока является *технологическая карта* – представление учебного процесса в виде последовательности шагов с указанием применяемых средств. Прежде всего продумываем его *логическую структуру* (записываем цепочку дидактических модулей с указанием числа и типа уроков, необходимых для их освоения) и в соответствии с нею заполняем графы карты: • *целеполагание* (перечисляем микроцели каждой подтемы) • *диагностика* (содержание этапа учебного процесса, направленного как на выявление возможностей и способностей учащихся класса при изучении *каждой подтемы*, так и на оценку эффективности применения средств и методов обучения; представлена в виде четырёх заданий) • *коррекция*.

В графе *диагностика* указываем темы разбираемых заданий, а в Приложении (или ниже) даём текст конкретной самостоятельной работы (это удобно, так как задания можно менять в соответствии с обстановкой). Самостоятельные работы нумеруем по подтемам (модулям). Первые два задания носят репродуктивный характер (отметка «3»), третье задание – продуктивный («4»), четвёртое задание – творческий («5»). Задания 1–3 направлены на проверку основных знаний и умений, задание 4 требует применения изученного материала в практических, жизненных ситуациях, умения доказывать правильность или ошибочность теоретических положений или практических действий, нравственной оценки деятельности человека. Пример диагностик и вариантов их расшифровки см. на с. 7.

В *дозированном домашнем задании* размещаем поурочные таблицы домашних заданий и упражнений по трём уровням сложности: на отметки *удовлетворительно* (стандарт), *хорошо*, *отлично*. Сообщаем ученикам, что задания необходимо выполнять обязательно с уровня «стандарт», а верхнюю планку они устанавливают для себя самостоятельно.

После изучения темы и проведения *тематической контрольной работы* обязательно анализируем, какие педагогические и учебные задачи реализованы успешно, а какие – неудовлетворительно. Результаты лабораторных работ, диагностик и контрольной работы заносим в таблицу «Мониторинг качества знаний по теме...» и проводим коррекцию. Например, при изучении следующей темы можно повторить задания, которые вызвали затруднения, и/или продолжить использовать карточки с алгоритмами решения «трудных» задач.

Наконец, ещё один этап проектирования учебного процесса – составление к каждому уроку *информационной карты*, то есть развёрнутого плана урока, в котором конкретизируются задачи урока. Пример информационной карты для первого урока в 8-м классе дан в табл. 4.

*Термин, принятый в технологии Монахова, – означает то же самое, что и более распространённый термин *дифференцированное домашнее задание*.

Пример проектирования уроков по педагогической технологии В.М. Монахова, 7-й класс

Таблица 1. Тематическое планирование, 7-й класс

Тема (блок)	Глава или раздел учебника	Число			
		уроков	ЛР	диагностик	КР
Учебная тема 1	Введение. Что изучает физика. Физические явления. Наблюдения, опыты, измерения	5	1	2	1
Учебная тема 2	Движение и взаимодействие тел	20	3	3	1
Учебная тема 3	Работа и мощность	11	2	2	1
Учебная тема 4	Строение вещества	9	1	2	1
Учебная тема 5	Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	23	1	3	1
Итого		68	8	12	5

БЛОК (УЧЕБНАЯ ТЕМА) 1

Изучаемые темы. Введение. Что изучает физика. Физические термины. Физические величины. Физические явления. Наблюдения, опыты, измерения.

Уроки***Дидактический модуль 1**

Урок 1/1. НМ. Вводный. Что изучает физика.

Урок 2/2. НМ. Некоторые физические термины. Наблюдения и опыты. Диагностика 1.

Дидактический модуль 2

Урок 3/3. НМ. Физические величины и их измерение.

Урок 4/4. ЛР. Измерение объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра. Диагностика 2.

Урок 5/5. ОС. Урок-экскурсия по теме (музейный урок).

Демонстрации (минимум): • определение объёма твёрдого тела правильной формы • определение толщины нити и проволоки • определение цены деления измерительного прибора.

Лабораторные работы: • измерение объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра.

Таблицы [4]: • Правила поведения при проведении опытов • Этапы выполнения лабораторной работы • Измерение объёма с помощью мерного цилиндра.

Основные требования к знаниям и умениям учащихся

Учащиеся должны: • иметь представления о методах физической науки, её целях и задачах; знать и понимать такие термины, как *материя, вещество, физи-*

ческое тело, физическая величина, единица физической величины, прибор • *уметь измерять* физические величины, определять цену деления и пользоваться простейшими измерительными приборами.

Технологическая карта**Блок 1: Введение...**

Логическая структура учебного процесса	
Дидактический модуль 1	НМ: НМ.
Дидактический модуль 2	НМ; ЛР; ОС.

Таблица 2 (см. с. 7)

Дозированное домашнее задание (см. табл. 3, с. 8)

Контрольная работа (по карточкам)

1. Обозначьте приведённые слова буквой: А – тело; Б – явление; В – вещество; Г – физическая величина.

Соль, время, масса, сталь, ветер, дождь, книга, камень, температура, стекло, свет, снежинка, скорость, радуга.

2. Вспомните, что такое наблюдение и опыт. Сталкивались ли вы с наблюдениями и опытами в жизни? Приведите примеры.

3. Восстановите пропуски и озаглавьте каждый столбик.

Масса – _____ – весы

_____ – градус – _____

Время – _____ – _____

_____ – _____ – спидометр

Путь – _____ – _____

4. Переведите единицы физических величин в основные:

15 мм; 297 г; 66 мс; 56 км/ч; 108 мин; 58 м; 30 мин; 45 ц; 17 т 45 кг 345 г.

Запишите названия этих физических величин.

*Здесь и далее употребляются сокращения: НМ – урок изучения нового материала; КР – контрольная работа; ЛР – лабораторная работа; ОС – урок осмысления материала (решение задач, обобщение и систематизация знаний); СР – самостоятельная работа; У – упражнение, урок закрепления (решение задач).

Таблица 2. Технологическая карта. Блок (учебная тема) 1

Целеполагание	СР	Диагностика	Коррекция
<p>ДМ1. Базовый уровень: – знать понятия: физика, вещество, материя, физическое тело; – уметь перечислять физические явления; называть источники физических знаний.</p> <p>Повышенный уровень: – уметь приводить примеры физических явлений из жизни; формулировать главную задачу физики и называть учёных-физиков; сравнивать понятия наблюдение и опыт</p>	1	<p>1. Качественная задача по теме «Физические явления».</p> <p>2. Качественная задача по теме «Тело. Вещество».</p> <p>3. Задача, ориентированная на жизненный опыт ребят.</p> <p>4. Качественная задача творческого характера</p>	<p>Памятка для учеников Физика – наука о природе. Физические явления: механические, акустические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, атомные. Физическое тело – любой предмет. Вещество – то, из чего состоит тело. Материя – всё, что есть во Вселенной. Источники физических знаний – наблюдение и опыт</p>
<p>ДМ2. Базовый уровень: – знать понятия <i>физическая величина, единица физической величины, прибор</i>; – уметь определять цену деления и пользоваться простейшими измерительными приборами.</p> <p>Повышенный уровень: – иметь представление о погрешностях; – уметь пользоваться таблицей приставок для единиц физических величин; приводить примеры скалярных и векторных физических величин</p>	2	<p>1. Задача на определение цены деления прибора.</p> <p>2. Качественная задача по теме «Физические величины».</p> <p>3. Задача на перевод единиц физических величин.</p> <p>4. Практическая работа</p>	<p>Физическая величина – характеристика тел или процессов, которая может быть измерена на опыте. Прибор – предмет, с помощью которого можно измерить физическую величину. Единица физической величины – то, в чём выражается физическая величина. Правило определения цены деления прибора</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Диагностика 1-1 к дидактическому модулю 1

Вариант 1

1. Запишите те слова и словосочетания, которые обозначают физические явления: магнит, притяжение магнита, льдина, ледоход, ветер, воздух, гром, звон колокола, колебание маятника в часах, часы, термометр, температура, нагревание чайника с водой.

2. Отнесите следующие слова к одной из трёх групп понятий (*тела, вещества, явления*): стул, древесина, дождь, железо, звезда, воздух, кислород, ветер, молния, землетрясение, масло, компас.

3. Приведите примеры окружающих вас тел из древесины.

4. Продолжите фразу: «Опыты отличаются от наблюдений тем, что...».

Диагностика 1-2 к дидактическому модулю 2

1. Определите цену деления вашей линейки.

2. Разделите на две группы понятий (*физическая величина* и *единица физической величины*) следующие слова: длина, секунда, метр, температура, время, кубический метр, градус, объём, масса, площадь, килограмм, сантиметр.

3. Подставьте соотношения единиц физических величин.

$$\text{Длина } 1 \text{ км} = \quad \text{м} = \quad \text{мм} = \quad \text{мкм}.$$

$$\text{Масса } 1 \text{ кг} = \quad \text{г} = \quad \text{мг} = \quad \text{мкг}.$$

$$\text{Время } 1 \text{ с} = \quad \text{мс} = \quad \text{мкс} = \quad \text{мин}.$$

4. Измерьте площадь своей парты. Выразите результат в квадратных метрах и сантиметрах.

Вариант 2

1. Выберите слова и словосочетания, обозначающих физические явления: снег, вода, иней, капает свеча, летит самолёт, землетрясение, ураган, звенит колокол, шумит ветер, гроза, дом, машина.

2. Разделите на три группы понятий (*тела, вещества, явления*) следующие слова: дом, стекло, книга, медь, кирпич, радуга, гололёд, мальчик, ручка, деревянная линейка, кирпичный забор.

3. Приведите примеры тел из пластмассы, имеющих в вашей комнате.

4. Подумайте, какой источник знания возник первым – опыт или наблюдение. Обоснуйте свой ответ.

Таблица 3. Дозированные домашние задания. Блок (учебная тема) 1

№ урока в модуле, §	Уровень сложности, отметка		
	Удовлетворительно (стандарт)	Хорошо	Отлично
1. § 1 Введение. Что изучает физика	1. Раздели словосочетания на механические, оптические, электрические и тепловые явления: утренний туман, таяние снега, движение автомобиля, радуга, мираж в пустыне, мерцание звёзд, молнии при грозе, замерзание воды	1. О каком явлении идёт речь в отрывке из повести Ю. Бондарева «Горячий снег»: «... Кузнецов подошёл к двери и от жгучего сияния пустынных под солнцем снегов зажмурился...»? 2. ОТГАДАЙ ЗАГАДКИ: 2-1. Красивое коромысло над лесом нависло. 2-2. За блеском – треск, за треском – плеск. 2-3. Никто его не видывал, а слышать – всякий слыховал. 2-4. У планет она большая, минимальна у частиц, её на глаз не измеряют, ведь у неё немало лиц. 2-5. Всем поведает, хоть и без языка, когда будет ясно, а когда – облака	1. Приведите по два-три примера каждого явления, опираясь на свой жизненный опыт. 2. Подготовьте доклад (минуты на 3) о любом учёном-физике
2. § 2, 3. Физические термины. Наблюдения и опыты	1. Какие тела и вещества использовались учителем на уроке? 2. Перечислите тела из стекла, окружающие вас дома. 3. Вспомните, что такое наблюдение и опыт. Сталкивались ли вы с этими понятиями в жизни? когда?	1. Возьмите листок бумаги или кусок пластилина. Сделайте из них несколько тел. Принесите их на урок. 2. Запишите по несколько слов и словосочетаний, обозначающих вещества и тела	Предложите метод определения диаметра провода, ниток или волос, пользуясь линейкой и круглым карандашом. Измерьте этим методом диаметр волоса мамы, папы. Что вы провели: наблюдение или опыт?
3. § 4. Физические величины и их измерение	По рисункам 4–7 учебника составьте смысловые пары <i>название прибора – измеряемая величина</i>	Восстановите пропуски и озаглавьте каждый столбик. Масса – _____ – весы _____ – градус – _____ Время – _____ – _____ _____ – _____ – спидометр Путь – _____ – _____	Определи свой рост или своего товарища. Сначала возьми линейку 20 см, потом 50 см и 1 м. Запиши результаты, сравни их. Сделай вывод
4. § 1–4. Лабораторная работа	Разделите отгадки (см. урок 1) на три группы: явление, прибор, физическая величина	1. Приведите примеры физических явлений, которые вы наблюдали во время летних каникул. 2. Верно ли утверждение, что наши мысли реальны, то есть материальны? 3. Как проверить правильность физических знаний?	Рассмотрите устройство термометра. Определите и запишите цену деления, а также верхний и нижний пределы шкалы. Назовите явление, на котором основано действие термометра
5. § 1–4. Обобщение	1. Разгадайте кроссворд на с. 10 учебника. 2. В зависимости от значения обозначьте слова буквой: А – тело; Б – явление; В – вещество; Г – величина. Соль, время, масса, сталь, ветер, дождь, книга, камень, температура, стекло, свет, снежинка, скорость, радуга	Переведите единицы физических величин в основные: 15 мм; 297 г; 66 мс; 56 км/ч; 108 мин; 58 км; 30 мин; 45 ц; 17 т 45 кг 345 г. Запишите, какая физическая величина выражается каждой единицей	Составьте свой кроссворд по теме

Учебник: Громов С.В., Родина Н.А. Физика: учеб. для 7 класса общеобразов. учреждений./ Под ред. Н.В. Шароновой. М.: Просвещение, 2006, 2008, 2009.

Итак, мы спланировали свою деятельность. Самое время продумать первый урок. Это может быть урок любой формы – лекция, беседа, презентация, экскурсия... Можно рассказать о физических явлениях, можно – об учёных-физиках, можно продемонстрировать опыты, смысл которых предстоит нам пояснить в курсе физике. Самая главная задача учителя на первом уроке – заинтересовать учеников предметом, и в немаловажной степени – собой. Не оттолкните ребят, не напугайте сложностью. Но в то же время не перегрузите урок наглядностью, не вселите уверенность, что всё будет легко и просто.

Я работаю в маленькой сельской школе, поэтому знакомство с ребятами не занимает много времени и даёт возможность разнообразить первый урок – рассказываю о науке физике, о её целях и задачах, о физических явлениях, о М.В. Ломоносове. При этом использую всего по чуть-чуть: презентации, небольшие фильмы, загадки, кроссворды, модельные ролики, опираюсь на жизненный опыт ребят.

В электронном приложении размещены полные проектирования уроков по В.И. Монахову для 7-го, 8-го и 9-го классов, включая технологические карты всех учебных тем (модулей), а также информационные карты всех уроков в 8-м и 9-м классах (в 7-м классе приходится писать на каждый урок с учётом уровня развития учащихся, скорости усвоения материала и пр.).

3. Банк развивающих заданий. Чтобы учитывать различие в умственных способностях ребят, их разную подготовленность к восприятию основ предмета, я использую «Банк развивающих задач» – подборку заданий, которые собираю уже несколько лет. Они позволяют, с одной стороны, проводить

диагностику уровня развития некоторых важных для уроков физики способностей учащихся, а с другой, – на разных этапах урока активно развивать их внимание и память, умение воспринимать и анализировать информацию [4].

На этапе диагностики я даю задания трёх уровней сложности: • *репродуктивном* (понял, запомнил, воспроизвёл) • *конструктивном* (понял, запомнил, воспроизвёл, применил знания по образцу и в изменённой ситуации) • *творческом* (овладел знаниями и научился переносить их в новые условия). При верном выполнении всех заданий выставляется отметка «5». Если ученик успешно справился с первыми тремя заданиями, а к выполнению четвёртого не приступил или допустил ошибку в решении первых трёх, выставляется оценка «4». За безошибочное выполнение первых двух заданий, даже при наличии ошибок в решениях третьего и четвёртого или при их отсутствии, выставляется оценка «3». Школьники, допустившие ошибки в первых двух заданиях, получают возможность после дополнительной подготовки выполнить аналогичные задания ещё раз. При таком подходе их теоретическая подготовка становится более целенаправленной. Те, кто хочет улучшить результат, могут повторно выполнить работу чуть выше по уровню относительно предыдущей. Информация о проведённых контрольных работах сводится в таблицу «Мониторинг качества знаний по физике», что помогает выявить затруднения учащихся, предупредить пробелы в знаниях и умениях, мотивированно осуществлять дифференцированный подход. Для ребят эта информация доступна, в любой момент они могут посмотреть результаты своих работ текущего модуля.

Таблица 4

Информационная карта урока 1/1. Что изучает физика. Техника безопасности. 8-й класс

Задачи		
по обучению	по развитию	по воспитанию
1. Объяснить необходимость изучения физики. 2. Указать органы чувств, с помощью которых изучают природу. 3. Повторить правила поведения в кабинете, при выполнении практических работ	1. Развивать познавательные и духовные потребности учащихся. 2. Развивать логическое мышление	Пробуждать и развивать познавательные интересы учащихся
	методический инструментарий	ожидаемые результаты
содержание	<i>Методы:</i> объяснительно-иллюстративный; лекция с элементами беседы. <i>Средства:</i> наглядные (листы с правилами по технике безопасности); сравнение. <i>Формы обучения:</i> лекция с элементами беседы. <i>Форма организации учебной работы учащихся:</i> коллективная	Учащийся должен: – уметь объяснять необходимость изучения физики, роль органов чувств при изучении природы; – знать и уметь применять правила поведения в кабинете и при выполнении практических работ
1. Организационный этап. 2. Постановка целей и задач. 3. Изложение нового материала. 4. Подведение итога урока		

Чаще всего я провожу диагностику в начале урока на этапе «Актуализация знаний». Задания активизируют детей, настраивают их на работу. Иногда даю карточки с индивидуальными заданиями, в то время как остальные работают фронтально или в группах. Ряд заданий провожу как тренировочные – в виде очень коротких (на 2–3 мин) игр, вопросов или опросов. Использую эти задания и при проведении обобщающих уроков в нестандартной форме, которые очень нравятся моим ученикам (см. мою статью в № 3/2014). Привожу примеры заданий, которые рекомендую проводить на уроках систематически – и как диагностические, и как тренировочные.

Развитие восприятия

Цель блока заданий: развитие способностей к продуктивному восприятию, которое предполагает развитие наблюдательности, способности сравнивать, вычленять основные и фоновые детали образа; развитие пространственного восприятия, восприятия формы, цвета, взаимного расположения предметов; тренировка восприятия.

1. На доску или экран вывожу таблицу (если дети плохо воспринимают информацию на доске, то раздаю индивидуальные карточки):

g	F	s	t	s	t	s	s
t	a	g	t	m	a	s	U
g	N	a	g	U	N	t	m
s	s	F	v	t	F	v	s
U	R	m	R	s	g	N	a

Задание: за 2–3 минуты подсчитать, сколько раз в таблице встречаются физические величины: a , g , s , t , F , m , U , N , R , v . Ученики чаще всего работают в парах – один показывает и считает повторяющиеся величины, другой проверяет. На другом уроке дети меняются ролями. (Возможна вариация с использованием цветовой дифференциации.)

Если ученик не справляется с первого раза, то можно уменьшить количество строк и столбцов, а затем наращивать. Можно вместо символов поставить в таблицу единицы физических величин, названия приборов и так далее.

При использовании задания данного типа как проверочного, я дополняю таблицу заданиями. Например: • назвать символы • назвать приборы, с помощью которых можно измерить данные величины • дать определение указанным величинам • назвать основные единицы физических величин и тому подобные.

2. На экран вывожу изображения физических приборов с «дефектами» (нет стрелки, одна половина прибора и т. д.) [6]. **Задание:** определить, что это за прибор, что с его помощью измеряют, чего не хватает на картинке. Чаще всего я даю такое задание

как соревнование на скорость. Работаем всем классом, дети активизируются.

3. Ученик закрывает глаза, ему на ладонь учитель кладёт какой-нибудь предмет и просит, не осяпывая предмет, охарактеризовать его. Класс проверяет сходится ли описание игрока с тем, что у него в руке. На игру отводится не более 2 минут.

4. Учитель на 2 минуты выставляет на демонстрационный стол предметы, после чего закрывает их тканью. Дети (весь класс или по группам) должны назвать предметы и воспроизвести их расположение (один называет, другой расставляет). На это занятие не стоит отводить больше 3 минут.

Упражнение можно немного изменить: расположите предметы на столе и, когда дети закроют глаза, уберите один из них. **Задание:** указать убранный предмет.

5. Учитель загадывает прибор (физическую величину, закон и тому подобное), ученики пытаются угадать задуманное, задавая вопросы, на которые учитель может отвечать только «да» или «нет». Например: Это физическая величина? Это прибор для измерения физической величины? Мы пользовались этим понятием в данной изучаемой теме? Мы использовали данный прибор в последней лабораторной работе?

В этом задании несколько трудных моментов для учеников: грамотно сформулировать вопросы; запомнить, какие вопросы уже были заданы; собрать все верные ответы вместе, чтобы понять, о чём идёт речь.

Развитие внимания

Цель блока заданий: тренировка и развитие особенностей произвольного внимания: избирательности, концентрации, устойчивости, объёма, переключения и распределения.

1. Каждый играющий получает карточку. **Задание:** найти слова, обозначающие физические термины и являющиеся ответами на указанные ниже вопросы (слова могут ломаться по горизонтали и по вертикали). Оценивается время работы (его устанавливает учитель для каждого ученика дифференцированно, но не более 3 мин) и количество правильных ответов.

н	а	о	к	а	к	т	а	в	е
е	п	н	о	з	е	р	д	л	и
и	р	е	м	э	л	о	н	е	н
н	е	ж	и	з	з	а	т	и	н
ц	и	о	к	л	у	р	я	д	г
к	я	т	а	г	ч	е	е	и	а
е	в	ы	ч	и	з	н	и	н	м
о	н	р	а	к	и	ф	е	е	р
к	а	в	н	и	т	н	и	п	а
п	л	л	е	е	р	е	е	с	и

Вопросы: • единица сопротивления • переход вещества из твёрдого состояния в жидкое • сила, всегда направленная против направления скорости движения при скольжении • перенос энергии струями жидкости или газа • переход вещества из жидкого состояния в газообразное • физическая величина, выражаемая в паскалях • отрицательно заряженная частица.

При фронтальной работе я раздаю карточки всем ученикам, зачитываю вопросы, заслушиваю ответы и показываю всем правильный. Кто первым больше нашёл слов, тот и побеждает. Этот банк хорош тем, что предоставляет учителю много вариантов – меняйте задания, таблицы, правила оценивания.

2 [6]. Подготовленные карточки разрезаны пополам: на одной половине – понятие, на второй – его определение (или: на одной – физическая величина, на второй – формула; на одной – физическая величина, на второй её единица и так далее).

Ход игры. Играют в парах. Один игрок открывает две любые карточки. Если это пара, то берёт обе половинки себе и получает право следующего хода; если они не пара, то возвращает в исходное положение, стараясь запомнить их содержание и место. Ход делает партнёр. Игра продолжается до тех пор, пока на столе не останется ни одной карточки. Выигрывает тот, у кого окажется больше парных карточек. Победителя можно стимулировать отметкой.

3. Учитель записывает на доске текст, например, РОНПМАССАОЛГЕНПВИСИЛАЛЛНГЕШКРНЬЮТОНОРНГЦКВЕСГНЕ. **Задание:** как можно быстрее найти и подчеркнуть слова, связанные с физикой, с темой. При проверке учитель может задать дополнительные вопросы: что такое масса? назовите формулу вычисления силы тяжести? каким прибором измеряют вес тела?

4. Учитель выставляет на столе ряд демонстрационных приборов. **Задание:** запомнить расстановку и восстановить её в конце урока (а можно не предупреждать ребят, а просто вести урок, переставляя приборы).

5. Учитель демонстрирует таблицу с формулами, которые повторяются или различаются только перестановкой множителей. **Задание:** найти одинаковые формулы (не более 2 мин). Вариант – найти формулы, которые начинаются, например, с буквы F , или найти больше обозначений величин, которые измеряются одним прибором, и так далее. Это «минутные» активизирующие задания, меняющие учебную деятельность и позволяющие за минуту повторить огромный пласт знаний.

6. Учитель готовит сетки кроссвордов со вставленными ответами и вопросы к ним. Вопросы не нумеруются, располагаются произвольно. **Задание:** взять первый вопрос, найти ответ и поставить около этого вопроса цифру ответа в сетке кроссворда.

Вопросы. 1. Изменение скорости в единицу времени. 2. Произведение массы тела на его скорость. 3. 24 часа. 4. Секунда – единица... 5. Первый в мире лётчик-космонавт. 6. Единица пути. 7. Сумма длин всех участков траектории, пройденной телом за рассматриваемый промежуток времени.

		1. с	у	т	к	и		
	2. г	а	г	а	р	и	н	
3. у	с	к	о	р	е	н	и	е
4. п	у	т	ь		5. м	е	т	р
	6. и	м	п	у	л	ь	с	
	7. в	р	е	м	е	н	и	

Упражнение позволяет быстро проверить знание терминов за 1–2 мин.

Развитие памяти

Цель блока заданий: тренировка и развитие словесно-логической, вербальной, зрительной, оперативной, долговременной памяти. Выполнение таких заданий в начале каждого урока позволяет очень быстро повторить многое, все ребята включаются в работу, и далее урок идёт очень продуктивно.

1 [6]. Прослушать ряды слов, запомнить их, записать по памяти: • Траектория – путь • Масса – инертность • Ньютон – сила • Деформация – упругость • Сжатие – растяжение • Динамометр – вес.

2. Просмотреть таблицу, например, с обозначениями физических величин. запомнить их, записать по памяти.

3. Просмотреть перечень физических понятий (явлений, процессов...), заполнить пропуски. Например: *к.л.бания, ч.ст.та, р.з.нанс, м.х.нические волны...*

4. Заполнить пропуски в таблице. Например:

Физическая величина	Обозначение	Единица	Формула
Длина волны	?	?	?
?	T	?	?
?	?	Гц	?
Скорость волны	?	?	?

5. Найти ошибку в утверждениях. Например: • График колебаний – кривая зависимости координаты колеблющегося тела от частоты • Продольные волны распространяются только в твёрдых телах • Частоту в диапазоне от 16 до 20 Гц называют звуковой • Громкость звука определяется его частотой • Человеческое ухо воспринимает ультразвук.

6 [7]. Заполнить пропуски в столбцах таблицы: «Где?» (место, где было сделано или внедрено изобретение, указанное в столбце «Что?»), «Когда?» (время действия). Например:

Что?	Где?	Когда?
Колёсный пароход «Клермонт»		
Первый автомобиль		
Первый ДВС		
Паровоз Черепановых		

7. Узнать формулу, вставить пропущенные обозначения физических величин (слова в определении, пропуски в предложениях, ...).

8. «Физическое лото». Делаем карточки с формулами, определениями и так далее, режем пополам, делим поровну: одну половину – себе, другую – детям. Вытаскиваем одну, дети ищут соответствующую половину. Формулы выбираем такие, с которыми у ребят наибольшие затруднения в запоминании. Играем очень быстро.

9. Найти лишнее. Например: • Физическая величина: объём, масса, внутренняя энергия, газ, длина, плотность • Физические явления: молния, инерция, радуга, градус, нагревание.

Развитие мышления

Цель блока заданий: тренировать и развивать умение анализировать, синтезировать, обобщать, сравнивать, вырабатывать нестандартные приёмы выхода из данных условий. Я использую такие задания дифференцированно. Готовлю карточки с заданиями типа 1–5 и даю их во время урока детям с разным типом мышления. Например, более слабым, когда класс решает сложную задачу, или тем, которые быстро устают от однообразной деятельности. Карточки проверяю, как только их сдают, – это занимает несколько секунд, а ученику необходимо знать результат сразу.

1. Составить из частей слов название прибора. Например: ОСА ЦИЛИНДР ЛОГИКА РАФИНАД

2. Собрать определение из данных слов. Например: *наука природе физика о.*

3. Найти закономерность и разделить слова по группам. Например: сила, вес, килограмм, объём, динамометр, масса, мензурка, весы, кубический метр (физическая величина и измерительный прибор).

4. Установить причинно-следственные связи. Например, между терминами: сила – деформация, масса – инертность, масса – объём, плотность – вещество.

5. Найти соответствие. Например, значению физической величины из 1-й колонки подобрать из 2-й колонки подходящее число, а из 3-й – единицу этой величины, чтобы получилось равенство:

200 г	200	кг
0,2 т	0,2	кг

Желаю успеха! Помните, в школе не дети для нас, а мы для них – и всё у вас получится.

Литература

1. Ольга Зайчикова. Возрастные особенности учащихся 7–8-х классов. URL: <http://rcoospk.rusedu.net/post/409/31054>
2. Политова С.И. Проектирование учебного процесса по авторской технологии академика В.М. Монохова. Тверь, 2002.
3. Никишина И.В. Инновационные педагогические технологии и организация учебно-воспитательного и методического процессов в школе. Волгоград: Учитель, 2007.
4. Пурьшева Н.С., Важеевская Н.Е. Комплект демонстрационных таблиц по физике. ФГУП «Центр МНТП», 2006.
5. Карелин А. Большая энциклопедия психологических тестов. М.: Эксмо, 2007. 416 с.
6. Горлова Л.А. Нетрадиционные уроки, внеурочные мероприятия по физике: 7–11 классы. М.: ВАКО, 2006.
7. Кульневич С.В., Лакоценина Т.П. Не совсем обычный урок. Ростов-н-Д.: Учитель, 2001.
8. Тихомирова С.А. Дидактические материалы по физике: 7–11 классы. М.: Школьная пресса, 2003.



Ольга Александровна Новикова – учитель физики высшей квалификационной категории, окончила Старицкое педучилище (с красным дипломом, 1998 г.), затем Тверской госуниверситет (2004 г.), педагогический стаж 15 лет. Педагогическое кредо: уча других, мы учимся и сами. Награды: Диплом Союза «Веста» «За большой вклад в дело воспитания творческой личности, развитие у детей любви к искусству и своей Родине» (2011 г.); Дипломы I степени Всероссийского конкурса «Современный урок-2007» (Москва), дистанционного Всероссийского творческого конкурса для педагогов «Век живи, век учись!-2012» в номинации «Мы можем учиться у тех, кого учим», Диплом III степени I Всероссийского конкурса «Организация учебно-воспитательного процесса, научно-исследовательской, методической и экспериментальной работы в общеобразовательном учреждении» (2007, Москва),

Диплом лауреата XIII конкурса «Публицистика-2-12» за конкурсную работу «Нельзя любовью к детям заболеть на время», Грамоты отдела образования Zubцовского района и Министерства образования Тверской области, Благодарность Собрания депутатов Zubцовского района.

Физика и новые технологии



Приведён сценарий первого урока физики в 11-м классе. Видеоролик для просмотра через самодельные стереочки см. в электронном приложении.

Первый урок
в 11-м классе

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», социальное развитие, цифровая технология, суперсовременная технология

Г.В. ДМИТРИЕВ

dgena1969@yandex.ru,
МБОУ НСОШ, с. Новые Шимкусы,
Яльчикский район,
ЧувашскаяРесп.

Цель урока: показать роль физики в техническом прогрессе.

Задача урока: совершенствование умений анализировать, классифицировать, делать выводы по заявленной теме на конкретных примерах.

Ход урока

Учитель (слайд 1). В результате физических исследований человек может не только объяснять многие природные явления и саму природу мироздания, но и разрабатывать всё более совершенные технические устройства и всё более точные технологии. Использование новой техники, внедрение новейших технологий изменяет человеческий быт, способствует социальному развитию общества [1]. Рассмотрим конкретные примеры.

Посмотрите на *слайды 2, 3* и поясните, какие бытовые аналоговые и просто механические приборы и устройства постепенно были вытеснены цифровыми.

Учащиеся. Механическая пишущая машинка сейчас уже почти и не встречается, её вытеснила цифровая клавиатура компьютера и лазерный принтер. Прежний фотоаппарат, который позволял получать фотоизображения на пластинках и плёнках, вытеснен цифровым, в котором изображения хранятся в цифровом виде. То же произошло и с кинокамерами, и с магнитофонами.

Учитель. Если аналоговый сигнал представляет собой непрерывную функцию какого-то параметра (на-

пример, напряжения, тока, яркости) от времени, то есть непрерывное множество возможных значений, то цифровой (англ. *digital*) сигнал – это совокупность конечных значений параметра в функции дискретного времени, то есть последовательность импульсов, электрических или световых [2, 3]. Какие цифровые аппараты и устройства вы знаете?

Учащиеся. Компьютеры, видеокамеры, фотоаппараты, веб-камеры...

Учитель. Что такое видеокамера? цифровой фотоаппарат? веб-камера?

Учащиеся. Видеокамера – компактное устройство для видеозаписи. Она представляет собой комбинацию из объектива и нескольких устройств: формирования видеосигнала, получения звукового сигнала (микрофон и усилитель), сохранения видео- и аудиоданных. Видеокамеры оснащаются электронным видискателем – компактным жидкокристаллическим монитором [4].

...Веб-камера – цифровая видео- или фотокамера, способная в реальном времени фиксировать изображения, предназначенные для дальнейшей передачи по сети интернет [5].

...Цифровой фотоаппарат – это устройство, в котором для получения изображения используется массив полупроводниковых светочувствительных элементов – *матрица*, на которую изображение фокусируется с помощью системы линз объектива. Полученное изображение в электронном виде сохраняется в виде файлов в памяти самого фотоаппарата или же на дополнительном носителе, вставляемом в фотоаппарат. Первый цифровой фотоаппарат разработал в 1976 г.

Урок был проведён с учащимися 11-го класса МБОУ СОШ № 8 г. Канаша в рамках XXVI Республиканского методического фестиваля учителей физики и удостоен Диплома I степени.



Видеокамера Canon HG10 высокого разрешения



Веб-камера для ПК Logitech Quickcam Pro 4000



Цифровой аппарат в разобранном виде

инженер компании *Eastman Kodak* Стивен Сассун (*Steven Sasson*) 0,1 Мп [6, 7].

Учитель (показывает видео-, фото-, веб-камеры). Можем ли мы воспользоваться этими устройствами в учебном процессе?

Учащиеся. Можем. Например, с помощью видеокамеры можно снимать учебные видеofilмы, с помощью цифрового фотоаппарата – получать электронные изображения, с помощью веб-камеры – фиксировать изображения в реальном времени.

Учитель (фиксируя изображение текста из учебника на экран, демонстрирует, что веб-камеру можно использовать как часть документ-камеры). У вас на партах лежит «Рабочий лист».

Выполняем задание 1: выявите достоинства и недостатки цифровой технологии и заполните таблицу. (После выполнения задания – первый пример дан учителем – учащиеся устно перечисляют выявленные ими преимущества и недостатки, просматривая свои записи.)

Достоинства	Недостатки
1. Хранить информацию в цифровых системах проще.	1. Вирусные программы могут уничтожить информацию.

Учитель (слайд 4). Рассмотрим рисунок, поясняющий явление поляризации. Поляризация света – процесс упорядочения колебаний вектора напряжённости электрического поля световой волны при её прохождении сквозь некоторые вещества (при преломлении) или при отражении от поверхности раздела сред.

Поляризатор – вещество (или устройство), служащее для преобразования естественного света в плоско поляризованный. Один из видов – поляриод, тонкая поляризационная плёнка, заклеенная между двумя прозрачными плёнками для защиты от влаги и механических повреждений <http://ru.wikipedia.org/wiki/Поляриод>. (*Демонстрирует слайд 5 с примерами зависимости пропускания поляриодом поляризованного света, испускаемого небом и ЖК-экраном сотового телефона, от ориентации поляриода.*)

Где можно применить это явление? (Слайд 6.)

Учащиеся. В солнцезащитных и антибликовых очках, в поляридных фильтрах для фотоаппаратов, для обнаружения дефектов в изделиях из прозрачного материала, в ЖК-мониторах, для создания 3D-фильмов и 3D-изображений.

Учитель (слайд 7). Вот так выглядит результат подавления блика на фотоснимках с помощью поляризационного фильтра.

А теперь выполняем задание 2: наблюдаем картину напряжений в пластинке из оргстекла.

Порядок наблюдения: • Прикрепите на диски-ширмы оптической скамьи (ФОС-67) поляриоды и установите их на штативы (*приборы на каждой парте*) • Поставьте штативы на одну линию, чтобы отверстия поворотных дисков-ширм совпадали • Поверните поляриоды, так чтобы их плоскости поляризации совпадали • На штатив прикрепите тиски с оргстеклом и расположите их между двумя поляриодами • Наблюдайте за оргстеклом • Медленно вращая винт, сдавливайте оргстекло и наблюдайте, как изменяется картина интерференции поляризованного света, которая характеризует распределение механических напряжений в оргстекле. Что такое интерференция, мы с вами узнаем на уроках по волновой оптике в этом году • Сделайте выводы.

Учитель. Рассмотрим ещё один интересный физический эффект (*демонстрирует стереоэффект и одновременно объясняет*). Для получения эффекта объёма – стереоэффекта – необходимо показать картинку так, чтобы каждый глаз смотрел на неё как бы со своего ракурса, всё остальное наш мозг достроит и рассчитает самостоятельно.

Посмотрите на так называемую *перекрёстную стереопару (слайд 8)*. Для получения 3D-эффекта правый глаз должен смотреть на левую картинку, а левый – на правую. В результате «скашивания» глаз к кончику носа» картинки «наплывают» друг на друга и в центре получаем объёмное изображение молекулы. Научиться рассматривать такие стереопары довольно легко.

Вот самый простой способ. Берём горизонтальную стереопару – изображение планет, обращающихся вокруг центрального тела [8]: «Садимся на расстоянии вытянутой руки от монитора, так чтобы рисунок находился на уровне глаз. Располагаем поднятый вверх указательный палец руки возле самого экрана, посередине между двумя планетами. Смотрим на кончик указательного пальца – планеты начинают слегка двоиться. Теперь медленно приближаем палец к лицу, не отрывая взгляда от его кончика – планеты при этом постепенно сближаются. Ведём палец до тех пор, пока планеты не сойдутся в одной точке и не исчезнут за пальцем (взгляд при этом не отрываем от кончика пальца). Теперь медленно убираем палец, стараясь, чтобы центральная картинка не разошлась опять на две составляющих. После того, как палец убрали, начинаем фокусировать взгляд на центральной картинке, очень очень медленно разводя глаза обратно, пока картинка не станет чёткой. **НО!** Она становится не просто чёткой, а **ОБЪЁМНОЙ!**»

Стереоэффект при просмотре большими аудиториями, например, в кинотеатрах создают разными способами, но обязательным атрибутом являются очки для зри-





Горизонтальная стереопара

телей (слайды 9, 10) [10]. Наиболее простой – анаглифический, когда в очках используются два цветных фильтра – чаще всего синий для правого глаза и красный для левого. Эффект объёмности достигается за счёт цветового кодирования изображений. (Просмотр 3D-фильма через самодельные стереочки из пластиковой бутылки, см. ролик в ЭП.)

Выполняем задание 3: чем отличаются плоские изображения от объёмных, стереоизображений?

Второй способ – использовать поляриды. Если картинку составить из чётных и нечётных строк с разными поляризациями света, повернутыми друг относительно друга на 90°, то через очки, стёкла-поляризаторы которых также повернуты друг относительно друга на 90°, мы видим объёмное изображение. Именно такие очки выдают сейчас зрителям в большинстве кинотеатров при просмотре 3D-фильмов. В настоящее время освоены и широко применяются для создания таких фильмов линейная и круговая поляризации.

Наиболее прогрессивным методом формирования 3D-изображения является затворный. Он позволяет получать высокое качество без использования второго проектора и дорогостоящего экрана. Правда, стоимость стереочков в данном случае довольно велика из-за технической сложности.

На компьютере стереоэффект при просмотре 3D-видео достигается с помощью плеера KMPlayer, если установить на него дополнительно фильтр Anaglyph.ах.

Наконец, скажем немного о будущем – это электронные очки со встроенным дисплеем и подключением к интернету от Google X Lab, работающие под управлением ОС Android. Устройство обладает собственным вычислительным блоком, сотовым модулем с поддержкой сетей 3G или 4G, GPS-приёмником, набором всевозможных сенсоров и полупрозрачным



Геннадий Васильевич Дмитриев и канашские учащиеся с анаглифическими стереочками



Очки-компьютер Google

дисплеем. В ходе тестового использования первой модификации «умных очков» уже появился ряд революционных практических применений: хирурги транслировали ход операции студентам медицинских вузов, а больные диабетом смогли в буквальном смысле слова увидеть, что они едят [11, 12].

Выполняем задание 4: какие ещё новые разработки показались вам интересными? (Учащиеся ищут информацию в интернете через поисковик, например, Yandex или Google [13].)

Учитель. Давайте подытожим наше занятие. Современный этап развития физической науки характеризуется её тесным сотрудничеством с технологией и бизнесом. Только совместными усилиями учёных, инженеров, технологов и предпринимателей появляются новые разработки. К числу появившихся только за последние годы мы можем отнести, например, ультрабуки – планшетные компьютеры массой около 1 кг и толщиной около 2 см, e-бумагу [13].

(Подведение итогов урока. Выставление оценок лучшим учащимся за задания 1–4.)

Литература

1. Разработки уроков. Презентации. Конспекты занятий. Тема урока. Физическая картина мира. Влияние физики на научно-технический прогресс и социальное развитие. URL: <http://www.testsoch.com/tema-uroka-fizicheskaya-kartina-mira-vliyanie-fizikina-nauchno-texnicheskij-progress-i-socialnoe-razvitie/2/>
2. Аналоговый сигнал. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Аналоговый_сигнал
3. Цифровой сигнал. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Цифровой_сигнал
4. Видеокамера. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Видеокамера>
5. Веб-камера. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Веб-камера>
6. Цифровой фотоаппарат. http://ru.wikipedia.org/wiki/Цифровой_фотоаппарат
7. Eastman Kodak. http://ru.wikipedia.org/wiki/Eastman_Kodak
8. 3D-фильмы бесплатно. Скачать стереофильмы. URL: http://cinemateka.3dn.ru/index/prosmotr_gorizontalnykh_stereopar/0-10
9. Интернет через 3D очки <http://thearticles.ru/article/1727>
10. Стереоизображение. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Стереоизображение>
11. Очки-компьютер Google <http://www.xakep.ru/post/58330/>
12. События в космосе, исследование подлёдного озера «Восток», геном *Homo Erectus* и «умные очки» Google Glass названы самыми ожидаемыми событиями следующего года. http://zn.ua/TECHNOLOGIES/new-scientist-nazval-10-samyh-ozhidaemyh-sobytyiy-v-nauke-i-tehnike-v-2014-godu-135786_.html
13. 23 невероятные новые технологии. cleopatra.ucoz.ua/publ/8-1-0-144

Физика – развивающаяся наука



Представлен опыт проведения урока-конференции, показывающего связь физики с другими естественными науками. Примеры презентаций учащихся даны в электронном приложении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: урок-конференция, объекты изучения физики, формы выражения научного знания, 7 класс

Урок-конференция,
7-й класс

С.А. ХОЛИНА

svetaholina@mail.ru,
МГОУ СОШ № 933,
г. Москва

Вводная глава курса физики 7-го класса посвящена рассмотрению объектов изучения – явления природы, тело, вещество, физическое поле (на примере электромагнитного поля); основным методам изучения природы (наблюдение, эксперимент и моделирование). Кроме того представлены физическая величина, физический закон, физическая теория как основные формы выражения научного знания. В заключение дан учебный материал, посвящённый вопросам истории развития физики, её связи с техникой и другими науками [1].

Обобщающий урок по теме целесообразно провести в форме конференции [3]. Для этого учащимся на первых уроках предлагаю примерные темы сообщений, которые они могут подготовить в группе или индивидуально, используя учебник, рабочую тетрадь, дополнительную литературу, интернет. Обращаю внимание на то, что выступление должно сопровождаться иллюстративным материалом (презентация, портреты учёных, плакаты) или физическим экспериментом; содержать упоминание о физической величине, законе или теории, вывод. Привожу примерный ход урока.

Учитель. Знания о природе накапливались в течение многих веков. Сначала были наблюдения за движением небесных тел, создание календаря, определение положения одних звёзд и созвездий относительно других, поиск закономерностей. Появление физики как науки, её дальнейшее становление и связь с другими науками имеет интереснейшую историю. Об этом мы узнаем из выступлений ребят. (*Заслушиваются сообщения, презентации см. в ЭП. – Ред.*)

Ученик 1. Сообщение «Натурфилософия – первая наука о природе» по плану: • Первое знание о природе • Влияние древнегреческих учёных на обобщение всех накопленных ранее знаний о природе в науку – натурфилософию • Развитие натурфилософии • Выделение из натурфилософии физики как самостоятельной науки – с демонстрацией «Ленты времени» из [4], портрета Аристотеля, презентации.

Ученик 2. Сообщение «Становление физики как науки» по плану: • Вклад в развитие физики Г. Галилея, Х. Гюйгенса, И. Ньютона • Эксперименты Г. Галилея по изучению колебаний маятника. Открытие Х. Гюйгенсом формулы периода математического маятника • Важнейшие этапы развития физики, вклад учёных Дж. Максвелла, Г. Герца,

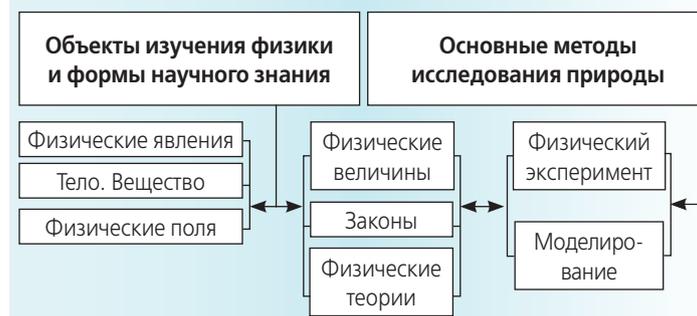
А.С. Попова в развитие теории и практики использования электромагнитных волн • Российские учёные – лауреаты Нобелевской премии (Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ж.И. Алфёров, А.А. Абрикосов, В.Л. Гинзбург) – с демонстрацией презентации и колебаний модели математического маятника.

Ученик 3. Сообщение «Связь физики с техникой» по плану: • Связь физики с естественными науками, например, химией, биологией, географией • Связь физики с математикой • Роль физики в развитии космонавтики. Создание космических станций благодаря достижениям физической науки – с демонстрацией модели ракетоплана космического корабля.

Ученик 4. Сообщение «Измерение размеров малых тел методом рядов» по плану: • Объект исследования • Цель исследования • Средства измерения и материалы • Гипотеза исследования • Анализ результатов исследования – с демонстрацией хода эксперимента и таблицы результатов [2].

Учитель. Мы увидели, что физика – одна из наук о природе. Это развивающаяся наука, которая имеет свои объекты изучения, методы исследования, физические законы и теории. А теперь откроем учебник и обсудим самое важное в главе 1 [4, с. 32]. (*Беседа, подведение итогов, выставление оценок.*)

САМОЕ ВАЖНОЕ В ГЛАВЕ 1



Литература

- Хижнякова Л.С., Синявина А.А., Холина С.А. Физика. Рабочие программы учителя. М.: Вентана-Граф, 2010. 112 с.
- Те же. Физика: 7 класс: тетрадь для лабораторных работ для учащихся общеобразовательных учреждений. М.: Вентана-Граф, 2011. 64 с.
- Те же и др. Физика: 7 класс. Методика и технология обучения: методич. пособие. М.: Вентана-Граф, 2011. 208 с.
- Хижнякова Л.С., Синявина А.А. Физика: 7 класс: учебник для учащихся общеобразоват. учреждений. М.: Вентана-Граф, 2010. 208 с.

«И опыт – сын ошибок трудных...»



Описан так называемый творческий экзамен – учебное интегрированное занятие, развивающее оригинальность мышления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интегрированное занятие ФИЗИКА + МАТЕМАТИКА + ХИМИЯ + БИОЛОГИЯ, развитие оригинального мышления.

Г.Н. ЛЕХАНОВА
fizika.gim3@mail.ru
(учитель физики),
А.А. ЛУПЕНКОВА
anna_5004@mail.ru
(учитель химии),
В.А. ИВАНОВА
iva_1508@mail.ru
(учитель химии и биологии),
И.В. САВЕЛЬЕВА
siv0662@mail.ru
(учитель математики),
МБОУ гимназия
им. Ф.К. Салманова,
г. Сургут, Сургутский р-н.,
ХМАО-ЮГРА, Тюменская обл.

Пушкинская фраза «И опыт, сын ошибок трудных...» по-прежнему актуальна, поскольку опыт слишком часто опирается не на истинные знания, а на знания-заблуждения [1]. Наш творческий экзамен был задуман с целью повышения качества образования в разных областях предметного знания. Именно творческая деятельность развивает оригинальность мышления. Учащиеся получили установку обратиться к своему внутреннему миру в процессе собственной творческой деятельности, к своему *опыту мышления*, переживаний – ко всему тому, что они видели, слышали, читали, делали, думали – к тому, как, почему и зачем они так видят, делают, думают, чувствуют.

В нашей гимназии с некоторых пор проводится так называемый *творческий экзамен*. Проходит он



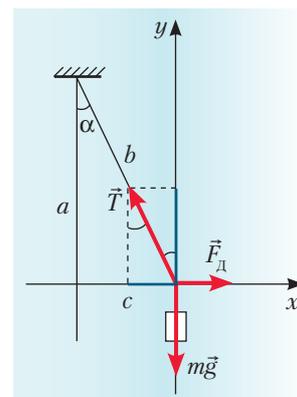
«Физики» – Никита Безымянный и Катя Свიაзова

так: класс заранее делится на три группы (не более четырёх человек в каждой): «математики», «физики», «химики-биологи». Группы сами или по подсказке учителя выбирают тему блиц-проекта, обязательно связанную с решением экспериментальной задачи, подбирают средства и способы её решения, выполняют и защищают работу. Весь процесс занимает два дня. Каждая группа выделяет из своего состава аналитиков, которые поддерживают на защите своих выступающих и оппонируют другим, выявляя сильные и слабые стороны исследовательских проектов. Продолжительность нашего экзамена 1 ч 40 мин.

«Физики»

Тема проекта (предложена учителем). В настоящее время существует достаточно много способов определения массы тел. Например, масса груза в транспортном средстве рассчитывается по закону Гука, массы небесных тел – по закону всемирного тяготения, масса тела в невесомости – по закону инерции. Массу тела неправильной формы можно определить *нестандартным способом*, например, используя условие плавания тел; массу стального стержня – через период его колебаний, массу мотка ниток – по правилу моментов. А можно ли измерить массу выданного тела (немного больше 1 кг), имея в распоряжении динамометр со шкалой 0–4 Н, прочную тонкую нить длиной 1 м, линейку длиной 1 м [2]?

Доклад на защите проекта. Наш социально-технический проект мы решили назвать «**Обман массы**». Мы решили доказать, что *измерить массу тела с помощью прибора, предел измерения которого меньше значения, подлежащего определению, можно*. Подвесим наше тело на нити, отметим его начальное положение. Отклоним груз, для чего зацепим нить вблизи точки подвеса груза (~12 см над его центром масс) крючком динамометра и медленно оттянем её горизонтально вначале с силой до 2 Н, затем до 3 Н и, наконец, до предельного для нашего динамоме-



тра значения 4 Н. Угол отклонения обозначим α . Изобразим систему отсчёта xy . Покажем силу тяжести $m\vec{g}$, приложенную к центру масс тела, силу, действующую со стороны динамометра $\vec{F}_д$, и силу натяжения нити \vec{T} . Изобразим проекции силы натяжения нити на оси x и y (см. рисунок).

Тело находится в равновесии, поэтому сумма действующих на него сил равна нулю:

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_д = 0.$$

Запишем проекции на осях:

$$x: F_д - T \sin \alpha = 0 \Rightarrow T \sin \alpha = F_д,$$

$$y: T \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow T \cos \alpha = mg \Rightarrow m = \frac{F_д}{g} \operatorname{ctg} \alpha.$$

При неизменной длине подвеса b измеряли каждый раз либо длину катетов c и a (одна группа, см. таблицу ниже), либо длину катета c , а катет a рассчитывали по теореме Пифагора (другая группа).

Измерено					Рассчитано		
№ опыта	F , Н	c , см	b , см	a , см	$\operatorname{ctg} \alpha$	m , кг	$m_{\text{сп}}$, кг
1	2	12,0	62,0	60,8	5,07	1,03	0,97
2	3	20,0		58,7	2,93	0,90	
3	4	24,0		57,2	2,38	0,97	

Для сверки мы взвесили груз непосредственно на школьных рычажных весах (вып. 1952 г., см. фото на с. 17):

$$M = 1,0144 \text{ кг} = 500 \text{ г} + 200 \text{ г} + 200 \text{ г} + 100 \text{ г} + 10 \text{ г} + 4 \text{ г} + 200 \text{ мг} + 200 \text{ мг}.$$

Считая значение массы тела, измеренное на весах с точностью до десятых долей грамма, *истинным*, получаем абсолютную ошибку среднего арифметического равной 44 г, то есть относительная ошибка ~4%.

Отчёт. Раньше мы умели определять массу, зная плотность и объём, а также измерять массу тела на рычажных весах. Участвовали в решении сформулированной учителем исследовательской задачи: можно ли полагать, что чем больше масса тела, тем большим будет его объём? – самостоятельно выдвигая гипотезу и проверяя её, используя зёрна крупы (гречки, перловки и риса).

Сейчас мы самостоятельно сформулировали гипотезу, спланировали эксперимент, выбрали оборудование, собрали установку, провели три опыта, сделали необходимые измерения и расчёты, результаты занесли в таблицу.

Вывод. Экспериментально опробован нестандартный способ оценки массы тела в случае отсутствия подходящих стандартных приборов.

Комментарий учителя физики. Экспериментальные исследования учащихся по физике – это учебная деятельность по изучению физической реальности. В результате проектной деятельности были переосмыслены имевшиеся знания, расширена область их применения, знания были усвоены значительно глубже, чем при стандартном обучении. Любопытно замечание одного из слушателей после защиты этого проекта: «Мы с папой прошлый отпуск провели в горах. Перед подъёмом у нас возникла проблема, не знали, что снаряжение должно соответствовать всем требованиям: в горах каждый лишний килограмм замедляет темп продвижения альпинистов и вызывает преждевременную усталость. Был только безмен до 2 кг, нам пришлось частями измерять массу. Если бы мы знали об этом способе, было бы достаточно показания безмена умножить на значение котангенса угла».

Школьники как бы заново открыли понятие *масса тела*, узнали новый способ определения этой физической величины. Выполнены все основные этапы научного исследования: постановка проблемы, изучение теории, подбор методик исследования и практическое их освоение, проведение своих исследований, анализ данных, обобщение результатов, выводы.

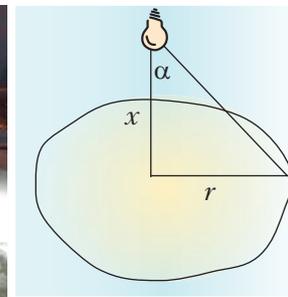
«Математики»

Доклад на защите проекта. Мы решили посвятить проект *поиску оптимального расположения фонарей на фасаде корпуса «Б» гимназии для достижения максимального освещения прилегающего участка и назвали его «Ученье – свет!»*

Эпиграфом взяли слова Б. Вербера: «Свет – это всё. В случае сомнений поступай так, как делает подсолнечник – ищи источник света и поворачивайся в его сторону». (<http://www.inpearls.ru/comments/312083>).

Задачи проекта:

- выяснить, что известно из курса физики относительно источника света и освещённости плоскости
- построить



математическую модель задачи • решить задачу внутри математической модели • критически осмыслить результат • выдвинуть идеи.

Освещённость плоскости прямо пропорциональна косинусу угла падения α и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света [3]. Выясним сначала, на какой высоте нужно повесить фонарь в центре площади, чтобы максимально осветить края площади.

Составим математическую модель задачи. Пусть фонарь (точечный источник света) подвешен на высоте $x \in (0; +\infty)$ (см. рисунок). Освещённость точки на краю площадки (её координата r) даётся формулой [4]:

$$f(x) = \frac{k \cos \alpha}{x^2 + r^2},$$

где k – некоторая постоянная величина, зависящая от ряда светотехнических параметров. Поскольку $\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + r^2}}$, можно записать:

$$f(x) = \frac{kx}{\sqrt{x^2 + r^2} \cdot (x^2 + r^2)} = \frac{kx}{(x^2 + r^2)^{3/2}}.$$

Решим математическую задачу внутри математической модели. Исследуем функцию $f(x)$ на экстремум в интервале $x \in (0; +\infty)$, для чего найдём её производную:

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{k(x^2 + r^2)^{1/2} \cdot (x^2 + r^2 - 3x^2)}{(x^2 + r^2)^3} = \\ &= \frac{k\sqrt{x^2 + r^2} \cdot (r^2 - 2x^2)}{(x^2 + r^2)^3}. \end{aligned}$$

$$D(f') = (0; +\infty).$$

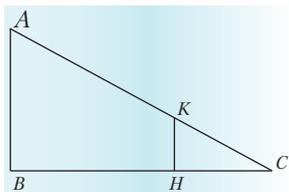
$$f'(x) = 0, \text{ если } r^2 - 2x^2 = 0.$$

$$\begin{cases} x = \frac{r}{\sqrt{2}}, \\ x = -\frac{r}{\sqrt{2}}. \end{cases}$$

Решением задачи является $x = \frac{r}{\sqrt{2}}$, так как $x = -\frac{r}{\sqrt{2}}$ не удовлетворяет условию.

Исследуем вид экстремума. Знак функции $f'(x)$ определяется знаком функции $(r^2 - 2x^2)$ в числителе: он положителен на интервале $x \in (0; \frac{r}{\sqrt{2}})$

и отрицателен на интервале $x \in (\frac{r}{\sqrt{2}}; +\infty)$, то есть на интервале $x \in (0; +\infty)$ функция $f(x)$ проходит через максимум.



Итак, наибольшего значения функция $f(x)$ достигает при $x = \frac{r}{\sqrt{2}} \approx 0,7r$.

Проверим на оптимальной ли высоте подвешены фонари с точки зрения освещения. С помощью шеста с подвижной планкой и рулетки определим высоту светильников, пользуясь правилом подобия треугольников [5]. Пусть AB – фасад, на котором в т. A закреплён фонарь; KH – шест длиной 2 м, BHC – уровень земли, C – точка наблюдения, $HC = 4$ м, $BC = 14$ м.

Из подобия $\triangle ABC$ и $\triangle KHC$ следует:

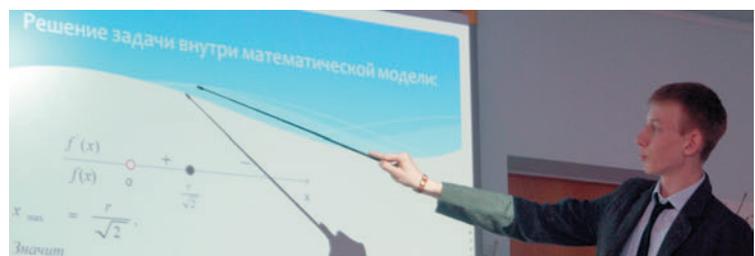
$$\frac{AB}{KH} = \frac{BC}{HC}; \quad \frac{AB}{2} = \frac{7}{2}; \quad AB = 7 \text{ (м)}.$$

Учтём, что расстояние между соседними фонарями на фасаде составляет 13,5 м, то есть нас должна интересовать оптимальная высота крепления фонаря, обеспечивающего максимальную освещённость на расстоянии $13/2 = 6,25$ (м). Рассчитываем по формуле: $x \approx 0,7r \Rightarrow 0,7 \cdot 6,25 \approx 4,4$ (м). Но при оптимальном расположении фонаря должно выполняться соотношение $x \approx 0,7r$, то есть отклонение результата от идеального составляет

$$\frac{7 - 4,375}{4,375} = 0,6 = 60\% > 10\%.$$

Отчёт. Проведя расчёты, мы поняли, что фонари на фасаде гимназии расположены слишком высоко для оптимального освещения пришкольного участка. Но, как сказал П. Уотс, «в идеале любой свет, даже самый слабый, должен разогнать хотя бы часть тьмы» [6]. Хотя наши фонари и не оптимально расположены, работа над проектом немного рассеяла тьму нашего невежества в данном вопросе, показав значимость единства опыта и образования.

До работы над проектом нам были известны: • принципы решения задачи с помощью математического моделирования • способы применения производной для нахождения наибольшего и наименьшего значения функции на числовом промежутке • способы нахождения высоты предмета с помощью подобия треугольников. В ходе работы над проектом мы узнали, что такое освещённость и как она связана с высотой источника света и радиусом освещённой площадки. Мы научились применять аппарат математического моделирования для решения задач, использовать знания из различных предметных областей – алгебры, математического



«Математик» – Александр Гребёнкин

анализа, геометрии, физики – для решения одной задачи, учились планировать, распределять и представлять нашу работу, действовать в команде.

А по большому счёту – применять известные нам знания в новой ситуации.

Комментарий учителя. Учителем были созданы условия для самостоятельного решения задачи. Педагог объяснял суть задачи, построение эффективных моделей. Ученики выдвигали способы решения, приходя к истине зачастую методом проб и ошибок. Учащиеся приобрели опыт работы с моделями и самостоятельно нашли способ решения математической задачи, и теперь могут опираться на этот опыт при изучении других предметов, например, физики. Приёмы работы с моделями наверняка будут востребованы во многих профессиях, связанных с экономикой, техникой и так далее.

«Химики-биологи»

(Проект «Определение процентного содержания жиров в молочных продуктах питания и проверка соответствия его ГОСТу» см. в ЭП. – *Ред.*)

Заключение

Согласно требованиям ФГОС, в ходе изучения предмета, темы у учащихся должны быть сформированы личностные, предметные и метапредметные результаты. В частности, метапредметные результаты заключаются в следующем [7]: • значение идей, методов и результатов алгебры и математического анализа для построения моделей реальных процессов и ситуаций • универсальный характер законов логики математических рассуждений, их применимость в различных областях человеческой деятельности • значение естественных наук для решения задач, возникающих в теории и практике; широту и ограниченность применения методов естественных наук к анализу и исследованию процессов и явлений в природе и обществе • вероятностный характер различных процессов и закономерностей окружающего мира • различие требований, предъявляемых к доказательствам в естественных, социально-экономических и гуманитарных науках, на практике • умение находить в различных источниках информацию, необходимую для решения математических проблем, представлять её в понятной форме, принимать решение в условиях неполной и избыточной информации • умение понимать и использовать средства наглядности (графики, диаграммы, таблицы, схемы и др.) для иллюстрации, интерпретации, аргументации • умение выдвигать гипотезы при решении учебных задач, понимать необходимость их проверки • умение применять индуктивные и дедуктивные способы рассуждений, видеть различные стратегии решения задач • понимать сущности алгоритмических предписаний и умение действовать в соответствии с предложенным алгоритмом

• умение самостоятельно ставить цели, выбирать и создавать алгоритм для решения учебных математических проблем • умение планировать и осуществлять деятельность, направленную на решение задач исследовательского характера.

Творческий экзамен ставит своей целью проверку сформированности метапредметных результатов. Срок подготовки к нему всего 2 дня, поэтому представленные проекты не могут быть полноценными исследовательскими работами. На защите в ходе обсуждения работ возникают вопросы, и в итоге учащиеся приходят к пониманию важности интеграции наук, у них возникает потребность в проведении уже более глубокой исследовательской работы. А это значит, что творческий экзамен может инициировать новую интересную учебную деятельность, способствующую формированию предметных, и что самое главное, – личностных результатов.

При подготовке и во время проведения экзамена учащимся пришлось очень быстро ориентироваться в ситуации, оценивать известные методы работы, подбирать адекватные или изобретать новые. А всякое расширение познания не может опираться ни на что другое, кроме как на расширение опыта, которому надлежит быть упорядоченным, сверенным, объединённым с помощью мышления и даже исправленным, дополненным.

И в завершение следует сказать, что в конечном итоге все действия, которые мы совершаем в этом мире, направлены на достижение какой-то цели, но скрытым мотивом в этом стремлении является сам опыт Жизни. Мы правильно организовали работу учащихся, так как они приобрели свой опыт не методом «проб и ошибок», а использовали накопленные человечеством научные знания.

Фотографии предоставлены авторами.

Литература

1. Третьяков С.Н. Жизненный опыт – «сын ошибок трудных». URL: <http://unmm.ru/articles/213>
2. Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. М.: МЦНМО, 2009. (С. 63.)
3. Законы освещенности. URL: http://www.physbook.ru/index.php/A_Законы_освещенности
4. Точечный метод расчёта освещения. URL: <http://electricalschool.info/main/lighting/772-tochechnyj-metod-rascheta-osveshenija.html>
5. Атанасян Л.С., Бузузов В.Ф., Кадомцев С.Б., Позняк Э.Г., Юдина И.И. Геометрия. 7–9. / 15-е изд., М.: Просвещение», 2005. С. 150–151.
6. Питер Уоттс. Ложная слепота. URL: <http://itmydream.com/citati/iz/piter-uotts-lozhnaya-slepota/>
7. Шарова С.М. Метапредметные результаты обучения. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-186629.html>

Предложения редакции журнала по доработке решений задач по физике и математике см. в ЭП. – *Ред.*

Использование графиков скорости при решении задач на равноускоренное движение



Показана эффективность применения графического метода на примере решения конкретных задач по теме «Прямолинейное равноускоренное движение».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: графический метод решения задач, прямолинейное равноускоренное движение

М.Н. БОНДАРОВ
 mihail_bondarov@mail.ru,
 ГБОУ лицей № 1501,
 г. Москва

Идея напомнить коллегам об одном из моих любимых методов решения задач возникла после знакомства со статьёй [1], где приводилось два способа решения одной олимпиадной задачи:

- Велосипедист, двигаясь равноускоренно, проезжает мимо четырёх столбов, стоящих друг за другом на одинаковом расстоянии. Расстояние между первыми двумя столбами он проехал за время $t_1 = 2$ с, а между вторым и третьим – за $t_2 = 1$ с. Найдите время t_3 движения велосипедиста между третьим и четвёртым столбами.

Первый способ – путём прямого решения системы кинематических уравнений, второй – с помощью графика зависимости перемещения от времени. Можно предложить ещё и третий способ – с помощью графика зависимости скорости тела от времени при прямолинейном равноускоренном движении: площадь под графиком скорости численно равна пройденному расстоянию. Как и во многих случаях, найти геометрически эту площадь (и тем самым решить задачу) оказывается значительно легче, чем вычислять расстояние аналитическим способом без использования графика (см. задачу 15 в ЭП).

Эффективность метода наиболее ярко можно продемонстрировать на решении задачи № 85 из классического сборника [2]. Возникает вопрос: имеет ли смысл возвращаться к задаче, которую все прекрасно знают? Мало того, в самом задании существует прямое указание на графический способ решения. Однако опыт показывает, что по-прежнему многие (и ученики, и авторы учебников и пособий) продолжают решать эту задачу аналитическим способом, затрачивая много сил и времени. Убедиться в преимуществах графического способа решения легко на примере решения обычным способом, приведённом в ЭП.

Печатается в сокращении. Полный текст 20 задач с решениями дан в ЭП. – Ред.

Задача 1. Расстояние между двумя станциями поезд прошёл со средней скоростью $v_{\text{cp}} = 72$ км/ч за $t_0 = 20$ мин. Разгон и торможение вместе длились $t_1 = 4$ мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость v_1 поезда при равномерном движении?

Решение. Построим график скорости поезда от времени (рис. 1), указав на нём данные из условия задачи. Мы не знаем, сколько времени было затрачено на разгон, и сколько – на торможение. К счастью, для определения пройденного пути l этого и не требуется, ведь площадь трапеции (неравнобокой в нашем случае!) определяется как произведение полусуммы её оснований на высоту:

$$l = v_1 \frac{t + (t - t_1)}{2}.$$

С учётом определения средней скорости можно записать: $l = v_{\text{cp}} t$. Решая совместно записанные уравнения, находим искомую скорость:

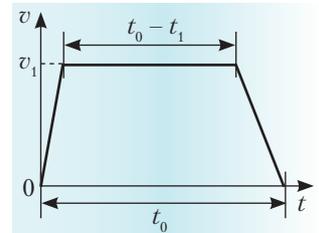
$$v_1 = v_{\text{cp}} \frac{2t}{2t - t_1} = 80 \text{ км/ч}.$$

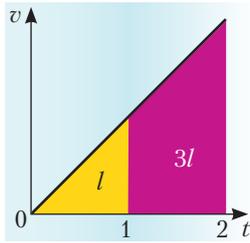
Обратим внимание на одну тонкость: при подстановке числовых значений не нужно делать стандартный перевод единиц в СИ. Многие ученики, к сожалению, часто, не задумываясь, автоматически делают это без всякой необходимости.

Две следующие задачи из ЕГЭ прошлых лет с помощью графика скорости решаются практически устно.

Задача 2 [ЕГЭ, 2008]. За последнюю секунду движения свободно падающее тело прошло $3/4$ своего пути. Найдите полное время падения t , если начальная скорость равна нулю.

Решение. На графике зависимости скорости тела от времени рассмотрим два подобных треугольника: маленький жёлтый (его площадь численно равна $1/4$ всего пройденного телом пути) и большой (его площадь численно равна всему пройден-





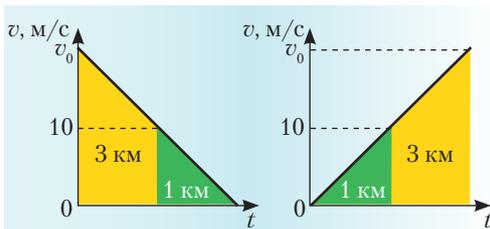
ному пути). Вспомним теперь, что площадь жёлтого прямоугольного треугольника равна половине $(1/2)$ произведения его катетов. Значит, время, затраченное на прохождение четверти $(1/4)$ всего пути, вдвое

меньше полного времени падения.

Теперь ответ очевиден: $t = 2$ с.

В условии этой задачи важно обратить внимание на отношение пройденных отрезков пути – $1 : 3$, которое значительно упрощает дальнейший ход решения. Будь это отношение другим, например, $1 : 4$, или $2 : 3$, графическое решение могло бы оказаться не легче аналитического. В нашем же случае график не только помог получить верный ответ, но и вывел нас на важную закономерность: так называемый закон нечётных чисел.

Задача 3 [ЕГЭ, 2010]. На последнем километре тормозного пути скорость поезда при торможении с постоянным ускорением уменьшилась на $\Delta v = 10$ м/с. Определите скорость v_0 в начале торможения, если общий тормозной путь поезда составил $l = 4$ км, а торможение было равнозамедленным.



Решение. Построив график скорости (см. левый график), убеждаемся, что он оказывается зеркально отраженным по отношению к графику из задачи 2 (см. правый график). Это можно интерпретировать как использование приёма обратимости времени, когда торможение тела до остановки заменяется разгоном из состояния покоя с тем же по модулю ускорением.

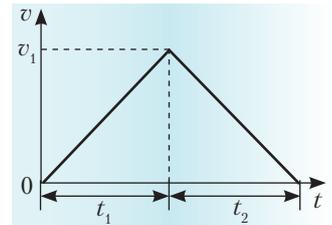
Поэтому ответ (20 м/с) легко получить устно. Действительно, весь путь, как и в предыдущей задаче, можно разбить на два участка, длины которых относятся как $1 : 3$. Значит, на их прохождение затрачены одинаковые промежутки времени. Следовательно, начальная скорость вдвое больше скорости 10 м/с на границе этих участков.

Наконец, рассмотрим графический способ решения задачи о ракете, стартующей с поверхности Земли, у которой в процессе полёта отключается

двигатель. (В ЭП рассмотрены более сложные случаи движения ракеты, когда её ускорение отличается от g и когда ракета меняет направление движения на противоположное.)

Задача 4. Ракета стартует с поверхности земли вертикально вверх с ускорением* $a = g$. Определите минимальное время работы двигателя, необходимое для того, чтобы ракета поднялась на высоту $h = 250$ м. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Решение. Поскольку модули ускорений ракеты на участке разгона и торможения одинаковы, то двигатель будет работать минимальное время, если его отключить на половине пути. В таком случае график зависимости скорости ракеты от времени имеет вид равнобедренного треугольника ($t_1 = t_2$). (Качественно этот факт можно пояснить учащимся, напомнив им, что ускорение определяет тангенс угла наклона графика скорости к оси времени). К моменту отключения двигателя ракета наберёт скорость $v_1 = at_1 = gt_1$ и поднимется на высоту $h/2$. Теперь легко найти минимальное время работы двигателя:



$$\frac{h}{2} = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{h}{g}} = 5 \text{ с.}$$

В заключение отметим, что мы намеренно выбрали лишь те задачи, решение которых графическим способом оказывается значительно проще, чем аналитическим. Об этом следует непременно сообщить ученикам, так как у некоторых из них (особенно после знакомства с законом нечётных чисел!) может возникнуть неверное представление о том, что любую задачу на равноускоренное движение можно решить так же просто и быстро, как приведённые выше. И всё же достоинства графического способа неоспоримы. Рассмотренные в электронном приложении задачи разного уровня сложности являются надёжным тому подтверждением.

Литература

1. Кондратьева Т.А. Математическое решение физической задачи // Физика-ПС. 2012. № 5. С. 43.
2. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10–11 кл.: пособие для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2006.

*Имеется в виду результирующее ускорение. Ракете же сообщается ускорение $a = 2g$. – Ред.

Исследование свойств электромагнитных волн в демонстрационном эксперименте с использованием генератора на диоде Ганна

Показана возможность расширения технических и дидактических функций комплекта оборудования на базе СВЧ-генератора при изучении темы «Электромагнитные волны».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физический эксперимент, СВЧ-генератор, отражение, преломление, интерференция и дифракция радиоволн сантиметрового диапазона

Г.А. БУТЫРСКИЙ
germanbutyrskij@yandex.ru,
ВятГГУ, г. Киров,
А.И. ВЕТЛУЖСКИХ
wanderer_666@inbox.ru,
К.А. ПОНОМАРЁВ
senzorga@mail.ru,
МОАУ ДОД «Станция юных
техников»,
С.Н. ЛЮТИНА
slyutina@yandex.ru,
КОГОбУ СПО «Кировский
технологический колледж»,
г. Киров

В 60-е гг. XX в. впервые был выпущен отечественный школьный комплект оборудования для демонстрации свойств электромагнитных волн с использованием генератора на клистроне, разработанный Н.М. Шахмаевым. В настоящее время выпускаются и продаются комплекты № 1 и № 2 для демонстрации свойств электромагнитных волн с использованием генератора на диоде Ганна* (1,7 ГГц) [1, с. 304–308]. Несомненно, комплект № 1 более насыщен оборудованием, что позволяет выполнить большее число опытов. Вместе с тем в комплекте № 2 рупорные антенны передатчика и приёмника совмещены с электронными блоками, что придаёт установке компактность, концентрирует внимание учащихся на главном, значительно снижает время на подготовку и проведение эксперимента. Легко регулируется усиление на выходе приёмника. Уровень принимаемого сигнала достаточен и определяется по числу светящихся светодиодов. Практика использования нами комплекта № 2 позволила расширить его технические и дидактические функции, дополнительно выделить свойства радиоволн, аналогичные световым, усилить прикладные вопросы. При этом мы использовали часть оборудования от старого списан-

* Средняя мощность излучения комплектов 10 мВт; несущая частота передатчика ≈ 10 ГГц.

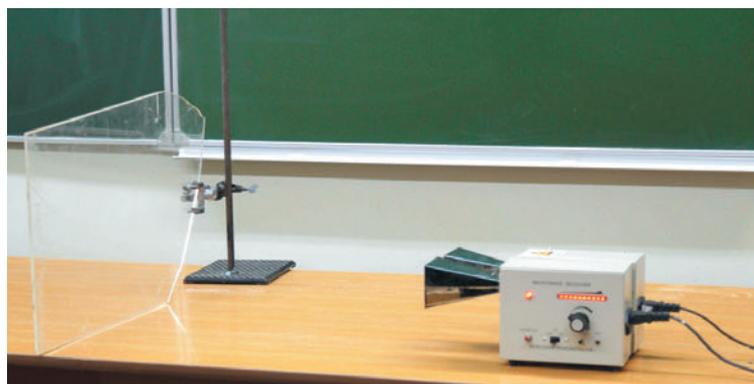


Рис. 1. Установка для наблюдения отражения электромагнитных волн от диэлектрической пластины

ного комплекта Н.М. Шахмаева либо другое доступное оборудование.

Все описанные ниже опыты могут быть поставлены и с комплектом № 1. Заметим, что опыты 4–8 рассчитаны на получение не только качественных результатов, но и количественных оценок, важных для восприятия учащимися материала. Этим они отличаются от традиционных.

Каждый из описанных демонстрационных опытов можно использовать для постановки экспериментальных задач, что иллюстрируется фотографиями и, в некоторых случаях, поясняется текстом.

1. Отражение электромагнитных волн от диэлектрика. На рис. 1 представлена установка, которая позволяет наблюдать отражение от плоских пластин из органического стекла, текстолита и других материалов, а также от поверхности воды, налитой в тарелку или в пластмассовый (стеклянный) сосуд с плоскими боковыми стенками. Убеждаемся, что радиоволны сантиметрового диапазона отражаются от диэлектриков, аналогично световым волнам, но могут проникать и сквозь непрозрачные для света диэлектрики. Очень слабое отражение наблюдается от пластины из парафина (используем грани основания призмы из комплекта). Поместив приём-

ник за пластиной, сравниваем мощности проходящего через пластину и отражённого от неё потоков. Усиление электронного блока приёмника подбираем экспериментально.

2. Модель простейшего радиолокатора (рис. 2). Генератор и приёмник устанавливаем на вращающемся диске для моделирования горизонтального обзора пространства. Наблюдаем отражение сигнала от корпуса модели ракеты. Отмечаем значительное усиление эффекта, если хотя бы часть корпуса ракеты обернута металлической фольгой.



Рис. 2. Модель радиолокатора

3. Модель электромагнитного перископа (рис. 3). Доска на подъёмных столиках имитирует уровень поверхности Земли или уровень воды в океане, ниже этого уровня – как бы соответственно подземное или подводное пространство. Электромагнитная волна, выходящая из генератора, аналогична свету, идущему от наблюдаемой цели.



Рис. 3. Модель электромагнитного перископа

4. Преломление электромагнитных волн в треугольной диэлектрической призме. В комплект входит прямоугольная парафиновая призма с острым углом, которую авторы методических рекомендаций предлагают использовать для демонстрации преломления волн: призму кладут на стол треугольной гранью и рассматривают ход лучей в ней «сверху». Предлагаем модификацию этой демонстрации, которая значительно легче воспринимается учащимися по аналогии с уже освоенными ими опытами с видимым светом [2, с. 146–148, рис. 138; с. 165–166, рис. 154; 3, с. 67, рис. 29]. Итак, ставим генератор и приёмник на деревянные бруски (берём из комплекта, рис. 4, а) и демонстрируем отсутствие приёма сигнала. Затем между ними ставим на подставку (перевернутую стеклянную банку) треугольную призму из диэлектрика (рис. 4, б) – и обнаруживаем приём.

5. Фокусирование электромагнитных волн (рис. 5) демонстрируем с помощью плосковыпуклых наливных линз [1, с. 384] из оргстекла, заполненных керосином. В конфигурации, показанной на рис. 5, а, фокусное расстояние равно ≈ 12 см, одиночная линза (из комплекта Н.М. Шахмаева) даёт 11 см (рис. 5, б), две сложенные вместе линзы – 5...6 см (рис. 5, в). Обращаем внимание на аналогию со светом.

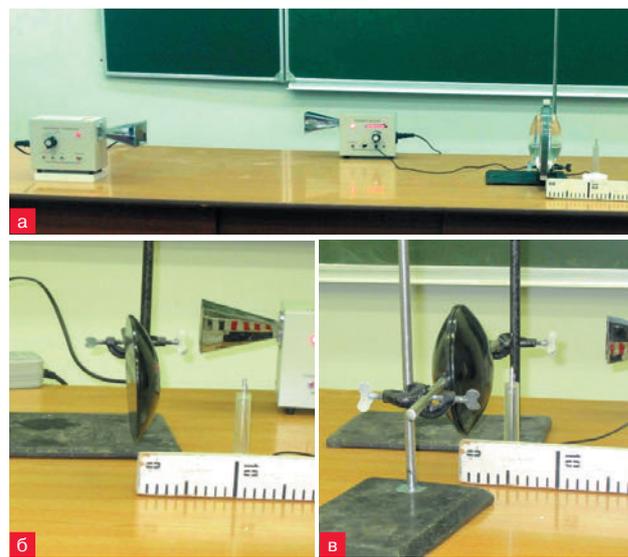


Рис. 5. Демонстрация фокусирования электромагнитных волн

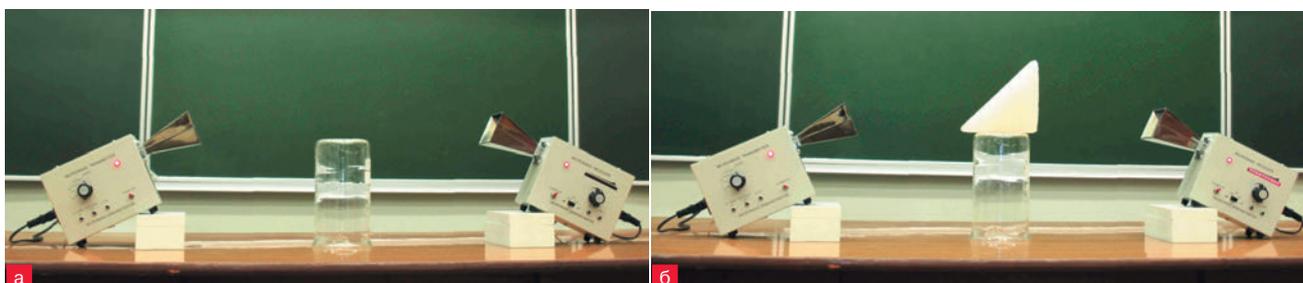


Рис. 4. Демонстрация преломления электромагнитных волн в треугольной диэлектрической призме

6. Стоячая электромагнитная волна в воздухе и диэлектрике. Установка для наблюдения интерференции бегущих и отражённых от металлического экрана электромагнитных волн показана на рис. 6. Для исследования волн в диэлектрике используем заполняемую керосином прямоугольную ванну из стекла или пластмассы (длиной не менее 10 см, глубиной и шириной не менее 5–6 см). Ванну устанавливаем за диполь-приёмником так, чтобы диод оказался на уровне середины высоты слоя диэлектрика и на расстоянии примерно 5–10 см от неё. В ванну опускаем узкий экран из набора и проводим опыт, аналогичный тому, что описан для воздуха. Определяем местоположения максимумов стоячей волны.

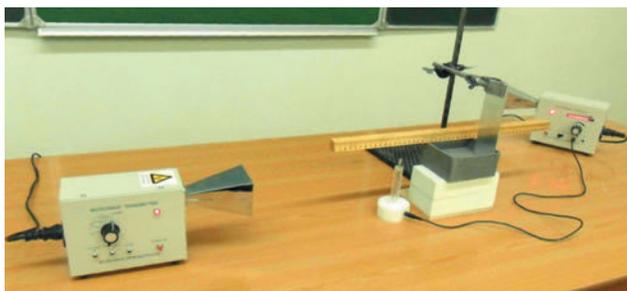


Рис. 6. Установка для демонстрации стоячих электромагнитных волн

Из теории следует, что показатель преломления диэлектрика (в нашем случае, керосина) $n = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, где λ_1 и λ_2 – длина электромагнитной волны в вакууме (с большим приближением в воздухе) и диэлектрике соответственно. Отсчитав 10 максимумов от начального положения, получили соответствующие перемещения экранов в воздухе и керосине: $l_1 = 140$ мм, $l_2 = 97$ мм. Учитывая, что расстояние между соседними максимумами равно половине длины волны, имеем $\lambda_1 = 28,0$ мм; $\lambda_2 = 19,4$ мм; что даёт для керосина показатель преломления $n = 1,44$. Зная, что $n = \sqrt{\epsilon\mu}$, где ϵ и μ – относительные электрическая и магнитная проницаемости (для керосина $\mu = 1$), получили $\epsilon = 2,1$, совпадающее с табличным значением.

Таким образом, можно организовать решение целого блока экспериментальных задач. Малая погрешность результатов достигнута благодаря чёткости фиксации пучностей стоячей волны. В статье [4] предложено описание лабораторной работы физического практикума по использованию метода стоячих электромагнитных волн с набором Шахмаева. Теоретическая и экспериментальная части работы остаются актуальными и с новыми комплектами.

7. Исследование дифракции волн на узком металлическом экране (рис. 7). Металлический экран шириной 10 см ставим на расстоянии 80 см от рупора генератора и на расстоянии 100 см от диода-

приёмника. Последний подключаем к входу электронного блока. Максимумы или минимумы приёма обнаруживаем по числу светящихся светодиодов. Если приёмник находится за экраном напротив его середины, то отчётливо наблюдаем максимум (конечно, меньшей амплитуды, чем в отсутствие экрана). Небольшие последовательные смещения приёмника на 1,5–2 см в ту или другую сторону от положения центрального максимума позволяют обнаружить чередующиеся боковые минимумы и максимумы от 1-го до 5-го порядка, пока приёмник не выйдет из области «тени» экрана, когда принимаемый прямой сигнал от генератора «забивает» сигналы от огибающих экран.



Рис. 7. Установка для демонстрации дифракции электромагнитных волн

Наблюдаемое явление показывает, что электромагнитные волны дифрагируют за экраном. В этом легко убедиться, если по обе стороны от узкого экрана вплотную к нему поочередно ставить экран шириной 30–35 см – интенсивность приёма в месте расположения максимумов ослабляется, а в месте расположения минимумов – усиливается. Это одновременно иллюстрирует принцип Гюйенса–Френеля. Аналогом описанного опыта является, по существу, дифракция световых монохроматических волн на волосе.

8. Исследование дифракции электромагнитных волн, прошедших через экран с двумя щелями. Установка показана на рис. 8. В одном опыте используем щели шириной 3,5 см, в другом – шириной 7 см. Генератор располагаем напротив середины узкой металлической пластины соответствующей шири-



Рис. 8. Установка для демонстрации дифракции на двух щелях

ны (можно использовать узкие пластины из набора Шахмаева), разделяющей щели. Слева и справа щели ограничены дюралевыми пластинами шириной порядка 30 см. Расстояние от генератора до плоскости указанных пластин около 1 м. Параллельно на расстоянии около 50 см расположена метровая линейка, вдоль которой перемещается диод-приёмник. С помощью этой линейки отмечаем координаты максимумов приёма излучения слева и справа от середины (деление 50 см). Перемещение диода-приёмника и фиксация положения максимумов контролируется на линейке длиной 30–35 см. Если при фиксации каждого максимума одну из щелей закрывать металлическим экраном, приём существенно ослабляется. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Ширина щелей и узкой пластины между ними, см	Расстояние от центрального максимума, см		
	до 1-го бокового	до 2-го бокового	до 3-го бокового
3,5	20	40	
7,0	8	16	25

Видно, что с увеличением ширины щелей частота максимумов возрастает, угол дифрагирования уменьшается. Последующие эксперименты с дифракционной решёткой в видимом монохроматическом свете находят окончательное объяснение при выводе формулы дифракционной решётки.

Приведённые опыты, подчёркивая единство природы электромагнитных волн сантиметрового и оптического диапазонов, дополняют известную систему эксперимента [5, 6] и носят во многом прикладной характер. Рекомендуем проводить их на уроках в профильных классах, а также на внеурочных занятиях со школьниками.

Литература

1. Дик Ю.И., Песоцкий Ю.С., Никифоров Г.Г. и др. Учебное оборудование для кабинета физики общеобразовательных учреждений / Под ред. Г.Г. Никифорова. М.: Дрофа, 2005.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений. /12-е изд. М.: Просвещение, 2004.
3. Глазунов А.Т., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н. и др. Физика: учеб. для 11 кл. шк. и кл. с углубл. изучением физики / Под ред. А.А. Пинского. 8-е изд. М.: Просвещение, 2003.
4. Сауров Ю.А., Бутырский Г.А. Определение показателя преломления и диэлектрической проницаемости среды методом стоячих электромагнитных волн // Физика в школе, 1978. № 1. С. 61–63.
5. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И., Тыщук В.И. Физический эксперимент в средней школе: Колебания и волны. Квантовая физика. М.: Просвещение, 1991.
6. Хорошавин С.А. Демонстрационный эксперимент по физике: электродинамика: кн. для учителя. М.: Просвещение, 2008.



Герман Александрович Бутырский – выпускник физмата Кировского ГПИ им. В.И. Ленина (1963 г., специальность «Учитель физики и основ производства»). Преподавал физику в школах Кировской области, с 1965 г. работает в Кировском ГПИ (ныне ВятГГУ), пройдя путь от ассистента до доцента кафедры физики и методики обучения физике. (1996 г.). Общий стаж работы 52 года. Автор более 150 публикаций, статей, брошюр, книг, в том числе в центральных изданиях. Почётный работник высшей школы РФ, Отличник народного просвещения РСФСР. Хобби: физкультура, садоводство, художественная литература.



Алексей Иванович Ветлужских – выпускник физмата ВятГГУ по специальности «Учитель физики и информатики». С 2012 г. является педагогом дополнительного образования на станции юных техников г. Кирова. Стаж работы: 1,5 года. Хобби: резьба по дереву (геометрическая и плоскорельефная), настольный теннис.



Светлана Николаевна Лютина – выпускница физмата Кировского ГПИ им. В.И. Ленина (1989 г., «Учитель физики и информатики»), преподаватель физики высшей категории. 10 лет проработала в Юрьянской средней школе, с 2000 г. преподаёт в Кировском технологическом колледже. Педагогический стаж – 23 года. Направления работы: развитие мышления учащихся, использование ИКТ и медиаобразовательных технологий при обучении физике, ученическая исследовательская деятельность, создание условий для самостоятельной деятельности учеников. Ученики постоянно принимают участие в конкурсах и конференциях по физике разного уровня. Хобби: художественная литература, путешествия, туризм.



Константин Александрович Пономарёв – выпускник физмата ВятГГУ по специальности «Физика и информатика» (2010 г.). С 2012 г. работает инженером на кафедре физики и методики обучения физике ВятГГУ, а также на станции юных техников в должности педагога дополнительного образования. Стаж работы 3 года. Хобби: радиоэлектроника, программирование.

Экспериментальные задачи по физике и методы их решения



Предложены учебно-тренировочные задачи, которые способствуют накоплению информации, нахождению новых путей в неожиданных ситуациях, развитию изобретательских навыков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспериментальные задачи, творческие задачи с ограничением в выборе измерительных средств

А.К. АТАМАНЧЕНКО

lic4@tagobr.ru,

МАОУ лицей № 4 с УИФим,

г. Таганрог, Ростовская обл.

$$V = \pi R^2 l \Rightarrow R = \sqrt{\frac{V}{\pi l}}.$$

Величину V определяем по шкале шприца, величину l измеряем линейкой.

3. В вашем распоряжении медицинский шприц без шкалы (деления стёрты), цилиндрический стакан с водой. Определите максимальную вместимость шприца и проградуируйте шкалу.

Оборудование: линейка.

Решение. Отмечаем верхний уровень воды в стакане. Набираем в шприц максимальное количество воды. Отмечаем уровень оставшейся воды в стакане. Объём шприца: $V = S \cdot \Delta h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \Delta h$, где S – площадь внутреннего сечения стакана, D – внутренний диаметр стакана, Δh – разность уровней воды до и после забора. Измеряем D и Δh линейкой. Используя линейку, делим высоту столба воды в шприце на равное количество частей n . Делаем метки на шкале шприца и определяем цену деления: V/n .

4. В вашем распоряжении лабораторный реостат известного сопротивления. Определите, из какого металла изготовлен провод реостата.

Оборудование: линейка, справочник по физике.

Решение. Сопротивление проводника $R = \frac{\rho l}{S}$, где l – его длина, S – площадь поперечного сечения, ρ_m – удельное сопротивление металла.

Сопротивление реостата указано на его корпусе.

Площадь поперечного сечения провода выразим через его диаметр d : $S = \frac{\pi d^2}{4}$.

Диаметр провода вычисляем: $d = L/N$, где L – длина катушки провода на барабане реостата (измеряем линейкой), N – число витков (считаем).

Длина провода $l = \pi DN$, где D – диаметр барабана реостата.

С учётом всех выражений получаем: $\rho_m = \frac{R \cdot L^2}{4 \cdot D \cdot N^3}$.

По таблице находим подходящее числовое значение удельного сопротивления и определяем металл.

Уже много лет я веду физический практикум, постоянно придумывая экспериментальные задачи, требующие творческого подхода и тренирующие смекалку. Задачи дифференцируются по сложности сообразно с силами учеников. Благодаря этому на моих уроках царит творческая атмосфера, а гостей-коллег поражает необыкновенное оживление. Физический практикум – любимое ребятами учебное занятие, многие приобретают немалую сноровку в проведении физического эксперимента.

Предлагаемые ниже авторские задачи успешно опробованы на физических олимпиадах, проведённых в Южном Федеральном округе, в том числе в г. Таганроге. От души желаю, чтобы они оказались полезными коллегам и способствовали развитию интереса учащихся к физике.

1. Монета плотно лежит на дне банки с водой. Определите, с какой силой действует вода на монету.

Оборудование: линейка.

Решение. Сила давления воды (искомая величина) на монету $F = p \cdot S$, где p – давление жидкости на дно сосуда (толщиной монеты можно пренебречь), S – площадь монеты.

Давление жидкости $p = \rho gh$, где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости.

Площадь монеты $S = \frac{\pi D^2}{4}$, где D – диаметр монеты.

С учётом всех выражений: $F = \frac{\pi}{4} g \rho h D^2$.

Величины h и D измеряем линейкой.

2. Не вынимая поршня из медицинского шприца, определите его радиус.

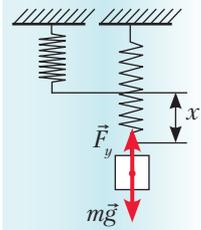
Оборудование: линейка.

Решение. Объём воздуха в цилиндре $V = Sl$, где $S = \pi R^2$ – площадь поршня, l – высота столба воздуха под поршнем. С учётом всех выражений:

5. В вашем распоряжении пружина, закреплённая за верхний конец на штативе, и груз, закреплённый за нижний конец пружины (груз подбираем такой, чтобы пружина растягивалась в пределах упругой деформации). Определите период колебаний получившегося пружинного маятника.

Оборудование: линейка.

Решение. Когда груз, подвешенный на пружине, находится в состоянии покоя, сила упругости



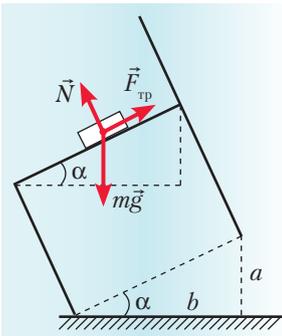
$F_y = kx$ пружины и сила тяжести, действующая на груз, $F_T = mg$ равны, следовательно, $mg = kx$. Здесь k – жёсткость пружины, x – её удлинение, m – масса, $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести (массой пружины пренебрегаем). Период колебания пружинного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

С учётом всех выражений получаем $T = 2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$.

Измеряем длину ненагруженной пружины, подвешиваем груз, определяем удлинение пружины, вычисляем период, результат проверяем путём непосредственного измерения периода секундомером.

6. Монета лежит на сиденье стула. Определите, чему равен коэффициент трения между монетой и сиденьем стула.



Оборудование: линейка.

Решение. Наклоняем стул так, чтобы монета равномерно заскользила вниз. Движение равномерное, если все силы уравновешены: $F_{\text{тр}} = mgs\sin\alpha$ (см. рисунок).

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = \mu N$ и $N = mg\cos\alpha$, получаем:

$$\begin{aligned} \mu mg\cos\alpha &= mgs\sin\alpha \Rightarrow \\ \Rightarrow \mu &= \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \text{tg}\alpha = \frac{a}{b} \Rightarrow \mu = \frac{a}{b}. \end{aligned}$$

Величины a и b измеряем линейкой.

7. В вашем распоряжении цилиндрический сосуд с водой и сосновый брусок прямоугольной формы, в котором высверлено глухое отверстие, а в это отверстие плотно вставлен латунный стержень. Брусок со стержнем в воде плавает. Определите длину стержня.

Оборудование: линейка, справочник по физике.

Решение. Общая масса тела равна массе деревянного бруска с отверстием m_1 плюс масса латунного стержня m_2 :

$$m = m_1 + m_2 = \rho_1(V_1 - V_2) + \rho_2 V_2,$$



где ρ_1, ρ_2 – соответствующие плотности, а V_1, V_2 – объёмы.

С учётом соотношений $V_1 = a \cdot b \cdot c$, $V_2 = \frac{\pi D^2}{4} l$ получаем

$$\begin{aligned} m &= \rho_1 \cdot a \cdot b \cdot c + \frac{\pi D^2}{4} l(\rho_2 - \rho_1) \Rightarrow \\ \Rightarrow l &= \frac{4(m - \rho_1 \cdot a \cdot b \cdot c)}{\pi D^2(\rho_2 - \rho_1)}. \end{aligned}$$

Размеры бруска и диаметр стержня измеряем линейкой, а массу тела определяем методом, описанным в задаче 12.

8. В вашем распоряжении сосуд с водой и медицинский шприц. Заполните шприц воздухом, погрузите в воду и выдавите воздушный пузырёк. Определите средний диаметр пузырька в момент его отрыва от иглы и давление, которое нужно создать внутри шприца, чтобы выдавить пузырёк.

Оборудование: линейка.

Решение. Средний объём одного пузырька $V_0 = V/n$, где V – объём шприца, n – число выпущенных пузырьков.

Объём пузырька (шарика) диаметром D :

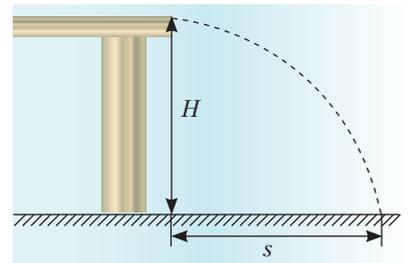
$$V_0 = \frac{\pi D^3}{6} \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi n}}.$$

Давление внутри шприца равно давлению столба воды у открытого конца иглодержателя: $p = \rho gh$.

9. В вашем распоряжении шприц, заполненный водой. Выстрелите порцией воды в горизонтальном направлении (удобнее – с угла стола). Определите начальную скорость вылета водяной струи. Сопротивление воздуха не учитывать.

Оборудование: линейка.

Решение. После прекращения действия силы на поршень вылетевшая порция воды движется равномерно в направлении выстрела (горизонтальном) и равноускоренно в вертикальном направлении под действием постоянной по величине и направленности силы тяжести. Время полёта порции воды с высоты H на расстояние s равно времени



падения с этой высоты $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

Расстояние, на которое улетает порция воды: $s = v_0 t$, где v_0 – скорость вылета струи.

$$\text{Таким образом, } v_0 = \frac{s}{t} = s\sqrt{\frac{g}{2H}}.$$

Величины H и s измеряем линейкой.

10. На столе лежит учебник «Физика». Сообщите книге ускорение так, чтобы она прошла некоторое расстояние и не упала со стола. Определите начальную скорость книги.

Оборудование: линейка.

Решение. Потенциальная энергия учебника не изменяется, следовательно, вся работа сил сопротивления идёт на изменение кинетической энергии, то есть $\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = F_{\text{тр}}s$.

Поскольку $v_2 = 0$ и $F_{\text{тр}} = \mu mg$, то уравнение можно переписать в виде: $\frac{mv_1^2}{2} = \mu mgs$.

Отсюда находим $v_1 = \sqrt{2\mu gs}$.

Тормозной путь s измеряем линейкой, а коэффициент трения книги о стол μ определяем, как в задаче 6.

11. Вы с товарищем пришли к реке. У вас есть удочка, к леске которой привязано небольшое грузило. Вас заинтересовала скорость течения воды в реке. Как определить эту скорость?

Оборудование: часы с секундной стрелкой.

Решение. Полагая, что река течёт равномерно, определяем скорость воды: $v = l/t$, где l – пройденный телом (например, щепкой) путь, t – затраченное время. На берегу реки отмечаем расстояние l , равное длине лески, которую определяем по формуле периода математического маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$$

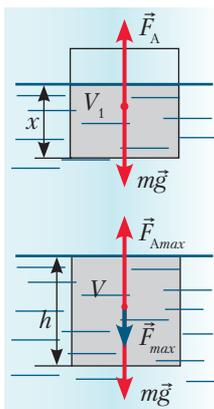
Период колебания маятника вычисляем по формуле: $T = t_0/n$, где n – число колебаний маятника за время t_0 .

С учётом всех выражений получаем: $v = \frac{gt_0^2}{4\pi^2 n^2 t}$.

12. Тело неизвестной плотности плавает в сосуде с водой. Определите плотность тела. (Объёмом иглы пренебречь.)

Оборудование: медицинский шприц с иглой.

Решение. Плотность тела $\rho = m/V$. Определяем объём тела: • отмечаем первоначальный уровень воды • с помощью иглы тело полностью погружаем в воду • всасываем воду шприцем до тех пор, пока не восстановится её первоначальный уровень (следим, чтобы тело было погружено полностью): объём набранной воды равен объёму тела.



Если тело плавает, сила тяжести $F_T = mg$ равна силе Архимеда* $F_A = \rho_B g V_1$, где V_1 – объём погружённой части тела (определяем с помощью шприца). Следовательно, $m = \rho_B V_1$ и $\rho = \rho_B \frac{V_1}{V}$.

13. В ёмкости плавает куб. Какую работу надо совершить, чтобы полностью погрузить его в воду? (Объёмом иглы пренебречь.)

Оборудование: медицинский шприц с иглой.

Решение. Если куб плавает в воде, то (см. задачу 12) $m = \rho_B V_1$. Чтобы погрузить куб в воду, к нему надо приложить силу $F = F_A - mg$. Эта сила линейно зависит от глубины погружения – от нуля до максимального значения:

$$F_{\text{max}} = \rho_B g V - \rho_B g V_1 = \rho_B g (V - V_1)$$

При расчёте работы берём среднюю силу $F_{\text{cp}} = 0,5 F_{\text{max}}$ и получаем $A = F_{\text{cp}}(h - x)$.

Учитывая, что $h = V/S$; $x = V_1/S$, получаем:

$$A = \frac{\rho_B g (V - V_1)}{2} \cdot \frac{V - V_1}{S} \Rightarrow A = \frac{\rho_B g (V - V_1)^2}{2\sqrt[3]{V^2}}$$

Значения V и V_1 определяем с помощью шприца (см. задачу 12).

14**. В вашем распоряжении сосуд с водой, пластилин. Определите плотность пластилина, имея в распоряжении только линейку.

15**. 1 дм³ льда, вынутого из морозильной камеры холодильника, опустите в тонкостенный сосуд с водой. Через некоторое время лёд полностью растает. Определите массу воды в сосуде, имея только термометр и справочник по физике. Теплообменом с окружающим пространством можно пренебречь.



Анатолий Кузьмич Атаманченко – учитель физики высшей квалификационной категории, окончил Якутский Госуниверситет в 1961 г., педагогический стаж 54 года. Ученики участвуют в региональных, федеральных и международных олимпиадах и конкурсах, часто бывают призёрами и победителями.

Педагогическое кредо: развивать у учащихся мышление и творчество, а не натаскивать учеников на сдачу ЕГЭ. Женат, трое детей. Любитель путешествий. Награждён медалями «Ветеран труда» и «За доблестный труд на благо Донского края».

*Необходимо иметь в виду, что при плавании тела в сосудах ограниченного объёма объём погружённой части тела не равен объёму вытесненной воды (см. С. Климашевсий. Парадокс закона Архимеда. // Наука и жизнь. 2010. № 12. С. 88-89, а также http://www.nkj.ru/forum/forum7/topic15044/messages/?PAGEN_1=3). - Ред.

**Решение задач 14 и 15 см. в ЭП. – Ред.

Звёздное небо в сентябре

Описано звёздное небо, даны звёздные карты в зените, южной и северной частях горизонта, фазы Луны, планеты, метеорные потоки. Приведено изображение созвездия Скорпиона и Весов из звёздного атласа Джона Флэмстеда, а также астрофотография туманности Шлем Тора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, туманность Шлем Тора, тихоходки (Tardigrade)

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

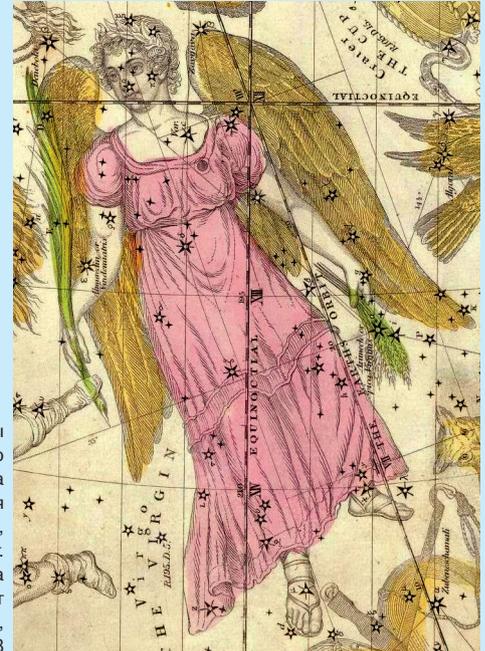
23 сентября в 02^ч 29^м по Всемирному времени, или 23 сентября в 06^ч 39^м по московскому времени, Солнце при своём движении по эклиптике пересечёт экватор в точке осеннего равноденствия ♎, находящейся в созвездии Девы. В этот момент наступит астрономическая осень, и Солнце перейдёт из зодиакального знака Девы в знак Весов. 18 сентября Солнце перейдёт из созвездия Льва в созвездие Девы [1]. 1 сентября – 2 456 901-й юлианский день, Солнце восходит в 05^ч 04^м, а заходит в 18^ч 53^м, истинный полдень наступает в 11^ч 59^м по среднему солнечному времени, звёздное время в гринвичскую полночь в этот день $S_0 = 22^{\text{ч}} 42^{\text{м}}$. 30 сентября – 2 456 930-й юлианский день, Солнце восходит в 06^ч 01^м, заходит в 17^ч 37^м, а истинный полдень наступает в 11^ч 49^м по среднему солнечному времени, $S_0 = 00^{\text{ч}} 36^{\text{м}}$.

Наиболее достопримечательная особенность звёздного неба в зените – Летне-осенний треугольник из трёх ярчайших звёзд: Денеба (α Лебеда), Веги (α Лиры) и Альтаира (α Орла). Такого рода заметные группы звёзд получили название *астеризмы*. Спутать данный астеризм (треугольник) с чем-либо другим трудно. Вблизи зенита наряду с созвездиями, формирующими Летне-осенний треугольник, можно увидеть созвездия Геркулеса, Дракона и Малую Медведицу.

Рядом с ϵ Лебеда, расположенной слева, на перекладине Креста, в крупный телескоп можно увидеть необычную туманность. Это Петля в Лебеде – гигантская расширяющаяся волокнистая газовая туманность, остаток сверхновой звезды, взрыв которой произошёл около 10 000 лет назад. Необычная пульсирующая переменная звезда χ Лебеда лежит в главной части древка Креста – она делается то очень яркой, лишь несколько уступая Денебу, то настолько слабой ($14^{\text{м}}$), что её не увидеть в школьный телескоп. Такие изменения блеска происходят с периодом около 407 суток. Посмотрите, видна ли эта звезда сейчас. Красивой парой жёлтого и голубого цвета является физически двойная звезда β Лебеда – Альбирео, которую легко найти на конце вытянутого древка Креста Лебеда.

Созвездие Лиры с яркой Вегой находится под левым крылом Лебеда, западнее. Четыре слабенькие звезды под Вегой рас-

Звёздные карты и описания звёздного неба даются примерно на 22^ч30^м 15 сентября в Москве.

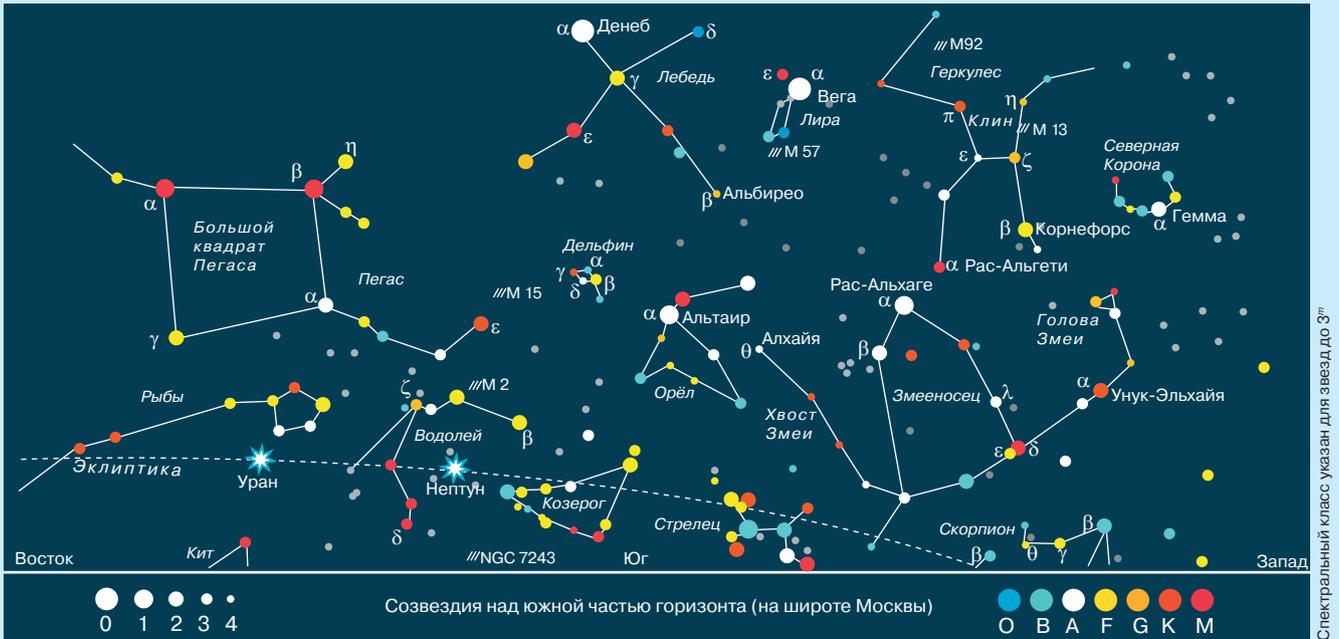


Созвездие Девы из популярного атласа «География небес», 1835 г. Илайджа Бурритт (Elijah Burritt), 1794–1838

положены в вершинах небольшого параллелограмма. Между звездами β и γ расположена уже знакомая нам планетарная кольцеобразная туманность (M 57), заметная в школьный телескоп. Чуть восточнее Альтаира виден ромбик созвездия Дельфина. Созвездия Лебеда, Стрелы и Орла в данное время находятся в верхней кульминации, пересекая небесный меридиан над точкой Юга. Под созвездием Лебеда находится небольшое созвездие Стрелы, а ещё южнее – созвездие Орла с ярким Альтаиром (α Орла). Вблизи точки юга очень низко над горизонтом видны созвездия Стрельца и Козерога. На юге нашей страны эти созвездия хорошо видны. Через эти два зодиакальных созвездия Солнце, двигаясь по эклиптике, проходит в декабре и январе соответственно.

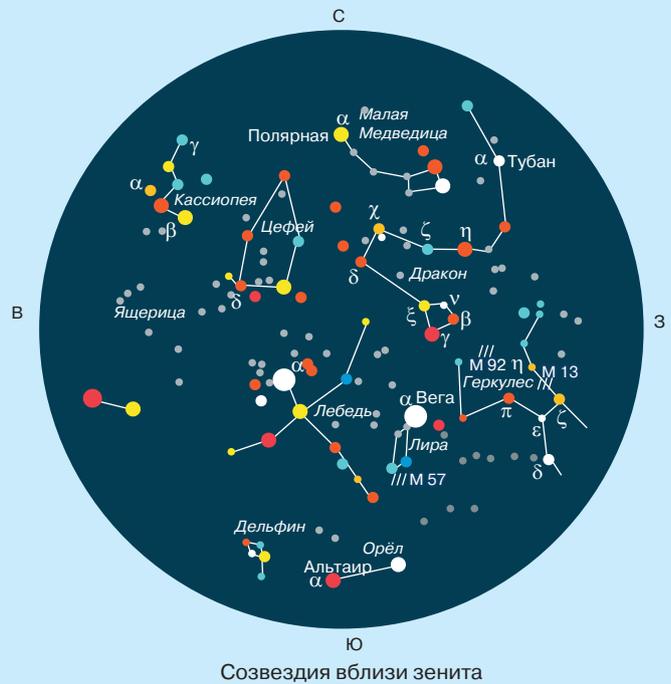
Правее созвездия Лиры видно созвездие Геркулеса. В нём хорошо заметен астеризм Клинь Геркулеса – неправильный четырёхугольник из звёзд π , ϵ , ζ и η . От π и ϵ отходят к северу цепочки звёзд – «ноги» Геркулеса, а от звёзд ϵ и ζ – «руки» Геркулеса. В созвездии Геркулеса между звёздами ζ и η в бинокль можно различить туманное пятнышко ($6^{\text{м}}$) – шаровое скопление звёзд M 13, а между звёздами ι и η – шаровое скопление M 92. Ярчайшая в созвездии звезда α Геркулеса Рас Альгети (от арабского Рас-ал-Джаси – *голова коленопреклонённого*) – неправильная переменная звезда, блеск которой меняется неправильным образом от 3,1^м до 3,9^м. Рядом с этой звездой находится α Змееносца – Рас Альхаге (*голова заклинателя змей*).

http://telescope.ucoz.ru/_tkp/BurrittElijahH5.JPG



На старинных атласах древнегреческого героя Геракла изображают опёршимся коленом на дракона. Астеризм Голова Дракона (неправильный четырёхугольник звезд) как раз находится над звездой ι Геракла. По очень красивой двойной звезде ν Дракона, компоненты которой 4^m расположены на расстоянии 62" друг от друга и хорошо различимы даже в небольшой бинокль. Если в тёмную прозрачную звездную ночь вы отчётливо различаете обе звезды, значит зрение у вас острое. Завершает четырёхугольник Голова Дракона звезда ξ – Груммиум (нижняя челюсть Дракона). Само созвездие, состоящее из звезд около 3^m и слабее, извивается между Малой и Большой Медведицами. Тубан, α Дракона, более двух тысяч лет назад располагалась в полюсе мира, а Полярная и другие звезды обращались вокруг неё. В созвездии Геракла самое время найти знаменитое шаровое скопление звезд М 13 (6^m), расположенное между звездами ζ и η в «туловище» Геракла.

Если встать лицом к югу, то несколько западнее небесного меридиана найдём знакомое созвездие Змееносца, самая яркая звезда которого, Рас Альхаге (α Змееносца), расположена рядом с Рас Альгети (α Геракла). Это созвездие обвивается протяжённым созвездием Змеи, в котором выделяют две части: «голову змеи», расположенную западнее Змееносца, и «хвост змеи», восточнее него. Самая яркая звезда в созвездии Змеи – Унук Эльхайя. Найти созвездие Змееносца помогут две яркие звезды: Альтаир (α Орла) и Арктур (α Волопаса). Большой интерес представляет звезда ζ Змееносца, с которой связана необычная история. В 1940 г. астроном Мак-Келлар (*Andrew McKellar*), анализируя линии поглощения в спектре этой звезды, образующиеся вследствие прохождения её света через плотные облака газа, обратил внимание на странное поведение линий поглощения молекул циана (CN). Интенсивность этих линий поглощения указывала на то, что они находятся в равновесии с каким-то непонятным излучением, температура которого равна 2,7 К. Что это за излучение, какова его природа – оставалось загадкой. В те далёкие годы на эти наблюдения никто не обратил внимания. Как оказа-



лось, это было первое зафиксированное наблюдение проявления реликтового излучения. Существование реликтового излучения было предсказано в горячей модели Вселенной только в конце 1940-х гг. Согласно этой модели, расширяющаяся Вселенная в прошлом была очень плотной и имела высокую температуру вещества и излучения. По мере расширения плотность и температура уменьшались, из вещества образовывались звезды, галактики, планеты и газ, а излучение остывало, и теперь его температура 2,7 К. Это излучение не связано с какими-либо объектами, оно равномерно заполняет всю Вселенную. Так как это излучение является отголоском прошлой горячей истории Вселенной, то его назвали *реликтовым*. Если бы астрономы-наблюдатели работали в тесном контакте с теоретиками, то возможно реликтовое излучение открыли бы значительно раньше 1965 г.

Продолжение см. на с. 34

У нас в гостях журнал «Квантик»

Диск На Воздушной подушке



См. также № 5_6/2014

А. БЕРДНИКОВ
beerdoss@mail.ru,
Центр педагогического
мастерства, г. Москва

Видели ли вы суда на воздушной подушке? Они нагнетают под себя воздух, который затем вырывается из-под резиновой «юбки». Вот этот воздух, который находится под большим давлением, поддерживает судно – в результате оно может скользить и по земле, и по воде, и по льду и даже по болоту – получается вездеход.

Сделать игрушечный корабль на воздушной подушке легко! Просто следуйте инструкции. Ручку лучше возьмите с отвинчивающимся носиком – тогда можно повторно надувать шарик прямо через корпус. Отверстие в колпачке сделайте сначала поменьше, чтобы воздух шёл медленнее – «аппарат» будет дольше работать. Если тяги не хватает, увеличьте отверстие.

Надув «аппарат» воздухом, поставьте его на гладкий стол или пол и подтолкните – он будет легко парить над самой поверхностью, как корабль на воздушной подушке!

вам понадобятся



По материалам журнала «Квантик» № 3/2013



ЧИТАЙТЕ «КВАНТИК» – ежемесячный иллюстрированный журнал для школьников 4–8 классов – и вы узнаете много интересного об окружающем мире!

Подписной индекс по каталогу
Роспечати 84252.

Сайты: <http://kvantik.com>;
<http://kvantik12.livejournal.com>

Новости науки и техники



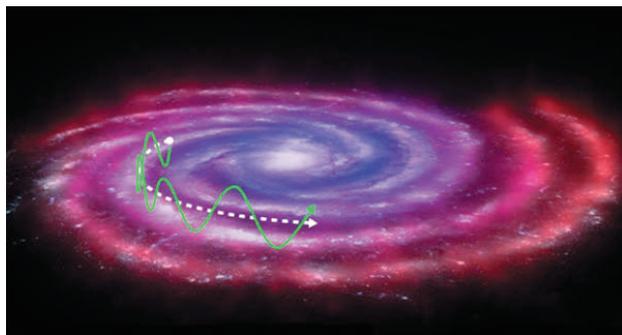
Дан обзор последних сообщений в интернете. Расширенный обзор см. в электронных приложениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тёмная энергия, оптический микроскоп, возобновляемый ИК-источник энергии, рыба-робот, гравитационные волны

Л.В. ПИГАЛИЦЫН
levp@rambler.ru,
МОУ СОШ № 2,
г. Дзержинск,
Нижегородская обл.
www.levpi.narod.ru

ДИНОЗАВРОВ УБИЛА ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ?

Гарвардские физики выдвинули гипотезу о том, что вымирание динозавров около 66 млн лет назад было спровоцировано прохождением Земли сквозь диск тёмной материи в нашей галактике. Это могло дестабилизировать астероиды в облаке Оорта и повисить вероятность их столкновений с Землёй. Дело в том, что наше Солнце вместе с планетами движется по спирали вокруг центра Галактики, совершая периодические колебания относительно её центральной плоскости. А в этой плоскости, согласно недавно выдвинутой гипотезе, может быть тонкий диск из тёмной материи, в который Солнечная система периодически «ныряет» раз в 35 млн лет (согласно расчётам, толщина диска около 35 св. лет, плотность около одной солнечной массы на квадратный световой год). При этом небольшие небесные тела, в частности, кометы и астероиды выталкиваются из облака Оорта, окутывающего нашу систему, по направлению к Солнцу и, соответственно, ближе к Земле. Это и может вызывать периодическую бомбардировку планет Солнечной системы метеоритами. Подтвердить своё предположение учёные попытались с помощью анализа возраста самых древних кратеров на поверхности Земли. Хотя достоверно существование таких периодов подтвердить не удалось, зато они убедительно показали, что их модель втрое более правдоподобна по сравнению с моделью случайных космических бомбардировок. Оценить справедливость «дисковой» гипотезы можно будет после составления карты распределения тёмной материи в Млечном пути. Физики планируют сделать это с помощью недавно запущенного ЕКА телескопа Гайя, который будет фиксировать движение миллионов звёзд галактики. Анализ этого движения – пока единственный способ



http://cdnimg.static3.rambler.ru/p/0_910686.jpg/956563405



<http://www.vesti.ru/doc.html?id=1367445&cid=2161>

узнать, где находится тёмная материя. Непосредственно наблюдать её частицы до сих пор не удавалось. Следует отметить, что даже в случае справедливости «дисковой» гипотезы это не свяжет однозначно вымирание динозавров с падением метеорита. Среди палеонтологов нет единодушия на этот счёт.

[http://nv86.ru/news/technology/248623/;](http://nv86.ru/news/technology/248623/)
<http://www.vesti.ru/doc.html?id=1367445&cid=2161>

БУМАЖНЫЙ МИКРОСКОП

Инженеры Стэнфордского университета (США) разработали бумажный микроскоп с увеличением $\times 2000$, который стоит меньше доллара. Его собирают из куска картона, диода, батарейки-таблетки и линзы, встраиваемой в картон в течение нескольких минут. Точность подгонки компонентов составляет около 100 мкм за счёт самонастройки компонентов при натяжении картона. Препараты вставляются на стандартных стеклянных предметных стеклах. Резкость и позиционирование образца производится вручную. Есть версии со светлым полем, с тёмным полем, с флуоресцентной подсветкой, а также с проецированием изображения на стену. При-

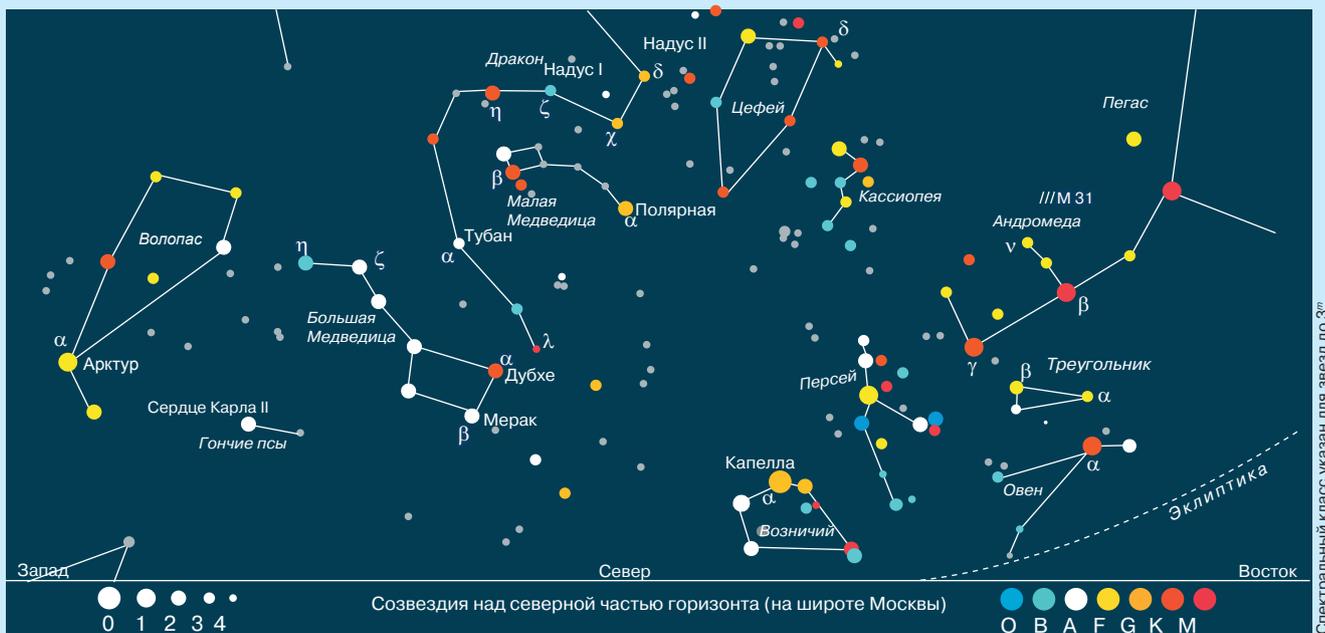
боры выдерживают падение с любой высоты, на него можно даже наступать.

<http://nv86.ru/news/technology/250449/>



<http://nv86.ru/upload/iblock/63/f/63fad97d83a9a9e1eb2b46819050a23b.png>

См. также на диске: • За открытие гравитационных волн могут дать «Нобеля» • Гибкий резиновый «рыба-робот» • Тайвань спустил на воду «убийцу авианосцев» • Лёд Европы, спутника Юпитера, воссоздали на Земле • Автомобиль с двигателем на радиоактивном элементе? • «Радуга» в атмосфере Венеры • Источник энергии – инфракрасное излучение.

Спектральный класс звезд до 3^м

Продолжение. Начало см. на с. 30

Но это ещё не всё. На снимке, полученном с помощью космического инфракрасного телескопа Спитцер, ζ Змееносца – синяя звезда в центре. Она в шесть раз горячее, в восемь раз больше, в двадцать раз массивнее и в восемьдесят тысяч раз ярче нашего Солнца. Находясь на расстоянии 370 св. лет от Земли, эта звезда несётся в космосе со скоростью 24 км/с. Астрономы полагают, что ζ Змееносца не всегда была одиночной звездой. Скорее всего, она была частью двойной системы, которая перестала существовать, когда её партнёр, ещё более массивная звезда, стала сверхновой. В результате, по видимому, несимметричного взрыва ζ Змееносца «катапультировалась» в космос. И, действительно, недавно недалеко от неё была обнаружена нейтронная звезда, возможно – бывший компаньон. Подобно кораблю, который, двигаясь по спокойной воде, создаёт волну впереди себя, гигантская звезда ζ Змееносца, создавая сильный звёздный ветер, который движется впереди неё, сжимает и нагревает богатое пылью межзвёздное вещество и формирует головную ударную волну. Вокруг лежат облака относительно невозмущённого вещества.

Рядом, чуть ниже «хвоста» Змеи рядом с созвездием Орла расположено ещё одно интересное созвездие, связанное с героическим прошлым Польши – созвездие Щита (его иногда называют *Щитом Яна Собесского*). Это созвездие поместил на небе в 1690 г. известный астроном Ян Гевелий в честь польского короля Яна Собесского, под руководством которого объединённые войска Польши и других европейских государств разбили турок под Веной и остановили их экспансию на запад в XVII в.

В созвездии Девы, через которое сейчас движется Солнце, наблюдаются две сталкивающиеся спиральные галактики, которые в каталоге галактик Арпа стоят под номером 274 (Arp 274). Рядом левее находится ещё одна небольшая галактика. Сталкивающиеся галактики удалены от нас на расстояние 400 млн св. лет, а расстояние между ними составляет около 200 000 св. лет. Так как размеры каждой сравнимы с разме-

рами Млечного Пути, то фактически они уже соприкасаются друг с другом и в дальнейшем, столкнувшись, пройдут одна сквозь другую примерно за 200 млн лет. При этом надо иметь в виду, что поскольку расстояние между звёздами в галактиках большое, они сталкиваться не будут. Зато эффективно будут сталкиваться облака газа и пыли, уплотняясь и способствуя тем самым процессу звёздообразования. Кроме того, кинетическая энергия сталкивающихся облаков будет эффективно переходить в другие формы энергии, в частности, в энергию частиц космических лучей и магнитное поле. Эта сливающаяся система галактик станет мощным источником нетеплового радио-, рентгеновского и гамма-излучения. Во многом её прообраз сейчас представляет активная радиогалактика Центавр А – это две столкнувшиеся спиральные галактики. В ударной волне, распространяющейся через сталкивающиеся облака межзвёздного газа и пыли, образуются скопления молодых и горячих звёзд, которые выделяются голубым цветом на астрофото. В центре находится сверхмассивная чёрная дыра массой около миллиарда масс Солнца. Не исключено, что и при слиянии галактик в системе Arp 274 столкнутся две массивные чёрные дыры. Правда, ожидать этого столкновения придётся сотни миллионов лет. Следует отметить, что в видимой части Вселен-



Сталкивающиеся спиральные галактики – система Arp 274

<http://apoc.nasa.gov/apoc/arp0407.html>



Активная галактика Центавр А – мощный источник радио-, рентгеновского и гамма-излучения



Звезда ζ Змееносца – источник механических волн в океане космоса

ной насчитывается около 100 млрд галактик, большинство из которых сталкиваются. Хотя вероятность столкновения чёрных дыр в них мала, скорее всего ежегодно несколько сталкиваются. Так что возможно часть наблюдаемых в настоящее время загадочных гамма-всплесков связана со столкновением именно сверхмассивных чёрных дыр.

В созвездии Цефея расположена знаменитая пульсирующая переменная звезда δ Цефея, блеск которой меняется от 3,6^m до 4,3^m с периодом 5,4 суток. Рядом приметное созвездие Кассиопеи. Названия звёзд этого созвездия на арабском языке означают части тела мифической царицы Эфиопии. α – Шедар (ас-Садр – *грудь*), β – Каф (*рука* или *ладонь*), δ – Рухбах (*колени*). Такое подробное описание расположения звёзд в различных частях «тела» характерно для античной и средневековой астрономии, так как в обиходе ещё не было координат звёзд.

ПЛАНЕТЫ

Меркурий движется по созвездиям Льва и Девы рядом с Солнцем, 22 сентября наступает максимальной восточная элонгация 26,5°. Однако очередная вечерняя видимость планеты для жителей средних широт страны незаметна, так как Меркурий будет заходить практически вместе с Солнцем.

Венера (–4^m) движется по созвездиям Льва и Девы вблизи Солнца и видна почти час перед восходом Солнца.

Марс (+0,7^m) движется по созвездию Весов до 13 сентября, а затем по созвездию Скорпиона, виден вечером менее часа.

Юпитер (–1,7^m) движется по созвездию Рака, хорошо виден в утренние часы.

Сатурн (+0,6^m) движется по созвездию Весов, виден около часа в вечернее время.

Уран (+5,6^m) движется попятно по созвездию Рыб и виден всю ночь. Наступили самые благоприятные условия наблюдений этой планеты – в отсутствие Луны и засветки её можно увидеть даже невооружённым глазом, особенно боковым зрением. Но для этого нужна подробная карта звёздного неба окрестностей планеты [1].

Нептун (+7,8^m) движется по созвездию Водолея, виден всю ночь. Найти его можно в бинокль, если есть подробная карта неба и его окрестностей [1].

МЕТЕОРЫ

Линксиды сентябрьские (по лат. названию созвездия *Рысь – Lynx*) активны с 14 по 16 сентября, при хороших условиях можно насчитать до 5 мет./ч. Этот поток связывают с кометой Донати 1858 г. Метеоры яркие, со следами.

Писциды сентябрьские (по лат. названию Рыб – *Pisces*) активны в первую и вторую декады сентября, максимум 11 сентября (до 5 мет./ч). Поток связан с кометой Морхауза 1907 г., метеоры медленные, яркие.

Пегасиды сентябрьские – активны 2–6 сентября, максимум 5 сентября (до 9 мет./ч). Радиант около γ Пегаса; метеоры яркие, со следами.

ПОКРЫТИЯ ПЛАНЕТ ЛУНОЙ [1]

Уран (+5,9^m), 11.09.2014 в 01^h 07^m фаза Луны 0,94;

Сатурн (+0,7^m), 28.09.2014 в 04^h 37^m фаза Луны 0,15.

Литература

1. Кузнецов Александр. Астрономический календарь на 2013 год в формате pdf. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1283238>

2. Чаругин В.М. Астрономические вечера. В сб. «Я иду на урок астрономии. Звездное небо. 11 класс»: книга для учителя. М.: Изд-во «Первое сентября», 2001.



Цветная Вселенная

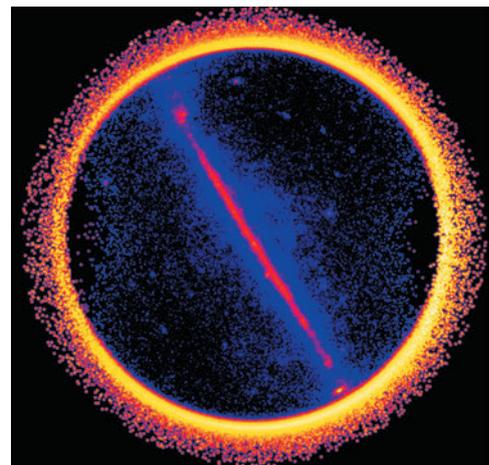
Популярно изложено, что такое гамма-излучение, каковы его источники, почему Земля является источником значительного гамма-излучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гамма-излучение, космический гамма-телескоп имени Ферми, гамма-всплеск, широкий атмосферный ливень

В. Ф. КАРТАШОВ

kartash44@yandex.ru,
ЧИПС, г. Челябинск

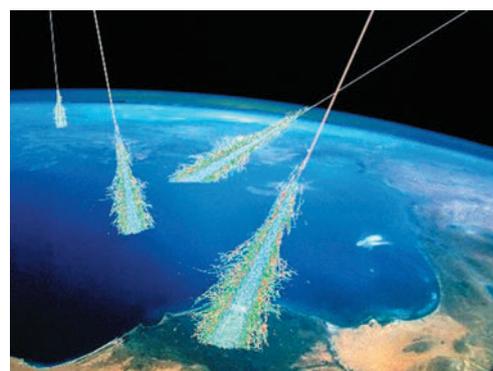
5. Гамма-излучение. На верхней иллюстрации вы видите гамма-портрет нашей Земли и центральной части Млечного Пути [1]. Составное компьютерное изображение было получено с помощью космического гамма-телескопа имени Ферми (*Fermi Gamma-ray Space Telescope*), работающего на околоземной орбите с 11 июня 2008 г. (гамма-кванты с энергиями более 1 ГэВ фиксировались в течение пяти лет). Голубая полоса по диагонали через середину рисунка – источники слабого гамма-излучения в нашей Галактике. Яркое жёлтое кольцо – гамма-излучение высокой интенсивности, испускаемого нашей планетой. Яркая красная полоса через центр – гамма-излучение, вызванное взаимодействием космических лучей с газом в плоскости Млечного Пути. Почему Земля излучает в гамма-диапазоне? Почему гамма-излучение Галактики слабее излучения Земли? Что является источником высокоэнергичного излучения в Галактике?



Гамма-портрет нашей Земли (ярко-жёлтая окружность) и центральной части Млечного Пути (голубая диагональ)

<http://apocd.nasa.gov/apocd/ap1812068.html>

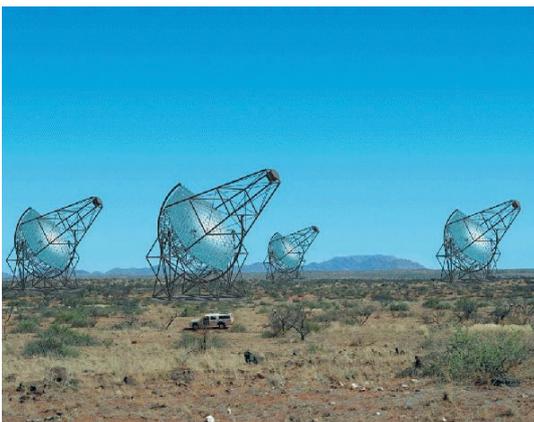
<http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESIS/pages/press/2009/pks2155-fermi-hess/02/>



«Вторжение» космической частицы в атмосферу Земли и вызванные ею широкие атмосферные ливни

http://images.astro.net.ru/pub4/2006/08/15/0001215234/crshower2_nasa.jpg

<http://www.iewp.desy.de/groups/feb/febhess-Dateien/hess-telescope.gif>



▲ Гамма-телескоп HESS (Намибия)

и

◀ система из 4-х таких телескопов

Fermi Gamma-ray Space Telescope ▶



http://auto.img.v4.skyrock.net/5372/78895372/pics/3117805893_2_5_ZWqwVvM.jpg

Гамма-излучение (или γ -лучи) – это электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны – менее $1 \cdot 10^{-11}$ м [2, 3]. Поэтому у него ярко выражены корпускулярные свойства и слабо выражены волновые [4]. На шкале электромагнитных волн гамма-излучение граничит с рентгеновским излучением, занимая диапазон более высоких частот и энергий. В области до 100 кэВ гамма- и рентгеновское излучения различают только по источнику: если квант излучается в ядерном переходе, то его принято относить к гамма-излучению, если при взаимодействиях электронов или при переходах в атомной электронной оболочке – к рентгеновскому. С точки зрения физики, кванты электромагнитного излучения одинаковой энергии не различимы, поэтому такое разделение условно.

Гамма-кванты испускаются атомными ядрами при переходах между возбуждёнными состояниями (энергии от ~1 кэВ до десятков МэВ), при превращениях элементарных частиц (например, при аннигиляции частицы и античастицы), при торможении энергичных заряженных частиц в среде, а также при их отклонении в магнитных и электрических полях (тормозное излучение). Излучать их могут звёзды во время как локальных вспышек (типа вспышек на Солнце), так и вспышек, затрагивающих структуру всей звезды (образование так называемых Сверхновых звёзд), пульсары (особенно молодые), поскольку вещество в их атмосферах движется в чудовищно мощных магнитных полях, чёрные дыры, когда на них падает вещество от второго объекта, взаимодействующие космические объекты, например, две сталкивающиеся нейтронные звёзды или нейтронная звезда, сталкивающаяся с чёрной дырой. Большинство из них располагается в плоскости Млечного Пути, что и объясняет голубую диагональную полосу на изображении. Галактическое гамма-излучение кажется значительно слабее земного из-за того, что источники находятся от нас во много раз дальше.

Интересна история открытия гамма-вспышек, положившая начало гамма-астрономии. После подписания в 1963 г. договора о частичном запрещении испытаний ядерного оружия в трёх средах возникла необходимость контролировать соблюдение этого договора. Поскольку взрыв ядерного устройства сопровождается коротким всплеском гамма-излучения, электромагнитными импульсами и вспышками света, Пентагон запустил несколько военных спутников, чтобы по временной задержке импульсов, зафиксированными спутниками, можно было определить страну, нарушившую договор. И вот, 2 июля 1967 г. американские военные спутники *Vela* [6] обнаружили сильный гамма-всплеск. Со временем было установлено, что договор нарушается «державой», расположенной в... созвездии Большой Медведицы. Через некоторое время данные рассекретили, и к разгадке тайны приступили астро-

номы. Тайна была разгадана почти через сорок лет! Запись типичного гамма-всплеска приведена на рисунке – в течение долей секунды или нескольких секунд наблюдается усиление потока гамма-квантов, которое затем быстро сменяется ослаблением. Всплески фиксируются почти каждый день, как будто где-то в космических просторах идёт мощная война с применением неизвестного нам оружия, и с равной вероятностью приходят с любого направления (то есть *распределены изотропно*).

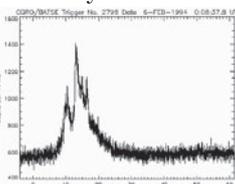
А почему гамма-кванты излучает Земля? Земля постоянно бомбардируется заряженными частицами высокой энергии, приходящими из межзвёздного пространства в составе космических лучей (в основном, это протоны – более 90%, но имеются также электроны, ядра гелия и более тяжёлых элементов) [5]. Иногда интенсивность космических лучей резко возрастает за счёт потоков частиц, порождаемых вспышками на Солнце. Вторгаясь в атмосферу Земли, эти высокоэнергичные частицы разрушают ядра азота и кислорода, которых в ней больше всего, и порождают множественный каскадный процесс (так называемый *широкий атмосферный ливень*), в котором участвуют все известные в настоящее время элементарные частицы, в том числе и гамма-кванты. Некоторые вторичные частицы летят со скоростью, превышающей скорость света в воздухе, что приводит к испусканию *черенковского тормозного излучения*, направленного, в основном, вдоль траектории исходного гамма-кванта. Это излучение собирают зеркала гамма-телескопов, расположенных на поверхности Земли, но его можно наблюдать и из космоса, как это и делает телескоп Ферми (частицы влетают в атмосферу Земли под разными углами и орбитальный космический телескоп фиксирует земное гамма-излучение).

Опасно ли гамма-излучение? Всё зависит от его мощности. Верхний слой атмосферы – надёжный экран, защищающий всё живое на Земле. Однако некоторые гамма-всплески обладают громадным энерговыделением, и земная атмосфера может не спасти. Возможно, именно гамма-всплеск звезды 443 млн лет назад вызвал интенсивное разрушение озонового слоя на половине планеты и стал причиной ордовикско-силурийского вымирания, когда погибло 60% видов живых существ [6]. Слабое гамма-излучение применяется в дефектоскопии, при диагностике технологических процессов, для выявления внутренней структуры атомов, в медицинской терапии и диагностике в медицине, для каротаж в геологии, в гамма-лазерах, военном деле.

Литература

1. Astronomy Picture of the Day <http://apod.nasa.gov/apod/ap131206.html>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Гамма-астрономия>
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Гамма-излучение>
4. Гамма-квант. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e037.htm>
5. Космические лучи <http://www.astronet.ru/db/msg/1188363>
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Гамма-всплеск>

<http://images.astronet.ru/pubd/2005/12/08/0001210110/figure1.gif>



«ЕГЭ» по-американски

(Правильный ответ отмечен красным.)

84. При свободном падении в воздухе скорость всё время увеличивается, а ускорение:

- a) тоже увеличивается;
b) уменьшается;
 c) не изменяется.

Верный ответ – b. Ускорение уменьшается, поскольку уменьшается результирующая сила, действующая на падающее тело: она равна силе тяжести минус сила сопротивления воздуха, а сила сопротивления возрастает с увеличением скорости. По

2-му закону Ньютона: $a = \frac{F_{\text{рез}}}{m} = \frac{mg - F_{\text{сопр}}}{m}$,

где mg – сила тяжести, R – сила сопротивления воздуха. Заметим, что при достаточно большой скорости $R = mg$ и $a = 0$, то есть тело падает равномерно.

Мальчик. Сделаем следующий шаг: $a = g - R/m$ – ускорение падающего в воздухе тела a всегда меньше ускорения силы тяжести g . Эти ускорения рав-

85. Значительная сила, с которой железная кнопка притягивается к магниту, по сравнению с силой, с которой кнопка притягивает магнит:

- a) относительно мала;
b) такая же по величине.

Верный ответ – b. По 3-му закону Ньютона, два взаимодействующих тела действуют друг на друга равными и противоположно направленными силами.

Мальчик. То же происходит, если я растягиваю резинку двумя пальцами – сила, действующая на большой палец равна силе, действующая на указательный палец, но направлена противоположно.

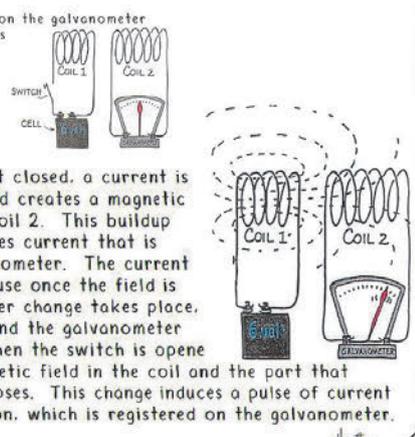
Paul G. Hewitt.

Next-Time Question, NTQ_MAGNET_1QA, 2004.

Next-Time Question

What happens to the reading on the galvanometer when the switch in Circuit 1 is

a) first closed
 b) kept closed
 c) opened again?



Answer:
 When the switch is first closed, a current is established in Coil 1 and creates a magnetic field that extends to Coil 2. This buildup of field in Coil 2 induces current that is registered in the galvanometer. The current is brief, however, because once the field is stabilized and no further change takes place, no current is induced and the galvanometer reads zero current. When the switch is opened in Coil 1, and the magnetic field in the coil and the part that extends to Coil 2 collapses. This change induces a pulse of current in the opposite direction, which is registered on the galvanometer.

ARBOR SCIENTIFIC
 © 2004 Paul G. Hewitt

Next-Time Question

As she falls faster and faster through the air, her acceleration

a) increases.
 b) decreases.
 c) remains the same.



Answer: b

Acceleration decreases because the net force on her decreases. Net force equal to her weight minus her air resistance, and since air resistance increases with increasing speed, net force and hence acceleration decreases. By Newton's 2nd law:

$$a = \frac{F_{\text{NET}}}{m} = \frac{(mg - R)}{m}$$

where mg is her weight, and R is the resistance she encounters. As R increases, a decreases. Note that if she falls fast enough so that $R = mg$, $a = 0$. Then with no acceleration she falls at constant velocity.

Go an extra step in the equation for Newton's 2nd law (divide mg and R by m) and get

$$a = g - \frac{R}{m}$$

Note that the acceleration a will always be less than g . If air resistance R impedes falling. Only when $R=0$ does $a=g$.



ARBOR SCIENTIFIC

© 2007 Paul G. Hewitt

ны, только если сопротивление среды (в данном случае, воздуха) отсутствует.

Paul G. Hewitt.

Next-Time Question, NTQ_NL1&2_6QA, 2007.

Next-Time Question



Compared to the huge force that attracts an iron tack to a strong magnet, the force that the tack exerts on the magnet is

- a) relatively small.
b) equally huge.

Answer: b, equally huge

The pair of forces between the tack and magnet comprises a single interaction and both are equal in magnitude and opposite in direction—Newton's third law.

Like which pulls harder on the stretched rubber band—my thumb or my finger?



ARBOR SCIENTIFIC

© 2004 Paul G. Hewitt

86. Что будет показывать гальванометр, если замкнуть левую цепь? а если потом разомкнуть?

Ответ. Сразу после замыкания цепи в левой катушке ток начнёт нарастать и создавать в ней нарастающее магнитное поле. Это поле будет пронизывать также и витки второй катушки, в ней индуцируется ток – стрелка гальванометра отклоняется. Процесс нарастания тока длится недолго. Когда ток установится, станет постоянным и магнитное поле, индукционный ток соответственно прекратится – стрелка гальванометра вернётся к нулю. Если цепь разомкнуть – стрелка гальванометра отклонится в противоположную сторону.

Paul G. Hewitt.

Next-Time Question, NTQ_MAGNET_4QA, 2004.

Н.Д. КОЗЛОВА (пер. с англ.)

Задачи очных и заочных олимпиад по физике в МЭИ (ТУ) 2012/2013 гг.

Представлены 10 задач (электростатика, электродинамика, динамика, оптика) с решениями из числа предложенных на олимпиадах МЭИ (ТУ).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: олимпиады МЭИ (ТУ), решение задач, абитуриенту, динамика, электростатика, электродинамика, МКТ, термодинамика

Окончание. См. № 5–6/2014.



М.К. ГУБКИН
gubkinmk@rambler.ru,
МЭИ (ТУ), г. Москва

9 (10–11 классы). Тонкая диэлектрическая салфетка в форме равностороннего треугольника заряжена равномерно по поверхности. Когда салфетку складывают, перегибая на 180° в три приёма по пунктирным линиям (см. рисунок) и таким образом преобразуя в треугольник вдвое меньшего размера, то совершают работу A . Салфетку раскладывают обратно, кладут на гладкую горизонтальную

плоскость и разрезают по пунктирным линиям. Треугольные кусочки салфетки разлетаются, и через достаточно большое время кусочки, обо-

значенный на рисунке цифрой 1 приобретает кинетическую энергию W_k . Найдите A .

Решение. Полную электростатическую энергию салфетки W можно подсчитать, разбив салфетку на малые кусочки с зарядами Δq_i и просуммировав по всем различным парам i и k слагаемые $\Delta q_i \Delta \phi_k$, где

$$\Delta \phi_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q_k}{r_{ki}} - \text{потенциал, создаваемый кусочком } \Delta q_k$$

в месте расположения кусочка Δq_k . Если, например, полный заряд q возрастёт в 2 раза, то $\Delta q_i \Delta \phi_k$ возрастут в 4 раза (Δq_i – возрастёт в 2 раза, и отношения $\Delta q_i / r_{ki}$ возрастут в 2 раза). Если при неизменном q увеличить в 2 раза все расстояния r_{ki} , то W уменьшится в 2 раза.

Отсюда видно, что электростатическая энергия салфетки $W = \alpha \frac{q^2}{a}$, где α – некоторый коэффициент, определяемый формой салфетки, q – заряд салфетки, a – характерный размер салфетки (пусть им будет сторона a треугольника). (К аналогичному результату приводят и менее привычные школьникам соображения размерности.)

Пусть исходная салфетка имеет электростатическую энергию W . После трёх перегибаний её энергия станет $W' = 2W$. После разрезания, из соображений симметрии, три крайних кусочка полетят в бесконечность, а центральный кусочек останется на месте. Суммарная электростатическая энергия кусочков (взаимодействие между ними уже отсутствует) равна:

$$W'' = 4 \cdot \alpha \frac{(q/4)^2}{a/2} = \frac{4}{8} \alpha \cdot \frac{q^2}{a} = \frac{1}{2} W.$$

Отсюда

$$W_k = \frac{1}{3}(W - W'') = \frac{1}{3}\left(W - \frac{1}{2}W\right) = \frac{1}{6}W.$$

Окончательно:

$$A = W' - W = 2W - W = W = 6W_k.$$

Ответ. $A = 6W_k$.

10 (10 класс). К источнику тока подсоединён резистор сопротивлением R_1 . При подключении последовательно к R_1 резистора сопротивлением R_2 коэффициент полезного действия источника изменился в n раз. Определите внутреннее сопротивление источника.

Решение. Залог успеха в решении задач, типа описанной (то есть с одной стороны, достаточно сложных, а с другой – с малым количеством исходных данных), в том, чтобы как можно «экономнее» вводить новые неизвестные. При неудачном выборе переменных мы придём к очень большому количеству уравнений, в которых легко и «заблудиться». Так или иначе, но вводить новые переменные придётся, пусть ими будут ЭДС источника \mathcal{E} , внутреннее сопротивление источника r , оба тока I_1 и I_2 (для первого и второго случая) и КПД η . Тогда, используя закон Джоуля–Ленца и определение КПД, сразу пишем:

$$\mathcal{E} I_1 \eta = I_1^2 R_1.$$

Далее, для описания тепловых потерь в источнике, полезно (в смысле «экономии переменных»)

ввести величину $(1 - \eta)$ – её можно назвать *коэффициентом потерь*, коэффициентом «бесполезного» действия:

$$\mathcal{E}I_1(1 - \eta) = I_1^2 r.$$

Для второго случая аналогично пишем ещё два уравнения:

$$\mathcal{E}I_2 n \eta = I_2^2 (R_1 + R_2) \quad \text{и} \quad \mathcal{E}I_2 (1 - n \eta) = I_2^2 r.$$

Таким образом, имеем систему:

$$\begin{cases} \mathcal{E}I_1 \eta = I_1^2 R_1, \\ \mathcal{E}I_1 (1 - \eta) = I_1^2 r, \\ \mathcal{E}I_2 n \eta = I_2^2 (R_1 + R_2), \\ \mathcal{E}I_2 (1 - n \eta) = I_2^2 r. \end{cases}$$

После деления первого уравнения на второе, а третьего – на четвёртое, система значительно упрощается:

$$\begin{cases} \frac{\eta}{1 - \eta} = \frac{R_1}{r}, \\ \frac{n \eta}{1 - n \eta} = \frac{R_1 + R_2}{r}. \end{cases}$$

Или:

$$\begin{cases} \eta(r + R_1) = R_1, \\ n \eta[r + (R_1 + R_2)] = R_1 + R_2. \end{cases}$$

Наконец, деля уже эти уравнения одно на другое, избавляемся от η :

$$\frac{r + R_1}{n[r + (R_1 + R_2)]} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

и получаем одно уравнение с одним неизвестным r . Дальше ответ находится стандартным образом:

$$\begin{aligned} r(R_1 + R_2) + R_1(R_1 + R_2) &= nrR_1 + nR_1(R_1 + R_2) \Rightarrow \\ \Rightarrow r[R_2 - (n - 1)R_1] &= R_1(n - 1)(R_1 + R_2) \Rightarrow \\ \Rightarrow r &= \frac{R_1(n - 1)(R_1 + R_2)}{R_2 - (n - 1)R_1}. \end{aligned}$$

$$\text{Ответ. } r = \frac{R_1(n - 1)(R_1 + R_2)}{R_2 - (n - 1)R_1}.$$

11 (10 класс). Доска массой M плавает на поверхности пруда. На противоположных концах доски сидят две лягушки массой m каждая. Лягушки одновременно совершают прыжок под углом к горизонту с начальной скоростью v_0 в одном и том же направлении вдоль линии доски. В результате одна из лягушек оказывается на другом конце доски, а другая – в воде. Высота прыжка каждой из лягушек равна h . Найдите длину доски. Соппротивлением воды пренебречь.

Решение. Так как, по условию, сопротивлением воды можно пренебречь, то на систему **доска + две**

лягушки вдоль оси x (по горизонтали) не действует никакая внешняя сила, а значит проекция импульса системы на ось x после прыжка остаётся такой же, как и до прыжка, – нулевой. Отсюда (сразу после прыжка) имеем: $MV = 2mv_{0x}$, где V – скорость доски.

Обозначим через t время полёта лягушек и домножим на него наше уравнение:

$$MV = 2mv_{0x} \quad | \cdot t.$$

Тогда величина $Vt = x$ – перемещение доски за время полёта, а $v_{0x}t$ – перемещение за то же время первой лягушки (той, что приземлилась на край доски) относительно Земли. Учитывая, что доска и лягушки двигались навстречу друг другу, последняя величина равна $l - x$, где l – длина доски.

Иными словами,

$$Mx = 2m(l - x) \Rightarrow l = \frac{(M + 2m)x}{2m}.$$

Осталось связать перемещение доски x с высотой прыжка h . Выше уже использовали

$$x = Vt = \frac{2mv_{0x}t}{M}.$$

Найдём v_{0x} и время полёта. Обозначим через t_{\downarrow} время спуска лягушки, очевидно $t_{\downarrow} = t/2$. Тогда максимальная высота полёта

$$h = gt_{\downarrow}^2/2 \Rightarrow t_{\downarrow} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Закон сохранения энергии даёт нам возможность связать v_{0x} с h и v_0 :

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_{0x}^2}{2} \Rightarrow v_{0x} = \sqrt{v_0^2 - 2gh}.$$

Окончательно имеем:

$$\begin{aligned} l &= \frac{M + 2m}{2m} \cdot x = \frac{M + 2m}{2m} \cdot \frac{2mv_{0x}t}{M} = \left(1 + \frac{2m}{M}\right) \cdot v_{0x} \cdot 2t_{\downarrow} = \\ &= 2 \left(1 + \frac{M}{2m}\right) \cdot \sqrt{v_0^2 - 2gh} \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \\ &= 2 \left(1 + \frac{M}{2m}\right) \cdot \sqrt{2h \cdot \left(\frac{v_0^2}{g} - 2h\right)}. \end{aligned}$$

$$\text{Ответ. } l = 2 \left(1 + \frac{M}{2m}\right) \cdot \sqrt{2h \cdot \left(\frac{v_0^2}{g} - 2h\right)}.$$

12 (7 класс). Семиклассники Петя и Катя живут на разных улицах в тихом маленьком городке и дружат с детства. Каждое утро в одно и то же время Петя на своём скутере приезжает к дому Кати, где она уже ждёт его на крыльце, захватывает Катю, и они вместе едут в школу. Дорога в школу от дома Кати проходит мимо дома Пети. Обычно они при-

езжают за 5 минут до звонка. Однажды Катя встала пораньше и была на крыльце уже за 12 минут до обычного времени приезда Пети. Вместо того чтобы ждать Петю, Катя не спеша пошла ему навстречу. В результате ребята были у дверей школы, когда до звонка оставалось ещё 11 минут. С какой скоростью шла пешком Катя, если до встречи с Петей она прошла 540 м?

Решение. Очевидно, что Петя пробыл в пути на $\tau = 11 - 5 = 6$ мин меньше обычного, при этом он сэкономил $\tau/2$ на езде навстречу Кате и $\tau/2$ на езде вместе с Катей в сторону школы. Катя шла пешком $T = 12$ мин за вычетом времени езды Пети к ней $\tau/2$. По условию, за это время $(T - \tau/2)$ она прошла путь 540 м. Таким образом:

$$v = \frac{s}{T - \frac{\tau}{2}} = \frac{540 \text{ м}}{(12 - 3) \text{ мин}} = 60 \text{ м/мин} = 1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/ч.}$$

Ответ. $v = 1 \text{ м/с.}$

13 (10 класс). Артиллерийское орудие и цель находятся на одном уровне. Орудие способно поразить цель при двух различных углах стрельбы. В первом случае угол стрельбы α_1 и максимальная высота полёта снаряда h_1 . Найдите максимальную высоту полёта снаряда во втором случае. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение. Движение снаряда, выпущенного из точки $x = 0, y = 0$ под углом α к горизонту (оси x) и приземлившегося через время t в точке $x = s, y = 0$, описывается обычными уравнениями кинематики:

$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha \cdot t = s, \\ v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 \cos \alpha \cdot t = s, \\ v_0 \sin \alpha - g \frac{t}{2} = 0. \end{cases}$$

Исключая время, имеем:

$$2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{sg}{v_0^2} \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{sg}{v_0^2}.$$

Полученное уравнение для α имеет в первой четверти тригонометрического круга два корня, если правая часть меньше единицы:

$$\alpha_1 = \frac{1}{2} \arcsin \frac{sg}{v_0^2}; \quad \alpha_2 = \frac{\pi}{2} - \alpha_1.$$

Меньший (пусть это будет α_1 , на решении это не скажется) соответствует траектории, обычно называемой «настильной», больший (α_2) – траектории, обычно называемой «навесной». Обозначим максимальную высоту полёта снаряда по настильной траектории h_1 , а по навесной – h_2 . Учитывая, что время спуска снаряда t_1 составляет половину всего времени полёта, запишем для настильной и навесной траекторий:

$$\begin{cases} h_1 = \frac{gt_{1\downarrow}^2}{2} = \frac{g}{2} \left(\frac{t_1}{2} \right)^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{s}{2v_0 \cos \alpha_1} \right)^2, \\ h_2 = \frac{gt_{2\downarrow}^2}{2} = \frac{g}{2} \left(\frac{t_2}{2} \right)^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{s}{2v_0 \cos(\pi/2 - \alpha_1)} \right)^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{s}{2v_0 \sin \alpha_1} \right)^2. \end{cases}$$

Из получившихся уравнений найдём искомую высоту: $\frac{h_2}{h_1} = \text{ctg}^2 \alpha_1 \Rightarrow h_2 = h_1 \text{ctg}^2 \alpha_1$.

Ответ. $h_2 = h_1 \text{ctg}^2 \alpha_1$.

14 (10–11 классы). Спутник площадью поперечного сечения $S = 3 \text{ м}^2$ движется по круговой орбите со скоростью $v = 8 \text{ км/с}$. Давление воздуха на высоте орбиты $p = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$, температура $T = 120 \text{ К}$. Определите число столкновений молекул воздуха со спутником за время $t = 1 \text{ с}$. Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$.

Решение. В данной задаче мы имеем два типа движений. Во-первых – хаотическое движение молекул, составляющих воздух, а во-вторых – направленное движение спутника с первой космической скоростью. Чтобы разобраться в этой сложной картине, оценим характерную (среднюю квадратичную – $v_{\text{кв}}$) скорость молекул при 120 К. Согласно молекулярно-кинетической теории, средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения объекта при температуре T равна $3kT/2$. Обозначим массу молекулы m_0 , тогда:

$$\frac{m_0 v_{\text{кв}}^2}{2} = \frac{3}{2} kT \Rightarrow v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3N_A kT}{N_A m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}},$$

где N_A – число Авогадро, R – универсальная газовая постоянная, M – молярная масса. Хотя мы не знаем точного состава атмосферы на высоте полёта спутника, для оценки M можно взять характерные для нижних слоёв атмосферы 29 г/моль:

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \approx \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 120}{29 \cdot 10^{-3}}} \approx 320 \text{ м/с},$$

что, очевидно, гораздо меньше скорости спутника 8 км/с. Таким образом, картина движения сильно упрощается: спутник движется со скоростью v в окружении «почти» неподвижных молекул. В системе отсчёта спутника на его переднюю часть падает поток молекул, летящих почти с одной и той же скоростью v . За время t на его переднюю поверхность S попадут все молекулы из цилиндра с основанием S и высотой vt . Их число, очевидно, равно $nSvt$, где n – концентрация, которую найдём из уравнения состояния идеального газа $p = nkT$. Отсюда получаем ответ:

$$\begin{cases} N = nvtS, \\ p = nkT \end{cases} \Rightarrow N = \frac{p}{kT} vtS = \frac{1,38 \cdot 10^{-4}}{1,38 \cdot 10^{-23}} \cdot \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3}{120} = 2 \cdot 10^{21}.$$

Ответ. $N = 2 \cdot 10^{21}$.

15 (7 класс). Масса пробкового спасательного плота $m = 3,5$ кг. Определите максимальный объём куска стали, который можно перевезти на этом плоту. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1$ т/м³, плотность стали $\rho_{\text{ст}} = 8$ т/м³, плотность пробки $\rho_{\text{пр}} = 0,2$ т/м³.

Решение.

$$\rho_{\text{ст}} V_{\text{ст}} + m = \rho_{\text{в}} \frac{m}{\rho_{\text{пр}}} \Rightarrow V_{\text{ст}} = \frac{m}{\rho_{\text{ст}}} \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{пр}}} - 1 \right) = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Ответ. $V_{\text{ст. max}} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

16 (10 класс). С какой силой взаимодействуют друг с другом квадратные пластины плоского воздушного конденсатора площадью $S = 0,01$ м² каждая, если напряжение на пластинах $U = 600$ В, а расстояние между ними $d = 3$ мм? Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Решение. Для решения задачи не требуется ничего, кроме знания стандартных формул школьного курса физики и умения с ними обращаться. Итак, по определению, $F = qE$, где F – искомая сила, q – заряд пластины конденсатора, E – напряжённость поля. Последняя в плоском конденсаторе равна U/d . Стоп! Напряжённость поля в конденсаторе складывается поровну из полей двух пластин, а своим собственным полем заряд сам на себя не действует. Формулу для силы следует понимать так: сила, действующая на одну заряженную пластину в поле другой. Поэтому правильно писать $E = U/(2d)$. Осталось найти q . Опять-таки, по определению, $q = CU$, где C – ёмкость. Для плоского конденсатора она равна $\epsilon_0 S/d$, где ϵ_0 – электрическая постоянная. Имея в виду перечисленные соображения, сразу получаем ответ:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{d} \cdot \epsilon_0 \frac{S}{d} U = \frac{\epsilon_0 S}{2} \left(\frac{U}{d} \right)^2 \approx 1,8 \text{ мН}.$$

Ответ. $F \approx 1,8$ мН.

17 (11 класс). В однородном магнитном поле, величина индукции которого B , со скоростью v по винтовой линии радиусом R движется протон. Найдите шаг h винтовой линии. Элементарный электрический заряд e и массу протона m считайте известными.

Решение. Задачи о движении заряженной частицы в однородном магнитном поле удобно решать, разложив скорость \vec{v} на две составляющие, одна из которых параллельна вектору магнитной индукции \vec{B} , а другая – перпендикулярна ему: $\vec{v} = \vec{v}_{\parallel} + \vec{v}_{\perp}$. Частица участвует одновременно в двух движениях: в равномерном прямолинейном движении со скоростью v_{\parallel} и равномерном движении по окружности под действием силы Лоренца $F_{\perp} = ev_{\perp}B$. Для опре-

деления параметров кругового движения запишем второй закон Ньютона:

$$\frac{v_{\perp}^2}{R} = evB.$$

Далее, за время одного оборота по окружности частица проходит расстояние h в направлении \vec{v}_{\parallel} . Отсюда имеем систему:

$$\begin{cases} R = \frac{mv_{\perp}}{Be} \Rightarrow v_{\perp} = \frac{RBe}{m}, \\ h = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} v_{\parallel} = \frac{2\pi Rm}{RBe} v_{\parallel} \Rightarrow v_{\parallel} = \frac{hBe}{2\pi m}. \end{cases}$$

Скорость v найдём по теореме Пифагора:

$$v^2 = \left(\frac{RBe}{m} \right)^2 + \left(\frac{hBe}{2\pi m} \right)^2.$$

Из последнего соотношения выражаем h :

$$h = \frac{2\pi m}{Be} \sqrt{v^2 - \left(\frac{RBe}{m} \right)^2} = 2\pi R \sqrt{\left(\frac{mv}{RBe} \right)^2 - 1}.$$

$$\text{Ответ. } h = 2\pi R \sqrt{\left(\frac{mv}{RBe} \right)^2 - 1}.$$

18 (11 класс). На каком расстоянии от тонкой линзы с модулем оптической силы D нужно поместить предмет, чтобы получить изображение, уменьшенное в $n > 1$ раз? Рассмотрите все возможные случаи.

Решение. По условию задачи, изображение уменьшённое. Такое изображение могут давать как собирающая (например, в режиме «фотоаппарата»), так и рассеивающая (например, в режиме очков для близоруких людей) линзы. В первом случае изображение действительное, во втором – мнимое. В этом легко убедиться, построив ход лучей в обеих линзах (рисунки выполните самостоятельно!) Для решения задачи достаточно два раза написать формулу линзы, не забыв про правило знаков для действительных и мнимых изображений в собирающей и рассеивающей линзах. Мы объединим две формулы линзы в одну – верхний знак соответствует собирающей линзе, а нижний – рассеивающей. Итак, пусть d – расстояние от источника до линзы. Расстояние от линзы до изображения (при условии увеличения $1/n$), есть d/n . Тогда:

$$\frac{1}{d} \pm \frac{n}{d} = \pm D \Rightarrow d = \pm \frac{1 \pm n}{D} = \frac{n \pm 1}{D}.$$

Ответ. $d = \frac{n+1}{D}$, если линза собирающая;

$$d = \frac{n-1}{D}, \text{ если линза рассеивающая.}$$

Палеомагнитология и тектоника литосферных плит

Популярно рассказывается о магнитном поле Земли и его происхождении, показаны методы палеомагнитологии и их роль в становлении современных геологических теорий.

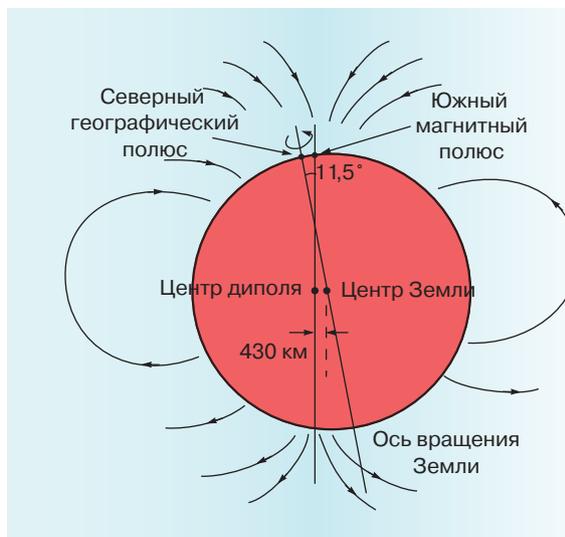
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геомагнитное поле, палеомагнитология

Проф. Н.В. КОРОНОВСКИЙ
koronovsky@rambler.ru,
геологический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

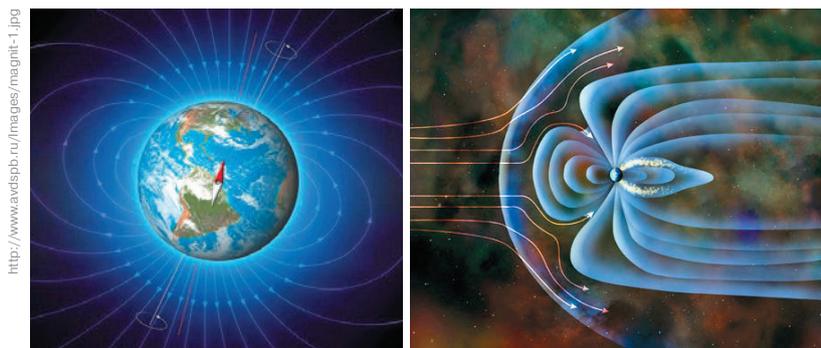
Наша планета представляет собой огромный магнит, поле которого простирается далеко в космическое пространство [1, 2]. Это поле можно аппроксимировать полем диполя: силовые линии входят в Земной шар вблизи Северного географического полюса и выходят из него вблизи Южного. Ось этого диполя не совпадает с осью вращения Земли, а его центр смещён в настоящее время относительно геометрического центра планеты на $11^\circ 26'$ (430 км). Замкнутые силовые линии магнитного поля образуют магнитосферу, которая обеспечивает защиту жизни на Земле от набегающего потока заряженных частиц, в частности, солнечного ветра. Форма магнитосферы в далёком космосе далека от идеальной.

Напряжённость современного геомагнитного поля составляет около $0,5 \text{ Э}$ ($0,1 \text{ А/м}$). Считается, что в геологическом прошлом она могла колебаться, максимум, на порядок, но за последние $3,5\text{--}2,5$ млрд лет (период больше половины геологической истории Земли) почти не изменялась. Благодаря многолетним наблюдениям было установлено, что параметры геомагнитного поля (склонение, наклонение, напряжённость) со временем изменяются и даже в течение суток испытывают периодические колебания. Под влиянием Солнца могут даже смещаться магнитные полюсы Земли. Кроме периодических колебаний этих параметров наблюдаются и непериодические изменения, обусловленные сильными вспышками на Солнце – *магнитными бурями*. Сильные магнитные бури вызывают сбои радиосвязи и электроснабжения. Так, в 1967 г. в результате мощной магнитной бури была обесточена вся провинция Квебек в Канаде.

Обновлённый и сокращённый вариант авторской статьи «Магнитное поле геологического прошлого Земли», см. «Соросовский образовательный журнал», 1996, № 5, с. 65–73 <http://geo.web.ru/db/msg;html?uri=page1.htm&mid=1157939>



Земля – гигантский магнитный диполь



Магнитосфера Земли на разных расстояниях от планеты

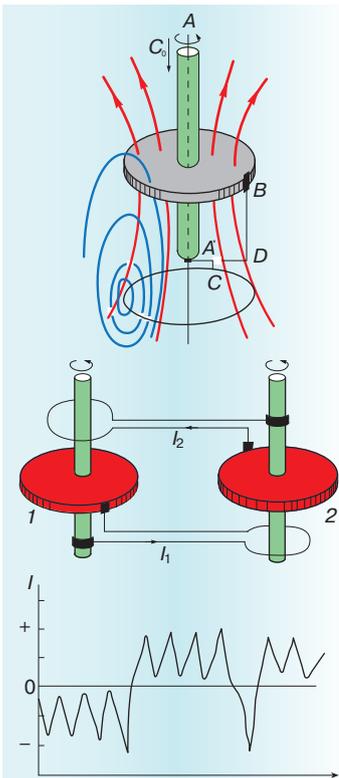
Происхождение магнитного поля Земли. Этот феномен и по сей день остаётся загадкой, хотя гипотез много [3, 4]. Внутреннее строение Земли, изученное с помощью различных сейсмических волн, возникающих в результате землетрясений и искусственных взрывов, характеризуется наличием сферических оболочек, вещество которых имеет разный состав и разные физические свойства. Область с глубины 2900 км и до центра Земли (6371 км) занимает ядро, внешняя оболочка которого обладает свойствами жидкости – она не пропускает поперечные сейсмические волны. Внутреннее ядро, как и силикатная мантия, состоит из твёрдого вещества железоникелевого состава.

Наличие жидкого внешнего ядра, а также вращение Земли составляют основу магнитогидродинамики.



Строение Земли

намических гипотез возникновения геомагнитного поля, наиболее разработанных на сегодня. Их суть в том, что наша планета, подобно другим телам Солнечной системы, создаёт своё магнитное поле с помощью внутреннего генератора, преобразуя, как и обычный электрогенератор, кинетическую энергию движущихся заряженных частиц в электромагнитное поле. В электрогенераторе движение зарядов происходит в витках катушки, а внутри планеты или звезды – в жидкой субстанции. Геомагнитное динамо образует циркулирующая во внешнем ядре огромная масса расплавленного железа объёмом в 5 раз больше Луны.



Модели однодискового динамо (вверху) и двухдискового динамо Рикитати (в середине), а также график тока с периодическим самопроизвольным «опрокидыванием», отвечающим за инверсию поля (внизу) [4]

Упрощённо объяснить формирование магнитного поля в модели однодискового динамо можно так. Пусть в первоначально слабом магнитном поле C_0 (красные линии), направленном вдоль оси A , вращается проводящий диск. Между щёткой B и осью вращения, согласно закону индукции Фарадея, возникает разность потенциалов, что вызывает электрический ток в цепи DA' . Создаваемое этим током магнитное поле (синие линии) усиливает его, и тем больше, чем быстрее вращение. Для запуска процесса необходимо хотя бы очень слабое магнитное поле, которое может возникнуть вследствие, например, гиромангнитного эффекта – намагничивания тела в направлении его вращения.

Приведённая гипотеза не объясняет инверсий (изменение знака полярности)

геомагнитного поля, что играет, как показано ниже, важнейшую роль в палеомагнитологии. Однако эта проблема снимается в модели двух взаимодействующих дисковых динамо [4]: ток I_1 от диска 1 перетекает в диск 2, генерируя магнитное поле – ток I_2 , от которого, в свою очередь, усиливается магнитное поле около диска 1. Токовая (I), а, следовательно, и магнитная переменная колеблется сначала около некоторого стационарного состояния, а затем, увеличивая амплитуду, внезапно начинают испытывать колебания уже вокруг другого стационарного состояния. Таким образом, моделируется возможность инверсий магнитного поля.

Магнитные свойства горных пород. Все вещества подразделяются на три основные группы: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. При этом лишь ферромагнетики обладают высокой *остаточной намагниченностью*, их зёрна и являются главными носителями магнитных свойств в горных породах.

Любая горная порода, осадочная или магматическая, в момент своего образования намагничивается соответственно направлению и величине магнитного поля в данный конкретный отрезок времени [5]. Если это осадочная порода, то магнитные частицы, оседая на дно озера, моря или океана, ориентируются в направлении силовых линий локального геомагнитного поля (*ориентационная намагниченность*). Магматические горные породы – лавовые потоки, интрузивные массивы – приобретают намагниченность, остыв до температуры точки Кюри либо на поверхности Земли, либо в земной коре (*термоостаточная намагниченность*).

Не вдаваясь в довольно сложные характеристики видов намагниченности горных пород и факторов, её определяющих, подчеркнём роль естественной остаточной намагниченности. Будучи однажды приобретённой породой, она при благоприятных условиях сохраняется длительное время. Можно измерить остаточную намагниченность образца горной породы и, зная его исходную ориентацию, установить направление магнитного поля в эпоху, когда эта порода сформировалась, а также вычислить положение *виртуального геомагнитного полюса*. Измеряя следы прошлого геомагнитного поля в массовом порядке в горных породах различного возраста на разных континентах и при бурении глубоководных скважин в океанах, мы получаем возможность выявить эволюцию геомагнитного поля Земли. В этом заключается суть палеомагнитологии.

Инверсии магнитного поля. В 1906 г. Б. Брюн, измеряя магнитные свойства сравнительно молодых лав в центральной Франции, обнаружил, что их намагниченность направлена противоположно современному геомагнитному полю.

менному геомагнитному полю, как будто северный и южный магнитные полюсы поменялись местами. Инверсия геомагнитного поля – важнейшее открытие, позволившее создать новую науку – *магнитостратиграфию*, изучающую расчленение отложений горных пород, основываясь на направлении их намагниченности [6]. В руках геологов оказался весьма действенный метод корреляции отложений и событий. Время, в течение которого происходит изменение знака полярности, может быть очень коротким, вплоть до тысячи лет, но в других случаях оно увеличивается до нескольких тысяч лет. Следует сказать, что хотя причина геомагнитных инверсий пока ещё не вышла за рамки гипотез, геологи широко используют эту особенность.

Магнитостратиграфическая шкала. По существу, это глобальная шкала геомагнитной полярности за наблюдаемую часть геологической истории [7]. В настоящее время проведены сотни тысяч, если не больше, определений прямой и обратной полярности в образцах горных пород различного возраста, датированных как с помощью изотопных радиологических методов, то есть с получением абсолютного возраста породы, так и с помощью методов относительной геохронологии с использованием палеонтологических методов. Первая такая шкала была создана для последних 3,5 млн лет в 1963 г. А. Коксом, Р. Доллом и Г. Далримплом. С тех пор составлено много магнитостратиграфических шкал, полнота и нижний возрастной предел которых всё увеличивается, а само расчленение становится всё более дробным.

Временные интервалы преобладания какой-либо одной полярности получили название геомагнитных *эпох*, им присвоены имена выдающихся геомагнитологов – Брюнеса, Матуямы, Гаусса и Гильберта. В пределах эпохи выделяются меньшие по длительности интервалы той или иной полярности, называемые геомагнитными *эпизодами*. Наиболее эффектно интервалы прямой и обратной полярности геомагнитного поля выявлены для молодых (в геологическом смысле) лавовых потоков, например, в Исландии и в Эфиопии. Однако поскольку излияния лав были прерывистыми, вполне возможен пропуск какого-либо магнитного эпизода.

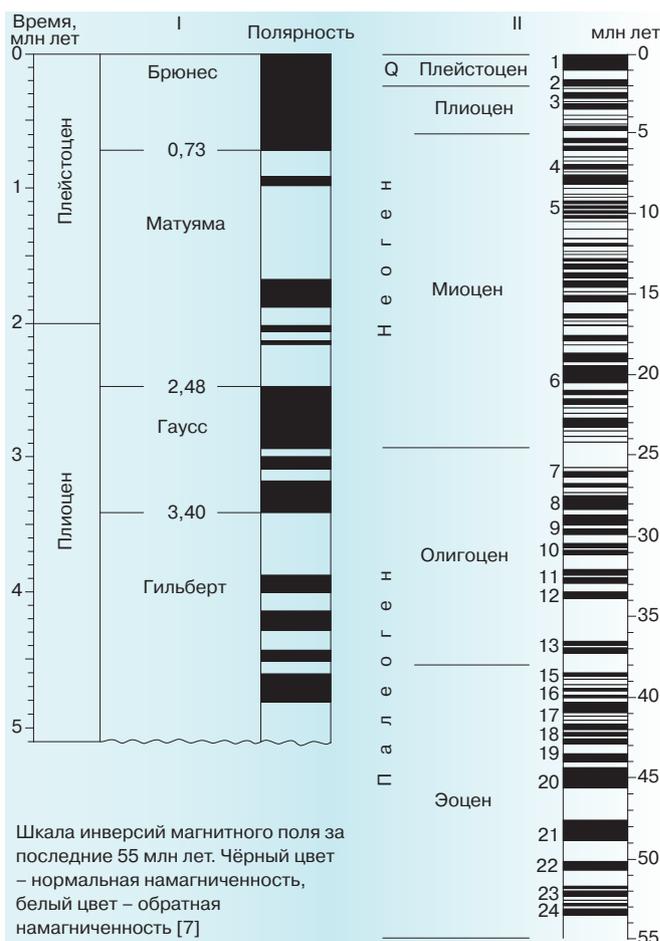
Этого недостатка лишены данные измерений осадочной толщи в океанах при бурении глубоководных скважин, начиная с 1968 г. Уже пробурены свыше тысячи скважин в разных океанах, некоторые углубились в породы морского дна на 1,5 км.

Самое главное преимущество изучения магнитных свойств керна скважин (столбика высверленных горных пород) заключается в непрерывности стратиграфического разреза – мы уверены в полноте геологической летописи. Анализ магнитных свойств пород океанского дна позволил составить

детальную шкалу инверсий поля до поздней эпохи юрского периода включительно, то есть на интервал 170 млн лет, что дало возможность реконструировать магнитное поле Земли за это время.

До рубежа 570 млн лет, то есть для всего фанерозоя, такая шкала тоже создана, но она хуже по качеству. Остаточная намагниченность обнаруживается даже у архейских пород возрастом 3,4 млрд лет.

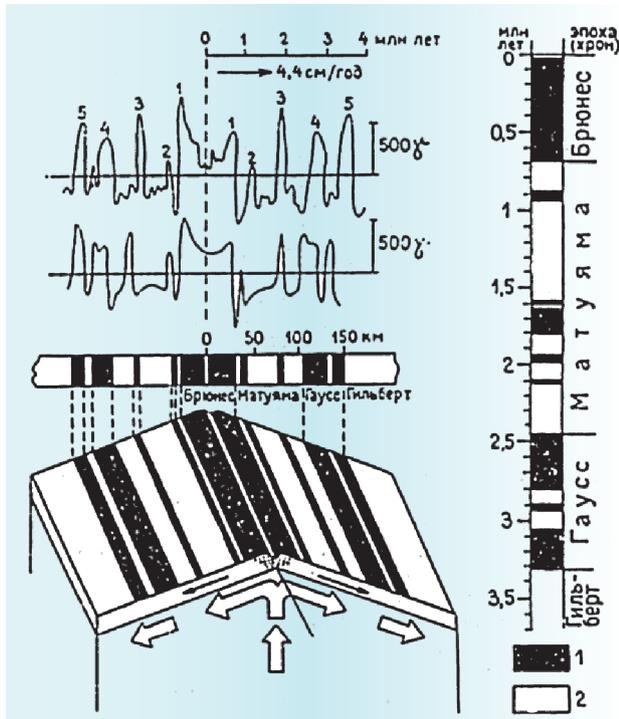
Идея о разрастании океанской коры и палеомагнитология. Гениальные догадки учёных конца XIX–начала XX вв. и, в первую очередь, знаменитого метеоролога Альфреда Вегенера о том, что в далёком прошлом материка занимали совсем другое положение на поверхности земного шара, нежели сейчас, основывались лишь на сходстве очертаний береговых линий материков. И только в 1960-х гг. была выдвинута гипотеза о разрастании океанической коры, или океанического дна, когда Г. Хесс и Р. Дитц в 1961–1962 гг. опубликовали статьи, ставшие вехами в геологической истории. Нарастание океанической коры происходит в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, где базальтовая магма поднимается вверх по трещинам вследствие конвективных движений нагретого вещества мантии. Попадая в условия океанского дна в рифтовых ущельях, магма не только изливается на дно, но и



как бы расталкивает его в стороны, внедряясь всё новыми и новыми порциями. Остывая, магма проходит точку Кюри и намагничивается по направлению силовых линий данной магнитной эпохи.

В 1958 г. впервые была установлена полосчатая форма магнитных аномалий северо-западной части дна Тихого океана. Сравнительно неширокие, до 40 км, полосы были намагничены то отрицательно, то положительно, причём интенсивность намагничивания вдоль каждой из полос практически не менялась. Такой же полосовидный характер магнитного поля в последующие годы был обнаружен во всех океанах, включая узкие моря типа Красного.

Мало того, оказалось, что полосы магнитных аномалий разного знака расположены симметрично по отношению к оси срединно-океанических хребтов. Подобная картина распределения магнитных аномалий требовала объяснений, которые и не замедлили появиться в 1963 г. в статье выпускника Кембриджского университета Ф. Вайна и его научного руководителя Д. Мэтьюса: обратная и прямая намагниченность полос базальтов прямо связана с их возрастом. Приобретая знак намагниченности в момент своего образования, впоследствии базальты раздвигаются в стороны новыми порциями магмы. А те, в свою очередь, приобретают знак полярности другой эпохи, когда осуществилась очередная инверсия магнитного поля. Периодические инверсии и создают «матрацевидную» картину магнитного поля, а её симметричность объясняется разрастанием, спредингом (*spread* – разрастание, расширение) океанского дна.



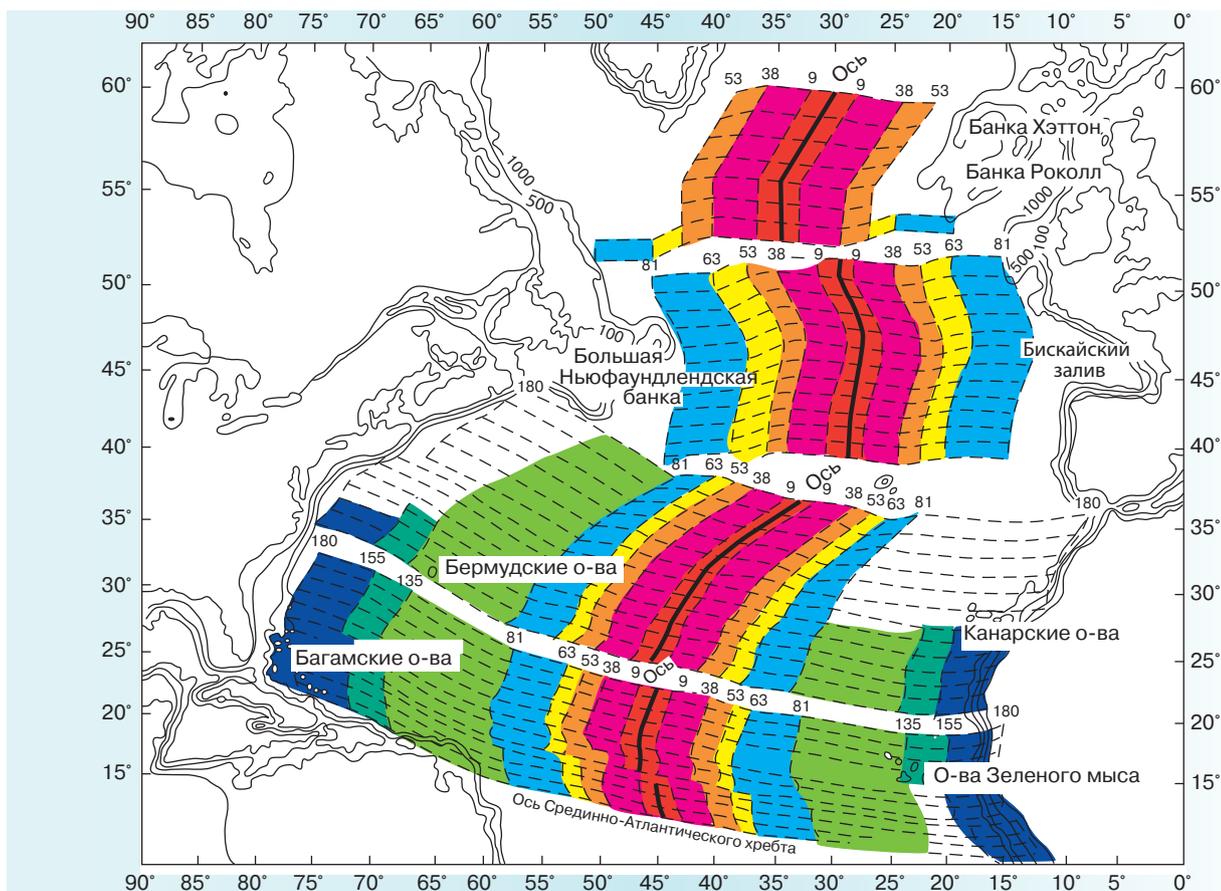
Симметрия магнитных аномалий океанского дна вблизи срединно-океанского хребта и рифтовой долины [8]. Гамма – внесистемная единица напряжённости магнитного поля: $1 \gamma = 10^{-5}$ Э (СГС), что соответствует магнитной индукции 1 нТл (СИ)

Так были соединены две продуктивные идеи, и проблема объяснения строения и эволюции океанского дна была решена. Удвоенная ширина полос магнитных аномалий одного знака в океанах прямо пропорциональна длительности эпох полярности. На этом основании были проведены линии одинакового возраста океанской коры (*изохроны*) и каждой аномалии присвоен свой номер. Картину подтвердили результаты глубоководного бурения – оказалось, что возраст осадков океанского дна над магнитными аномалиями хорошо совпадает с рассчитанным возрастом самих магнитных аномалий. Сейчас составлены детальные карты возраста океанской коры, и геологические события последних 170 млн лет чётко к ним привязываются.

Мобилистская концепция. Когда появилась возможность по отобраным породам одного возраста, взятым на разных континентах, определять положение палеомагнитных полюсов интересующего нас временного интервала, то вычисленные, скажем, по верхнеюрским породам (170–144 млн лет) осреднённые полюсы Северной Америки и Европы оказались в разных местах! Для того, чтобы свести их в один, следовало изменить положение континентов на поверхности Земли. Это означало сближение Европы и Северной Америки до совпадения их бровок шельфа, то есть до глубин океана примерно 200 м. Иными словами, двигались не полюсы, а континенты!

Сейчас получены настолько убедительные подтверждения перемещений континентов в геологическом прошлом, что вряд ли можно сомневаться в медленных, но постоянных движениях литосферных плит, несущих на себе материки. Применение палеомагнитного метода позволило осуществить детальные реконструкции раскрытий Атлантического, Индийского, Северного Ледовитого океана, понять историю развития Тихого океана. Современное расположение континентов – это результат раскола суперконтинента Пангея, начавшегося около 200 млн лет тому назад. Линейное магнитное поле океанов даёт возможность определить скорость движения плит и провести геодинамический анализ.

Благодаря именно палеомагнитным исследованиям определили, что раскол Африки и Антарктиды произошел 160 млн лет назад. Наиболее древние аномалии возрастом 170 млн лет (средняя юра) обнаружены по краям Атлантики у берегов Северной Америки и Африки. Это и есть время начала распада суперматерика. Южная Атлантика возникла 120–110 млн лет назад, а северная – значительно позже, 80–65 млн лет назад. Подобные примеры можно привести по любому из океанов и, «читая» палеомагнитную летопись, реконструировать историю их развития и перемещения литосферных плит.



Карта возраста пород океанского дна в Атлантике, составленная по магнитным аномалиям У. Питменом и М. Тальвани в 1972 г. и впоследствии подтверждённая результатами глубоководного бурения. Разными цветами выделены участки океанского дна различных возрастных интервалов. Цифры обозначают миллионы лет

В 1995 г. Д.М. Печерским и А.Н. Диденко была предпринята попытка реконструкции древнего Палеоазиатского океана, существовавшего в интервале времени венд-средний палеозой (660–360 млн лет). Такая реконструкция основывалась на изучении палеомагнитной характеристики древних океанических пород, так называемой офиолитовой ассоциации, обладающей полным сходством с разрезом современной океанской коры. Это один из первых опытов изучения не континента, а именно океана, и он блестяще подтвердил, например, существование линейной структуры аномального магнитного поля и в древних океанах.

Закключение. Палеомагнитология как наука о магнитном поле геологического прошлого имеет не такую уж большую историю, но использование полученной с её помощью информации позволило сделать большой шаг в изучении геологической истории Земли.

Исследование магнитных свойств горных пород, построение магнитной модели литосферы (верхней оболочки Земли), оценка элементов древнего магнитного поля, выявление зон прямой и обратной намагниченности – всё это привело к созданию шкалы геомагнитной полярности, шкалы линейных магнитных аномалий океанов, а также использование магнитных характеристик для возрастной корреляции геологи-

ческих событий (магнитостратиграфия). Кривые миграций магнитных полюсов за сотни миллионов лет для разных материков подтвердили перемещения литосферных плит по поверхности Земли и внесли важнейший вклад в создание новой глобальной геологической теории – тектоники литосферных плит.

Литература

1. Палеомагнитология /Под ред. А.Н. Храмова. Л.: Недра, 1982. 312 с.
2. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 592 с.
3. Брагинский С.И. Геомагнитное динамо// Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1978. № 9. С. 74–90.
4. Кузнецов В.В. Физика Земли. Учебник-монография <http://www.geokniga.org/inboxes/5226>. (Лекция 12. ГЕОМАГНЕТИЗМ. http://vkvuz.ru/books/lectures_2/12.pdf)
5. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965. 247 с.
6. Буров Б.В., Нургалиев Д.К., Ясонов П.Г. Палеомагнитный анализ. Казань. Изд-во Каз. ун-та, 1986. 167 с.
7. Печерский Д.М., Диденко А.Н. Палеоазиатский океан. Петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере. М., 1995. 295 с.
8. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник для студентов геологических специальностей вузов. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.

Физические основы нанотехнологий

На доступном для учеников старших классов средней (полной) общеобразовательной школы уровне изложены принципы работы современных микроскопов: туннельного, атомно-силового, электронных – растрового и просвечивающего.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии, СЗМ, СТМ, АСМ, кантилевер, силы Ван-дер-Ваальса, РЭМ, ПЭМ

Н. В. ЛАТУХИНА

natalat@yandex.ru,
к. т. н. (ГОУ ВПО СамГУ,
г. Самара)

Лекция 5. Инструменты нанотехнологий

5.1. Инструменты и методы работы с наносистемами [1–4]. Одной из главных причин бурного развития нанотехнологий в конце XX в. явилось появление принципиально новых «инструментов» для работы с наноразмерными объектами. Это, в первую очередь, современные микроскопы: сканирующие зондовые (СЗМ) и электронные – просвечивающие (ПЭМ) и растровые (РЭМ) (слайд 1). В них в отличие от обычного оптического микроскопа информация об изучаемом объекте несёт не луч света, а поток электронов (в туннельном или в электронном микроскопах) или даже силы взаимодействия – межмолекулярного (в атомно-силовом), магнитного (в магнитно-силовом), электростатического и других. С помощью этих приборов можно не только получать изображения отдельных атомов и молекул, но и манипулировать ими, а также получать информацию об электронных, магнитных и иных свойствах «рассматриваемого» объекта.

Однако следует заметить, что и оптический микроскоп не сдаёт своих позиций. С использованием новых принципов построения изображения были созданы уникальные оптические приборы – *ближнепольный* и *конфокальный оптические микроскопы*, занявшие достойное место в инструментарии нанотехнологий. Эти устройства обеспечивают разрешение намного лучшее, чем обычный оптический микроскоп, – на уровне атомно-силового или электронного микроскопов. В ближнепольном оптическом микроскопе такой эффект достигается за счёт детектирования рассеянного от изучаемого объекта света на расстояниях меньших, чем длина волны света, в конфокальном используются нелинейные свойства флуоресценции образцов. К тому же новые оптические микроскопы позволяют получить и трёхмерную реконструкцию исследуемого объекта, и информацию о механизмах взаимодействия оптического излучения с веществом.

На рис. 5.1 приведены микрофотографии объектов, созданных и «увиденных» при помощи сканирующего зондового микроскопа. Действительно, хотя о том, что вещество построено из дискретных атомов и молекул, учёные знали достаточно давно, однако «видеть» их, «трогать» и даже строить из них вещество по своей «конструкции», манипулируя атомами и молекулами, как деталями детского конструктора «ЛЕГО», научились совсем недавно. Это не простая задача – современные технологические установки, с помощью которых создаются наноматериалы и наноструктуры, представляют собой сложные ком-

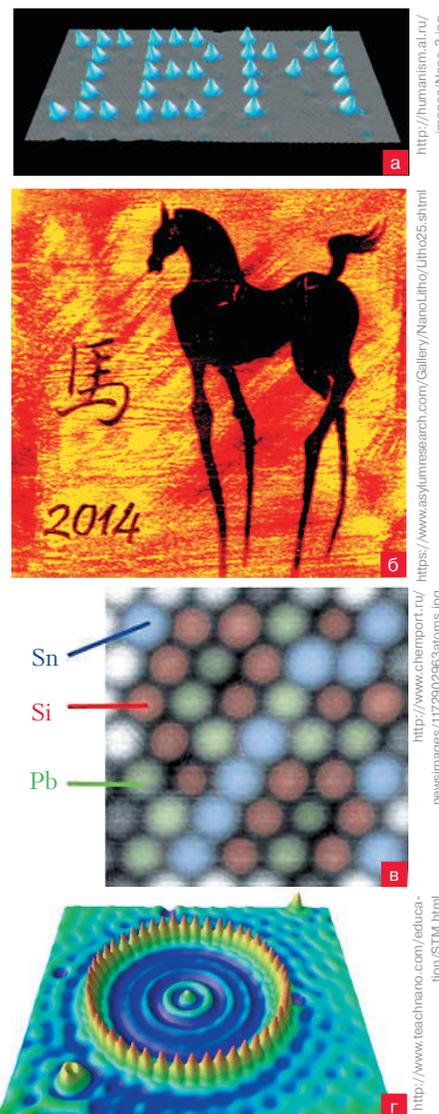


Рис. 5.1. СЗМ-изображения: *IBM* – название фирмы, «выложенное» 35-ю атомами ксенона на поверхности кремниевой пластины (а); поздравление с Новым годом, полученное окислением кремния зондом микроскопа (б); отдельные атомы олова, кремния и свинца (в); распределение электронной плотности в кольцевой структуре из 48 атомов Fe на поверхности Si – «квантовом загоне» (слева – поверхностный дефект) (г)

Лекции 1–4 см. в № 2–5_6/2014. Печатается в сокращении. Презентацию и полный текст с контрольными тестовыми заданиями к каждому подразделу, а также задачи с решениями и задачи для самостоятельного решения с ответами см. в ЭП. – Ред.

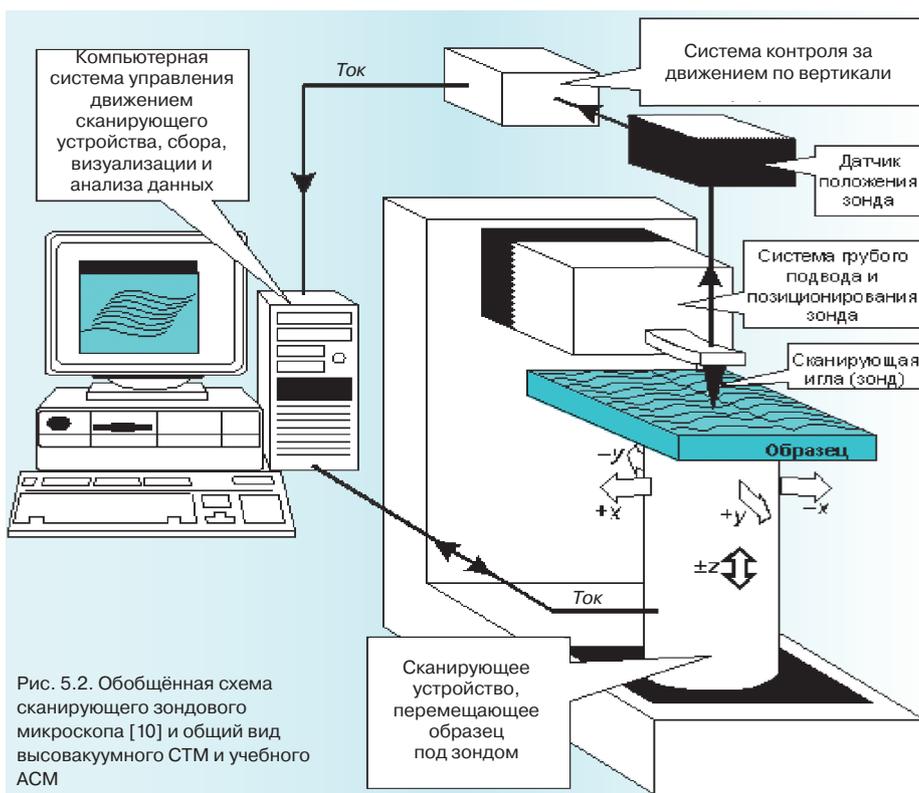


Рис. 5.2. Обобщённая схема сканирующего зондового микроскопа [10] и общий вид высоковакуумного СТМ и учебного АСМ



Высоковакуумный сканирующий зондовый туннельный микроскоп



Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп для лабораторного практикума

плексы, оснащённые большим количеством диагностической, измерительной и контролирующей аппаратуры.

СЗМ является, несомненно, центральным и самым эффективным звеном всего нанотехнологического инструментария, но далеко не единственным. Активно в современных технологических и измерительных установках используются лазеры (появился такой инструмент, как *лазерный пинцет*), потоки заряженных и незаряженных частиц (электронов, протонов, ионов, нейтронов), спектрометры, точные измерители механических перемещений, сверхмалых токов, магнитных полей, весы, позволяющие взвесить даже отдельную молекулу, и много других.

Спектрометры – это приборы, позволяющие измерять распределение энергии излучения по длинам волн для непрерывного излучения или распределение числа частиц по их энергии для потока частиц. Благодаря корпускулярно-волновому дуализму эти представления взаимозаменяемы. Обобщая, можно сказать, что спектрометры измеряют интенсивность сигнала для каждого значения его энергетического параметра. Этим сигналом в электронном микроскопе может быть поток электронов, отражённых от поверхности образца (отражённые электроны), поток фотоэлектронов, порождённых рентгеновским излучением, которое возникает в результате бомбардировки поверхности электронным пучком (рентгеновские фотоэлектроны), поток выбитых в результате этой бомбардировки электро-

нов (вторичные электроны) или ионов (вторичные ионы). Современные методы спектрометрии дают возможность не только зарегистрировать на поверхности образца присутствие того или иного вещества с точностью до одного атома или молекулы (рис. 5.1, в), но и определить, в каком состоянии находится электронная оболочка этого атома, в каких связях он участвует. Палитра инструментов нанотехнологий не менее богата и разнообразна, чем палитра наноматериалов и наносистем, которые создаются и исследуются с их помощью, и кропотливая работа по созданию новых инструментов и методов нанотехнологий идёт наряду с работой по созданию новых наноматериалов.

Однако результат стоит затраченных усилий. Современная техника позволяет создавать сверхминиатюрные устройства и приборы, управлять процессами, происходящими на молекулярном уровне, контролировать движение отдельных атомов, молекул и даже электронов. Многие наноизделия и наноматериалы производятся уже в промышленных масштабах, при этом конструкция приборов выдерживается с атомной точностью. Например, основу полупроводникового каскадного лазера составляет многослойная структура, содержащая тысячи слоёв. Толщина самых тонких из них составляет всего лишь 10–12 атомов, и при отклонении толщины хотя бы одного слоя хотя бы на один атом, лазер работает уже эффективно. Но технологи научились контролировать толщину слоёв с точностью до одного атома и успешно изготавливают такие сложные изделия.

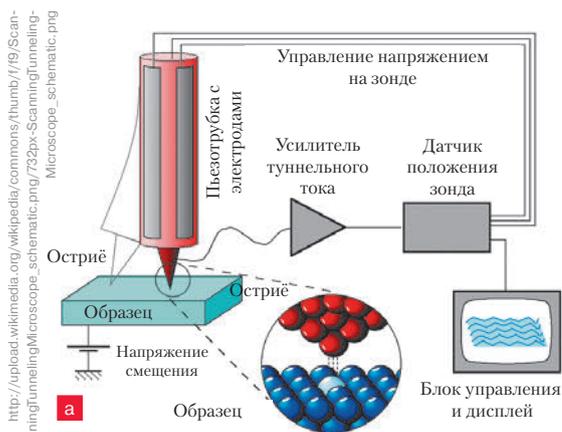


Рис. 5.3. Структурная схема сканирующего зондового туннельного микроскопа (а); первое изображение монокристаллического кремния с атомарным разрешением, полученное Г. Биннигом и Х. Рёером (б); поверхность кремния (плоскость 111) 20×20 нм, 2012 г. (в); зонды для СТМ, полученные электрохимическим травлением (г, д) и простым перерезанием проволоки (е) [8]

Зондовые микроскопы используются как технологический инструмент в методах, работающих и по принципу «снизу вверх», и по принципу «сверху вниз», так что часто их выделяют в отдельную группу *зондовых технологий*.

5.2. Сканирующие зондовые микроскопы [4–10]. Семейство современных СЗМ (*слайд 2*) весьма обширно, однако конструктивно все они схожи, а в основе их работы лежит один и тот же принцип: контролируемое прецизионное перемещение зонда (тонкой иглы) относительно поверхности образца по всем трём направлениям и с очень малым шагом. Такое перемещение называется *сканированием образца*. На рис. 5.2 показана обобщённая схема сканирующего зондового микроскопа с перемещением образца относительно зонда (существуют конструкции и с перемещением зонда относительно образца, см. рис. 5.3, а). Обычно сканирующее устройство представляет собой пьезотрубку (пьезоманипулятор), на поверхность которой нанесены три пары электродов. Под действием напряжений, поступающих с устройства обратной связи, трубка изгибается, обеспечивая перемещение зонда относительно образца по осям x и y , или сжимается (растягивается) по оси z , что позволяет изменять расстояние зонд–образец.

С помощью *системы перемещения* зонд сначала подводится к поверхности исследуемого образца грубо. При сближении на расстояние несколько десятков нанометров зонд начинает взаимодействовать с поверхностью, в результате либо изменяется его положение по оси z , либо возникает сигнал, который поступает на *компьютерную систему сбора и обработки данных*. Датчик положения зонда непрерывно отслеживает позицию иглы относительно образца и через *систему контроля за движением по вертикали* передаёт данные о ней в *систему управления движением сканера*, которая служит также и для *анализа и отображения результатов исследования поверхности*.

Возможности и сфера применения сканирующего зондового микроскопа определяется типом

взаимодействия зонда и исследуемой поверхности. Первым был изобретён *сканирующий туннельный микроскоп* (СТМ, или *STM – scanning tunnel microscope*) – в 1981 г. его авторы, учёные из исследовательской лаборатории *IBM* в Цюрихе Герхард Бинниг (*G. Binnig*) и Хайнрих Рорер (*H. Rörer*) с его помощью впервые получили реальные изображения поверхностей с атомарным разрешением (рис. 5.3, б, *слайд 3*). Если между иглой и образцом создать напряжение смещения, то при сближении острия иглы и образца на расстояние порядка 1 нм возникает туннельный ток, величина которого зависит от расстояния между иглой и поверхностью образца. При удалении острия от исследуемой поверхности туннельный ток уменьшается, а при приближении – возрастает. Используя это, можно построить изображение топографии поверхности с атомарным разрешением (рис. 5.3, в). Пространственное разрешение определяется радиусом закругления зонда и чувствительностью системы, регистрирующей отклонения. Традиционно острия затачиваются электрохимическим способом (рис. 5.3, г, д), но недавно было показано, что такого же результата можно достичь, просто обрезая проволоку острыми ножницами (рис. 5.3, е) [8].

Сканирующие туннельные микроскопы не позволяют получать изображение непроводящих материалов – ведь и образец, и остриё должны быть проводниками или полупроводниками. Кроме того, требуется обеспечить весьма строгие условия, в частности, необходим вакуум и специальная подготовка образца.

В 1986 г. Г. Биннинг, К. Куэйт (*C. Quate*) и К. Гербер (*Ch. Gerber*) изобрели новый тип сканирующего зондового микроскопа – атомно-силовой (АСМ, или *AFM – atomic force microscope, слайд 4*). С его помощью можно получать (также с атомарным разрешением) изображения поверхности как проводящих, так и непроводящих материалов, причём при атмосферных условиях. Плюс к этому появляется дополнительная возможность визуализировать

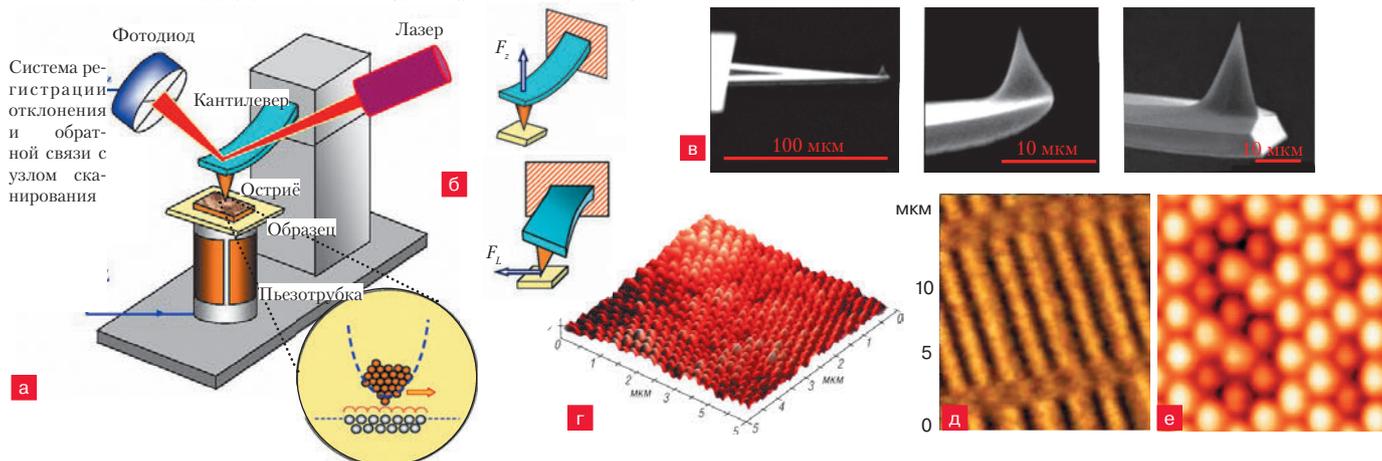


Рис. 5.4. Основные узлы сканирующего зондового атомно-силового микроскопа (а) [9]; изменение положения кантилевера при отклонении иглы от вертикали (б); зонды для АСМ (в); АСМ-изображения – глобул SiO₂ на поверхности опала (г), магнитный рельеф поверхности жёсткого диска (д) и «зарядовый рельеф» – символ Si, выложенный атомами олова на поверхности кремния (е); зависимость силы взаимодействия молекул острия зонда и поверхности образца от их взаимного расстояния (ж) [9, 10]

электрические, магнитные, упругие и другие свойства объектов. В основе работы АСМ лежит использование сил Ван-дер-Ваальса – сил взаимодействия молекул зонда с молекулами на поверхности образца. Когда зонд сканирует поверхность, кантилевер (консоль, на которой закреплено остриё), изменяет своё положение (рис. 5.4), зеркально отражающийся от его кончика лазерный луч отклоняется, и это отклонение регистрируется 4-секционным фотодатчиком. Сигнал обрабатывается компьютерной системой и подаётся на сканирующее устройство и в систему управления и визуализации данных.

В зависимости от расстояния зонд–образец при сканировании различают три режима работы АСМ: контактный (*contact mode*), бесконтактный (*non-contact mode*) и «полуконтактный» или *стучащий* (*semicontact mode, tapping mode*) – промежуточным между контактным и бесконтактным.

На рис. 5.4, ж представлена кривая зависимости равнодействующей сил межмолекулярного взаимодействия и электростатического отталкивания от расстояния между остриём и образцом. При сближении иглы с поверхностью атомы иглы начинают всё сильнее притягиваться к атомам образца (АСМ работает в *контактном режиме*). Сила притяжения возрастает до тех пор, пока атомы не сближаются настолько, что их электронные облака начинают отталкиваться электростатически. При дальнейшем сближении сила электростатического отталкивания экспоненциально ослабляет силу притяжения, и силы эти уравниваются при расстоянии между атомами около 2 Å. Далее происходит перекрытие электронных оболочек атомов острия иглы и поверхности, силы отталкивания быстро увеличиваются – АСМ работает в *бесконтактном режиме*. В промежутке между описанными крайними режимами АСМ работает в *полуконтактном ре-*

жиме, когда консоль колеблется на собственной резонансной частоте с амплитудой 50–100 нм и вибрирующее остриё слегка обстукивает

поверхность образца. Этот режим характеризуется более высоким разрешением в горизонтальной плоскости по сравнению с контактным режимом.

Силами взаимодействия являются не только ван-дер-ваальсовы силы, но и электростатические, и магнитные. Силы притяжения характеризуются более слабой, чем силы отталкивания, зависимостью от расстояния и проявляются при величине зазора игла–образец от единиц до нескольких тысяч ангстрем. Существенно, что с увеличением расстояния «работает» значительное число атомов, образующих остриё иглы зонда.

Главное различие СТМ и АСМ – в конструкции иглы. В СТМ игла закреплена жёстко, заточена как можно сильнее и никогда не касается поверхности, а в АСМ – игла крепится на упругом подвесе (кантилевере), остриё должно формироваться из значительного числа атомов и может работать как в прямом контакте с образцом, так и без контакта (*слайд 5*). Если покрыть иглу зонда АСМ тонкой ферромагнитной плёнкой, то при сканировании образца магнитное поле зонда будет взаимодействовать с локальными магнитными полями различных участков поверхности, и от их величины будет зависеть сила взаимодействия. Такой микроскоп называется магнитно-силовым (МСМ, или *MFM – magnetic force microscope*). Изображение будет содержать информацию как о топографии, так и о магнитных свойствах поверхности. Если остриё



http://microtm.narod.ru/art-spm/art-spm.htm

расположить близко к поверхности, то будет преимущественно отображаться топография, при увеличении расстояния – магнитные свойства образца. Такая методика позволяет получать одновременно с изображением поверхности образца её «магнитный рельеф» (рис. 5.4, *д*). Аналогично можно получить «зарядовый рельеф» – распределение электрического заряда на диэлектрической поверхности или карту распределения плотности электронных облаков, что позволяет судить о типах химической связи на поверхности и идентифицировать различные типы атомов (рис. 5.4, *е*).

Методы сканирующей зондовой микроскопии, появившись сравнительно недавно, быстро вышли за рамки лабораторных экспериментов и стали неотъемлемой частью современных нанотехнологических производств. Они позволяют решать широкий спектр прикладных задач в науке и технике, причём используются не только как диагностический или контрольно-измерительный инструмент, но и как технологический – осуществлять наногравировку, нанолитографию, наночеканку и другие прецизионные операции.

5.3. Электронные микроскопы [11, 12]. В электронных микроскопах используются волновые свойства электронов: исследуемый объект «освещается» пучком электронов подобно тому, как в обычном оптическом микроскопе это делает луч света. Каждый электрон характеризуется определённой длиной волны, зависящей от его скорости. Длина волны электронов намного меньше длины волны света, поэтому в электронном микроскопе можно получить предел разрешения около 0,17 нм, что позволяет различать отдельные атомы в кристаллах.

Схема электронного микроскопа напоминает схему обычного оптического (рис. 5.5, *слайд 6*). В

нём также есть ряд линз, объектив и окуляр, только это не обычные линзы, а электронные, и они формируют электронное изображение объекта, действуя на поток электронов электрическими и магнитными полями. Главной деталью электронного микроскопа является источник электронов – электронная пушка. Обычно это нагреваемый катод из вольфрама или гексаборида лантана. Испускаемые нагретым катодом электроны ускоряются сильным электрическим полем порядка 100 000 В относительно других электродов, фокусирующих электроны в узкий пучок. Электроны сильно рассеиваются веществом, поэтому в колонне микроскопа, где движутся электроны, поддерживается вакуум, давление здесь не превышает одной миллиардной доли атмосферного.

Электронное изображение формируется электрическими и магнитными линзами примерно так же, как световое – оптическими. Магнитная линза, представляющая собой катушку с током, действует как собирающая линза, фокусное расстояние которой можно изменять, изменяя ток. Поскольку «оптическая сила» такой линзы, то есть способность фокусировать электроны, зависит от напряжённости магнитного поля вблизи оси, для её увеличения желательно сконцентрировать магнитное поле в минимально возможном объёме. Практически это достигается тем, что катушку почти полностью закрывают магнитной «броней» из специального никель-кобальтового сплава, оставляя лишь узкий зазор в её внутренней части. Создаваемое таким образом магнитное поле может быть в 10–100 тысяч раз более сильным, чем магнитное поле Земли. Проекционная система, которая соответствует окуляру, проецирует изображение объекта на люминесцентный экран или фотографическую пластинку или передаёт в компьютерную систему, где «электронное» изображение преобразуется в оптическое.

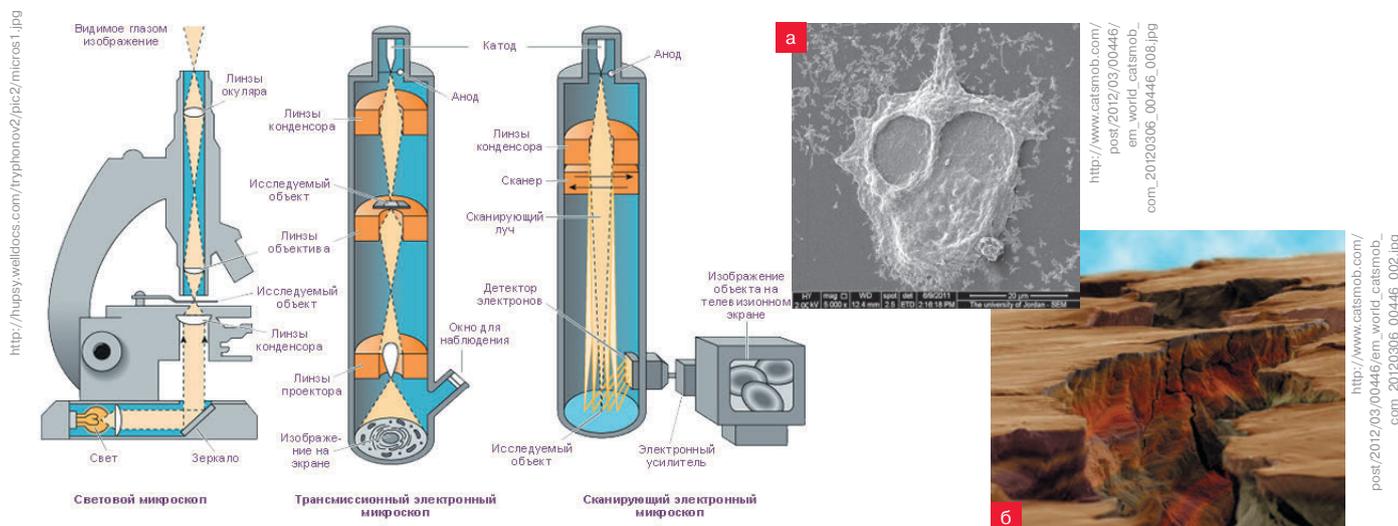
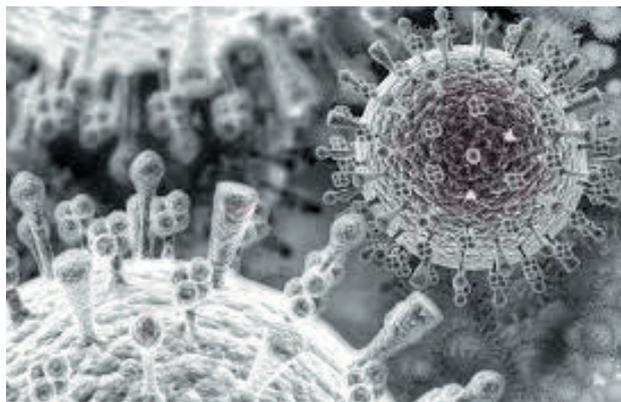


Рис. 5.5. Устройство электронного микроскопа [13] и полученные с его помощью изображения раковой клетки (а) и микротрещины в стали (б)

Существуют электронные микроскопы двух типов: просвечивающие (ПЭМ) и сканирующие растровые (РЭМ). В ПЭМ пучок электронов пронизывает исследуемый образец насквозь, так что изображение получается в проходящих электронных лучах. Понятно, что это можно сделать только с очень тонкими образцами. В РЭМ при помощи электронных линз на поверхность образца фокусируется узкий электронный пучок – зонд, диаметром единицы или десятки нанометров. Электрический сигнал, возникающий при бомбардировке объекта электронами пучка, используется для формирования изображения на экране. Магнитные отклоняющие катушки развёртывают зонд по заданной площади, так что он сканирует некоторый участок образца. При взаимодействии электронов зонда с объектом возникает несколько видов вторичных сигналов – электроны рассеянные и отражённые, проникшие сквозь поверхность на некоторую глубину, вторичные, а также рентгеновское характеристическое излучение. Любой из этих сигналов может регистрироваться соответствующим датчиком, преобразующим излучение в электрические сигналы, которые поступают в анализирующую систему компьютера или после усиления подаются на электронно-лучевую трубку и модулируют её пучок. Развёртка пучка электронно-лучевой трубки производится синхронно с развёрткой электронного зонда, и на экране наблюдается увеличенное изображение объекта.

Электронная микроскопия широко применяется в материаловедении, в биологических и медицинских исследованиях. При исследовании кристаллов современные приборы позволяют разрешать кристаллические решётки с периодом до 0,1 нм и получать на твёрдой поверхности чёткие изображения объектов размером менее 1 нм. Поскольку кристаллическая решётка сильно рассеивает электроны, изменения контраста на «электронном» изображении позволяют видеть её во всех деталях и всесторонне исследовать различные несовершенства кристалла – дислокации, дефекты упаковки, границы зёрен. Анализ вторичных сигналов позволяет выявить все тонкости химического строения объекта. Специальные методики дают возможность исследовать организацию клеток на молекулярном уровне, выявлять отдельные компоненты клетки и даже детали их строения. ПЭМ позволила выявить, например, структуры бактериофагов, расположение субъединиц в белковых оболочках вирусов. Методами усиления контраста нуклеиновых кислот удалось рассмотреть структуру молекул ДНК.



Вирус птичьего гриппа под электронным микроскопом

https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTV2p-XdmG_uM4WzscXoqFHmxOk6QR400_cy057FLxRGeedKCFQ

Литература

1. Панов В.И. Диагностика и методы исследования нанообъектов и наносистем. URL: http://nano.msu.ru/files/basics/lecture07_Panov.pdf (Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ. Лекции «Фундаментальные основы нанотехнологий в 2009 г.» Лекция 7. ГКДЖ <http://nano.msu.ru/education/courses/basics2009>)
2. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. М.: Мир, 1989.
3. Методы нанодиагностики. Основной метод диагностики наноструктур. URL: <http://olymp.ifmo.ru/nanotexnologii/uchebnyj-material/metody-nanodiagnostiki/>
4. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. М.: Техносфера, 2005. 152 с.
5. Шермергор Т., Неволин В. Новые профессии туннельного микроскопа // Наука и жизнь. 1990. № 11. С. 54–57.
6. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2005. 144 с.
7. Власов А.И., Елсуков К.А., Панфилов Ю.В. Методы микроскопии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 280 с.
8. Лекция 1. Общие принципы и возможности сканирующей зондовой микроскопии. URL: http://www.slideshare.net/Yerin_Constantine/ss-23253513
9. Суслов А.А., Чижик С.А. Сканирующие зондовые микроскопы (обзор). URL: <http://microtm.narod.ru/art-spm/art-spm.htm>
10. Использование сканирующей зондовой микроскопии для изучения наноматериалов <http://bgconv.com/docs/index-104620.html?page=7>
11. Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М.: Мир, 1975.
12. Мир под электронным микроскопом (15 фото). URL: <http://www.catsmob.com/cool/759-mir-pod-elektronnym-mikroskopom-15-foto.html>
13. Электронный микроскоп. Физическая энциклопедия. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3007

ЕЩЁ О СКАНИРУЮЩИХ ЗОНДОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОСКОПАХ

Говоря о семействе сканирующих зондовых микроскопов, следует упомянуть и сканирующий зондовый оптический ближнепольный микроскоп (СБОМ, или *SNOM* – *scanning near-field optic microscope*). Зондом в нём является заостренное оптическое волокно, сплошь покрытое непрозрачной металлической плёнкой за исключением выходного отверстия. Работа основана на использовании оптических фотонов, существующих около малого отверстия диаметром меньшим длины волны света в области ближнего поля, интенсивность которого экспоненциально затухает на расстоянии порядка длины волны света. Существуют также ёмкостные (детектируется локальная ёмкость), акустические (детектируются звуковые колебания), электрохимические (детектируются токи локальных электрохимических реакций) и другие типы СЗМ.

Становится совершенно очевидной необходимость скорейшего внедрения СЗМ в учебный процесс. С этой целью разработан СЗМ *NanoEducator*. Его отличительными особенностями являются: простота в обращении, отсутствие сложных настроек и юстировок, использование видеокамеры для визуального контроля состояния зонда, недорогой и многократно восстанавливаемый зонд, подключение электронного блока к компьютеру через *USB*-порт, возможность пользования компьютером одновременно с работой прибора, комплектация необходимыми тест-объектами.

Прибор позволяет реализовать различные методы измерений туннельной и «полуконтактной» атомно-силовой микроскопии и может использоваться не только в учебных, но и

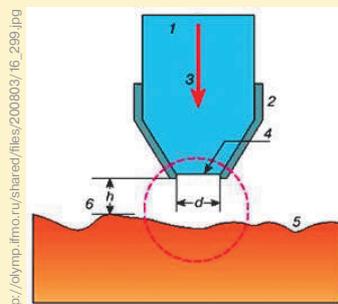


Схема волоконно-оптического ближнепольного зонда:
1 – заостренное оптическое волокно;
2 – металлическое покрытие;
3 – проходящее через зонд излучение; 4 – выходная апертура зонда $d \ll \lambda$; 5 – поверхность исследуемого образца и расстояние до зонда $h \ll \lambda$. Штрихами очерчена область ближнепольного контакта



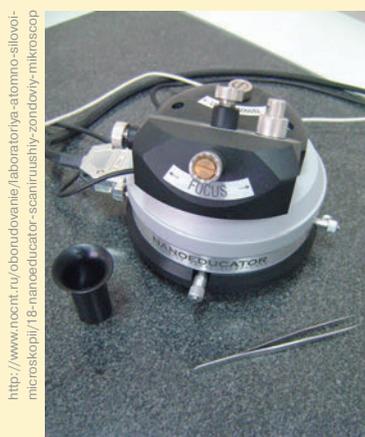
Сканирующий зондовый оптический микроскоп

в научных целях для исследования микро- и наноструктур.

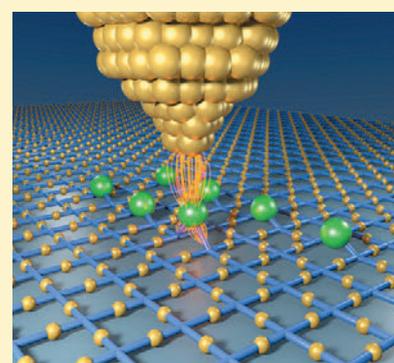
Кроме проведения исследований СЗМ позволяет модифицировать свойства поверхности: изменять по своему усмотрению топологию, заряд, химический состав, воздействуя кантилевером на образец тем или иным способом. Пример такой модификации (изменение поверхностного потенциала) схематично показан на рисунке.

По статье Тихомирова А.А. Основы сканирующей зондовой микроскопии и методы её применения в современных научных исследованиях. Приложение к журналу «Вестник РГРТУ». 2009. № 4.

URL: <http://yandex.ru/yandsearch?stypе=first&clid=1909644&text=A.A.+Тихомиров.+Основы+сканирующей+зондовой+микроскоп&lr=213>



СЗМ. *NanoEducator*, приспособленный для использования в учебном процессе. Справа – рабочее место ученика



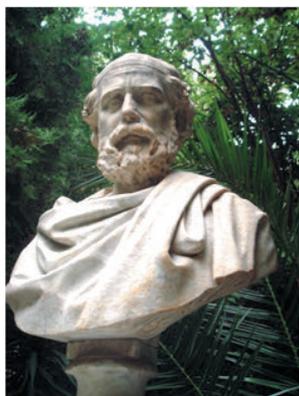
Атомарно точная сборка антиферромагнетика при помощи иглы СТМ: атомы Fe (зелёные) размещаются на подложке из CuN и связываются двумя атомами N (синие стержни) в регулярном порядке, через один атом Cu (жёлтые)

Музей Архимеда в Сиракузах



Фоторепортаж о музее Архимеда в г. Сиракузы, приведены два рассказа, связанные с великим древнегреческим учёным: «Как взвесить параболу». «Как прочитали рукопись Архимеда».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фоторепортаж, музей Архимеда, конические сечения, комбинаторика, квадрат Архимеда, параболические зеркала, методу «исчерпывания»



К.Ю. БОГДАНОВ
kbogdanov1@yandex.ru,
г. Москва

■ Это, по-видимому, единственный памятник Архимеду на его родине в Сиракузах. Он выполнен сицилианским скульптором Лучано Кампизи (*Luciano Campisi*) и установлен в городском парке. Конечно, как на самом деле выглядел Архимед, никто не знает. Не знают даже точно год его рождения и место, где он похоронен. Документы, подтверждающие какие-либо даты и события его биографии и предметы, связанные с жизнью учёного, тоже не сохранились. Известна только дата смерти – 212 год до н. э. При этом в записках одного из историков утверждается, что было ему тогда 75 лет. Все историки единодушны только в одном, что почти всю свою жизнь он прожил в г. Сиракузы на треугольном острове Сицилия в Средиземном море. Поэтому единственный в мире музей Архимеда не является музеем в обычном смысле этого слова. Цель, поставленная создателями этого музея, – познакомить посетителей с основными работами самого первого физика.

Одна из работ Архимеда посвящена коническим сечениям. Каждый посетитель может предста-

вить, что такое коническое сечение. Для этого надо встать за синий штурвал с белой шкалой, на которой нарисованы круг, эллипс, парабола и скрещивающиеся прямые и нажать на кнопку. Вы увидите, как зелёный колеблющийся лазерный луч (см. красную стрелку) рассекает конус из пластика, стоящий в тёмной части комнаты, и создаёт одно из конических сечений. В данном случае белая стрелка прибора показывает на эллипс.

Больше всего Архимед гордился тем, что вычислил отношение объёма цилиндра к объёму вписанного в него шара – получилось $3/2$. Он даже завещал нарисовать эту комбинацию фигур на своём могильном обелиске. Воля учёного была исполнена. Прошло больше века, и знаменитый римский оратор и политик Цицерон разыскал его заброшенную могилу по обелиску с чертежом цилиндра с вписанным в него шаром. Но потом она опять затерялась.

Посетители музея могут вычислить сами отношение объёма цилиндра к объёму вписанного в него шара. Прозрачный цилиндр заполнен на треть водой. В него медленно погружают висящий на нити прозрачный шар. Когда он достигает дна цилиндра, уровень воды повышается в три раза.

Одна из легенд утверждает, что Архимед, соорудив конструкцию из многих зеркал, смог поджечь корабли римского флота, сфокусировав на них солнечный свет. Поэтому в музее есть несколько экспозиций, посвящённых параболическим зеркалам.



Музей занимает первый этаж и внутренний дворик трёхэтажного здания на площади Архимеда



Определяем вид конического сечения (слева) и отношение объёма цилиндра к объёму вписанного в него шара (справа)

На фото показано устройство, которое позволяет увидеть в окошке на горизонтальном столе (стрелка 1) изображение (мираж), создаваемое двумя параболическими зеркалами. Ход лучей в этой оптической системе показан на плакате рядом (2).

На фото справа – изображение античного барельефа в круглом окошке, создаваемое системой параболических зеркал (внизу видна часть самого освещённого барельефа). Ход лучей в оптической системе показан внизу.

Считается, что Архимед заложил основы комбинаторики. Он понял, что простая игра может быть полезна для математиков. Каждый посетитель музея может испытать себя и собрать квадрат Архимеда из 14 фигур – это можно сделать одним из 536 способов, представленных в таблице рядом.

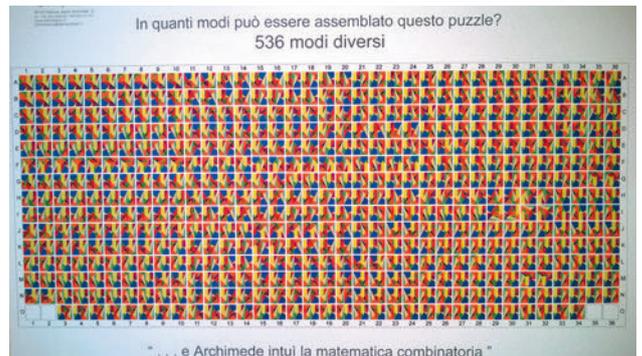
Несколько экспозиций музея посвящены числу π и методу «исчерпывания» – способу вычисления площадей (и объёмов) криволинейных фигур. Чтобы оценить площадь криволинейной фигуры, в неё вписывают последовательность многоугольников, уменьшающихся по размеру. При этом площадь фигуры считается равным пределу, к которому стремится сумма площадей этих многоугольников. Архимед вычислял длину окружности, считая, что она является пределом длины периметра вписанного в неё или описанного вокруг неё n -угольника при



Экспозиция, посвящённая параболическим зеркалам:

◀◀ мнимое изображение

▼ ход лучей



536 способов сборки квадрата Архимеда из 14 геометрических фигур



Экспозиция музея



К способу вычисления площадей (и объёмов) криволинейных фигур: вписать в фигуру последовательность многоугольников, уменьшающихся по размеру



Стена-акведук в заброшенном саду у развалин старинного дома на о. Сицилия

Пришёл Константин Юрьевич в гости к Архимеду в Сиракузах, но опоздал на 2226 лет

увеличении n . Увеличив n до 96, Архимед нашёл, что число π должно быть между 3,1408 и 3,1429.

Во дворике музея рядом с кафе расположена ещё одна экспозиция, иллюстрирующая свойства параболических зеркал. На фото видно, как два посетителя шепчутся между собой, находясь в фокусах параболических зеркал, разнесённых на расстояние около 10 м.

Филиалы музея Архимеда находятся в нескольких одноимённых пиццериях Сиракуз.

Далее читайте две заметки, связанные с работами Архимеда. ⇒



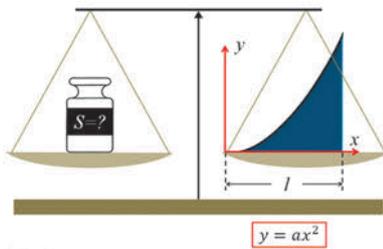
Последние минуты жизни Архимеда. Обсерватория Архенгольд, Берлин

<http://www.matematika.uroc.pl/matematyka/wzrostce/matematycy-na-sokoku>

1. КАК АРХИМЕД ВЗВЕСИЛ ПАРАБОЛУ?

«Архимед желает читателю радоваться» – так начиналась бы статья, если её автором был бы он сам. Правило рычага, сформулированное Архимедом в работе «О равновесии плоских фигур», помогло ему вычислить площадь сегмента параболы, не прибегая к интегрированию. Вычислению площади (квадратуры) сегмента параболы было посвящено письмо Архимеда Досифею в Александрию. При этом Архимед привёл два способа вычисления – геометрический и механический. С геометрическим способом, в котором площадь сегмента параболы представляют в виде бесконечной последовательности вписанных в него треугольников, можно познакомиться в статье А. Бендукидзе, опубликованной в № 7 журнала Квант за 1971 г. Механический способ, который некоторые называют *механическим интегрированием*, приведён ниже в популярном изложении.

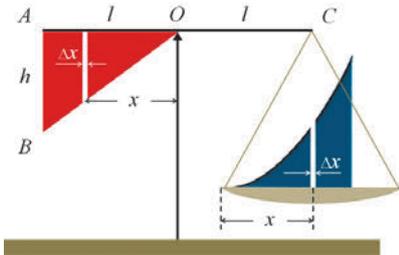
Нарисуем параболу $y = ax^2$ на листе плотной бумаги и вырежем часть листа между кривой и осью x в диапазоне от $x = 0$ до $x = l$. Теперь положим вырезанную параболу



на правую чашу чашечных весов (см. синюю фигуру на рисунке) и уравновесим её грузом на левой чаше. Очевидно, если знать вес

единицы площади использованного листа бумаги, то по «весу параболы» можно узнать её площадь S .

Чтобы найти зависимость «веса параболы» от a и l , вместо левой чаши прикрепим к рычагу треугольник AOB , вырезанный из той же бумаги.



При этом задачу сформулируем несколько другим образом: какой должна быть площадь треугольника AOB

в состоянии равновесия, считая вес самой чаши и тросиков пренебрежимо малым?

Решим эту задачу с помощью правила рычага, применяя его к выделенным белым цветом вертикальным фрагментам треугольника и параболы. Если считать ширину фрагмента равной Δx , то равенство моментов сил относительно точки O слева и справа даст следующее уравнение:

$$h \frac{x}{l} \cdot \Delta x \cdot x = ax^2 \cdot \Delta x \cdot l,$$

откуда после простых преобразований следует: $h = al^2$, а значит, площадь искомого треугольника равна $S_{AOB} = \frac{al^3}{2}$.

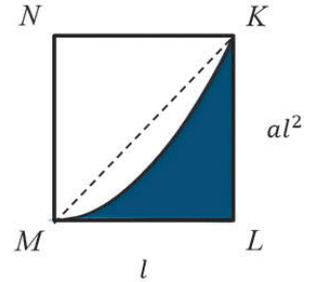
Известно, что центр тяжести любого треугольника находится в точке пересечения медиан, которая их делит в отношении 2 : 1. Поэтому плечо силы тяжести треугольника AOB относительно т. O равно $\frac{2}{3}l$.

Напишем теперь правило рычага для всех сил, действующих слева и справа в состоянии равновесия. Слева действует сила тяжести треугольника, пропорциональная S_{AOB} , с плечом $\frac{2}{3}l$. Справа – неизвестный вес параболы S с плечом l . Равенство моментов сил при равновесии даёт следующее уравнение: $\frac{al^3}{2} \cdot \frac{2}{3}l = S \cdot l$, откуда

следует, что площадь параболы $S = \frac{al^3}{3}$.

На рисунке параболы KLM вписана в прямоугольник $KLMN$. Из выражения для S_{AOB} следует, что площадь под параболой составляет $1/3$ площади этого прямоугольника.

Таким образом, применив правило рычага, Архимеду и без применения интегрального исчисления удалось определить площадь криволинейной фигуры или, как говорят, *определить квадратуру параболы* – найти прямоугольник равной площади. Поэтому этот метод часто называют *механическим интегрированием*.



Все свои письма, содержащие научные работы, Архимед кончал одинаково – «Будь здоров!». К этому присоединяюсь и я.

2. КАК ЖЕЛЕЗНЫЕ ЧЕРНИЛА СПАСЛИ КОДЕКС АРХИМЕДА.

Архимед писал свои сочинения на папирусе. Такие рукописи были недолговечны, и поэтому оригиналы не сохранились. Чтобы сохранить интересные тексты для истории, их постоянно переписывали со старого папируса на новый, а потом и на более долговечный пергамент – лист для письма, сделанный из кожи животных. При этом рукопись на нескольких листах пергамента стали называть *кодексом*. Переход от папирусов к кодексам был революцией – это был переход от двумерного метода записи к трёхмерному.

До начала XX в. были известны три кодекса Архимеда (A , B и C), написанные в X в. в Константи-



Исходный вид пергамента (слева), страница в УФ-лучах (виден рисунок спирали Архимеда) и в рентгеновских лучах (справа)

нополе, по-видимому, с оригинальных рукописей на папирусе, но все они к тому времени были утеряны. Последние упоминания о кодексах *A* и *B* содержатся в каталоге библиотеки Ватикана, составленном в 1311 г. Кодекс *C* исчез спустя некоторое время после падения Константинополя во время четвёртого крестового похода в 1204 г.

16 июля 1907 г. на первой странице газеты «*New York Times*» сообщалось, что кодекс *C* Архимеда найден. Профессор из Копенгагена Й. Хайберг (*Johan Ludvig Heiberg*, 1854–1928) обнаружил в одном из монастырей Константинополя кодекс, содержащий греческие молитвы, которые были написаны поверх почти стёртых трудов Архимеда. С тех пор единственную сохранившуюся рукопись Архимеда стали называть *Палимпсестом Архимеда*. Палимпсест – это рукопись на пергаменте поверх смытого или соскоблённого текста. Вот, как выглядит Палимпсест Архимеда, дошедший до нас.

К сожалению, значительная его часть скрыта религиозными текстами, и учёный с помощью лупы тогда не смог разобрать содержание всех текстов Архимеда. Только спустя сто лет сначала с помощью ультрафиолетового (УФ) излучения, а потом и более мощных методов начали раскрывать всё больше и больше из наследия Архимеда. Вот как выглядит страница из рукописи Архимеда, где была нарисована спираль Архимеда, в УФ-лучах.

На следующем рисунке показано изображение другой страницы кодекса, полученное в рентгеновских лучах. Вертикальные строчки – молитвы, написанные поверх горизонтальных (красных) строчек X в. – оригинала Архимеда. Способность рентгеновских лучей регистрировать полустёртые буквы X в. объясняется тем, что чернила содержали атомы железа, и вот почему.

В средневековой Европе на пергаменте писали чаще всего чернилами на основе чернильных орешков дуба. Красителем для этих чернил был сульфат железа (FeSO_4), похожий по цвету на ржавчину, который получали, обрабатывая, например, железные гвозди серной кислотой. К нему добавляли экстракт из чернильных орешков дуба, содержащий дубильную кислоту (таннин), в результате чего образовывалась водорастворимая соль железа дубильной кислоты.

Для придания необходимой вязкости к чернилам добавляли какой-нибудь загуститель, например, камедь аравийскую (гуммиарабик). Такие чернила имели высокую адгезию по отношению к пергаменту. Кроме того, так как краситель был растворим в воде, то он проникал в микрощели пергамента. Однако после нанесения чернил на пергамент при взаимодействии с кислородом краситель выпадал в осадок, уже находясь в микротрещинах пергамента. В результате, всё написанное на пергаменте такими чернилами уже нельзя было стереть или смыть водой – только соскоблить.

Рентгеновское излучение используют для определения химического состава вещества. Если вещество состоит из лёгких атомов, например, водорода или гелия, то такое вещество прозрачно для рентгеновских лучей. Чем тяжелее атомы, тем больше электронов они содержат, тем больше рентгеновских лучей они задерживают. Кости человека содержат тяжёлые атомы кальция, у каждого из которых 20 электронов. Поэтому врач в рентгеновском кабинете хорошо видит наши кости, так как они поглощают рентгеновские лучи лучше, чем мышцы, кожа и остальные органы.

Атом железа довольно тяжёлый и содержит 26 электронов, а пергамент состоит из лёгких атомов – водорода, углерода, азота и кислорода. Поэтому атомы железа гораздо больше поглощают рентгеновские лучи, чем атомы пергамента, и становятся видны на его фоне. Таким образом, рентгеновское излучение помогло восстановить полустёртые рукописи Архимеда.

Презентацию «Наш Архимед: между физикой, математикой и бесконечностью» см. в ЭП.

Рефераты электронных публикаций



АЛЕКСЕЕВА Е.В. n-ever@ya.ru (ЧУ Первая школа, г. Москва) • **«Физика вокруг нас».** Окончание пропедевтического учебного курса, 5–6 кл. (первый год обучения), 34 еженедельных получасовых (20–25 мин) занятия во внеурочное время. Пояснительная записка и полный комплект учебного материала к последним темам **блока 5 «Световые и звуковые явления»**, изучаемым в мае – мультимедийные презентации с видеофрагментами в сопровождении послайдового текста к каждой теме: **5.4. Цвет** (Интересные факты о цветовом зрении человека. Дальтонизм. Цветовое зрение животных); **5.5. Звук** (Громкость и высота тона. Энергия звука. Эхо. Инфра- и ультразвук. Голосовой и слуховой аппараты человека); **5.6. Занимательная физика** (Окружающий мир глазами физика). 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.

БРАЖНИКОВ М.А. birze@inbox.ru (МПГУ, г. Москва). **Становление методики обучения физике в России на рубеже XIX и XX вв. как науки.** Элективный курс для студентов, будущих учителей физики, обучающихся по направлению «Педагогическое образование». Представлены материалы (презентация и пояснения к слайдам) к трём лекциям, посвящённым становлению расчётных и качественных задач в курсе физики средней школы. Рекомендуется учителям для самообразования и использования на уроках.

ГУДЕНКО Е.В. eviktorovna@mail.ru (ГБОУ СОШ № 814, г. Москва). **«Школьная лига РОСНАНО» на форуме «Открытые инновации. 2013».**

ЗИЯТДИНОВ Ш.Г. shamilzg@gmail.com (ГОУ ВПО Бирский филиал БГУ, г. Бирск, Респ. Башкортостан). **«Физическая экология».** Предложена авторская программа элективного курса «Физическая экология» (36 ч – 18 ч лекций и 18 ч семинара), приведён список наиболее доступной для учителей и учащихся литературы (122 работы из журнала «Физика» ИД «Первое сентября» и 69 из журнала «Физика в школе»), а также ряд авторских разработок, которые могут быть полезными при организации элективного курса. Рассмотрены вопросы о месте и роли экологических проблем в общественной жизни страны, о системе экологического образования (ЭО) молодёжи. Как показывает анализ научно-методической литературы и данных ВЦИОМ, интерес общественности к экологическим проблемам падает. Вместе с тем подавляющее большинство респондентов (учителя, работники системы образования) ратует за необходимость школьного ЭО учащихся, считая его наиболее эффективным звеном ЭО всего населения. Показана возможность такого ЭО, например, в рамках элективных курсов с использованием как традиционных, так и инновационных способов, различных форм аудиторной и внеклассной работы (включая новые ИТ, творческую проектную деятельность учащихся).

Предложенный элективный курс «Физическая экология» носит интегративный и межпредметный (метапредметный) характер. Целью курса является формирование экологического мировоз-

зрения учащихся – важнейшей составляющей общего мировоззрения современного человека. Рассмотрены основные принципы и законы экологии, установлены причинно-следственные связи экологических проблем современности, роль физических факторов в общей экологической обстановке в окружающей среде, указано место физики в курсе экологии, принципы рационального природопользования, необходимость ЭО молодёжи в условиях современного НТП и становления общества устойчивого развития. В связи с тем, что изучение курса предполагает довольно большой объём знаний из курсов физики, математики, биологии и химии, изучение элективного курса рекомендуется в выпускном 11-м классе профильной школы. Отмечено, что энтузиастами ЭО накоплен большой объём теоретического и практического материала, разработаны эффективные формы и методы ЭО учащихся при обучении физике.

ПИГАЛИЦЫН Л.В. Народный учитель России levpr@ Rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.). **МикроЭВМ «Ардуино» в школьном физическом эксперименте.** 5. Работа с аналоговыми входами (*продолжение, см. № 10–12/2013, 2/014*).

СУХАНЬКОВА Е.П. elena517@mail.ru (МОУ СОШ № 12 им. Героя Советского Союза И.Н. Машкарин, г. Орёл). **Влажность.** План-конспект урока повторения и обобщения с применением интерактивной доски, 10 кл. Обеспечивается формирование устойчивых навыков и умений работы как с понятиями «влажность воздуха», «насыщенный и ненасыщенный пар», «точка росы» и решением задач на них, так и с практическим определением влажности воздуха на основе знаний устройств и принципов действия приборов (цифровым датчиком, психрометром, конденсационным, волосным и аспирационным гигрометрами). Приводятся задачи (с решениями), встречающиеся в вариантах заданий КИМ ЕГЭ. Учащиеся работают то индивидуально, то в парах, то в группах. Разноуровневые задания даются на карточках (подборки из задачников). Оценки выставляются самими учащимися на листах самоконтроля.

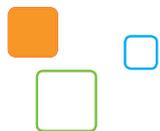
КОРПОРАЦИЯ INTEL. Пресс-релизы: • 7 наград российских старшеклассников на международном научно-инженерном конкурсе Intel@ISEF-2014: Екатерина Куценок (г. Москва), 2-е место в секции «Химия»; Николай Мостовской (г. Санкт-Петербург), 3-е место в секции «Математика» и Поощрительный сертификат от Американского математического общества; Соколов Максим, Кустарева Анна (г. Нижний Новгород), 4-е место в секции «Компьютерные науки» с работой «Переводчик жестов: интерфейс с человеком» и Поощрительный сертификат от Ассоциации искусственного интеллекта; Чернядев Никита, Ходебко Дмитрий, Шкитилев Александр (г. Нижний Новгород) с работой «Цифровой бутерброд» – 1-е место от Американской ассоциации по защите прав интеллектуальной собственности и Специальный приз Китайской ассоциации по науке и технике • **Новые STEM-центры** (Science-Technology-Engineering-Mathematics) • **Lenovo Miix 2 10”** • **Проект «Классный возраст»** по развитию цифровой грамотности населения.

Хорошие цены на отличное оборудование

MimioClassroom

Комплекты для интерактивного класса

АКЦИЯ



Интерактивная доска MimioBoard ME78

Размер доски 155x116 см (диагональ 78"). Управление стилусом, инфракрасно-ультразвуковая технология позиционирования. Износостойкая магнитная поверхность ceramicsteel™. Работа в проводном и беспроводном режимах. ПО для Windows, Mac OS и Linux.



Система голосования MimioVote 32

Обеспечивает подготовку и проведение тестирования, автоматически производит проверку работ и упрощает выставление оценок. Журнал ответов и оценок по отдельным ученикам и в целом по классам. Беспроводные пульты, заряжаемые на специальной док-станции перенумеровываются автоматически. 32 пользователя.

Цена комплекта

• **69 900 руб.**

~~122 400 руб.~~

Mimio Classroom — весь спектр интерактивного оборудования для современной школы



MimioBoard
Стационарная
интерактивная доска



MimioTeach
Интерактивная
приставка
к обычной
классной доске



MimioVote
Создание и проведение
тестов и контрольных



MimioView
Документ-камера
с переходником
для микроскопа



MimioProjector
Интерактивный проектор

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

Поздравляем с юбилеем!

Ольга Михайловна Заборьева родилась и училась в г. Баку. Окончив пединститут в 1975 г., преподавала физику в бакинской школе-новостройке № 86. Постепенно классная комната превратилась в кабинет физики. Повезло с коллегами и методистами – было много молодых, увлечённых работой коллег, которые хотели стать хорошими учителями и поэтому брались за всё новое: систему Шаталова, использование ТСО, фронтальные экспериментальные задания на каждом уроке... В 1991 г. семья переехала в г. Волжский Волгоградской области.

На центральной площади города встретился лозунг: «Волжский – город моей судьбы». И это стало именно так, ведь даже даты рождения у них совпадают – 22 июля 1954 г.

В школе № 11, а затем в школе № 30 г. Волжского Ольга Михайловна начала осваивать преподавание углублённого курса физики. Это было напряжённое, но очень интересное время. В таких классах учатся интересующиеся, одарённые, творческие дети. И учителю необходимо соответствовать высоким стандартам. Напряжённый труд дал результаты. Ежегодно не менее 99% выпускников успешно выдерживают конкурсные экзамены в различные вузы России: МГУ им М.В. Ломоносова, МФТИ, МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Волгоградский политехнический и так далее. Подготовила более 100 победителей и призёров российских олимпиад, шесть 100-балльников по централизованному тестированию, пять 100-балльников по ЕГЭ.

Призёрами заключительного этапа Всероссийской олимпиады стали её ученики – *Артём Сыроватский*, *Павел Светличный* (2006, 2007 гг.) и *Иван Матвеев* (2012, 2013 гг.).

Школа для Ольги Михайловны – это не только работа, и не просто работа – это часть жизни, средство самовыражения. Её первый разряд по настольному теннису – это клуб «Пинг-понг» в школе, увлечение танцами – это победы детей в смотрах ху-



22.07.2014

дожественной самодеятельности. Всё, что она любит и умеет делать, приносит в школу: книги, стихи, бардовские песни. Физика – не простой предмет, а процесс обучения должен быть радостным. И поэтому, готовя каждый урок, Ольга Михайловна ищет что-то необычное: удачный афоризм по теме, занимательный анекдот, подходящую притчу или исторический факт. Занимательность – это осознанное и устойчивое педагогическое кредо, направленное на борьбу с перегрузками учеников. Для поддержания интереса к предмету Ольга Михайловна ведёт

большую внеклассную работу: физические вечера, игры, конкурсы. С целью обмена опытом регулярно проводит открытые уроки для учителей школ города, студентов Волгоградского ГПУ, участвует в научно-практических конференциях «Современные эффективные технологии обучения физике». Неоднократно участвовала в конкурсе нашего журнала (тогда ещё газеты) «Я иду на урок» и трижды становилась победителем.

В 1989 г. ей присвоено звание «учитель-методист», в 1995 г. – «Отличник народного просвещения», в 2003 г. – государственная награда «Заслуженный учитель РФ». Дважды Ольга Михайловна становилась победителем Всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России», она 5-кратный победитель всероссийских конкурсов учителей физики и математики фонда Дмитрия Зимина «Династия» в номинации «Наставник будущих учёных». Девиз педагога: «Счастливее тот, кто достигает, а не тот, кто достиг».

У Ольги Михайловны много благодарных учеников. Именно это помогло ей стать полным Соросовским учителем. Её надёжный тыл – семья. Спасибо родителям, особенно маме, Валентине Кузьминичне Сапуновой, мудрой женщине с непростой судьбой. С любимым мужем вырастили двоих замечательных детей. А внучка Маша – самая большая радость в жизни.

*Желаем Ольге Михайловне здоровья,
оптимизма, успехов и удачи!
Вы блестящий учитель, у Вас прекрасные ученики!*



ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

(с учетом требований ФГОС)

До 30 сентября производится прием заявок на 2014/15 учебный год

образовательные программы:

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

Стоимость – 3990 руб.

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

Стоимость – 3390 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

2014/15 учебный год

«Школа цифрового века» открыта!

Участие образовательной организации в проекте обеспечивает каждого педагога современными предметно-методическими материалами и возможностью подтвердить или повысить квалификацию без отрыва от работы в школе

Стоимость участия образовательной организации в проекте – 6 тысяч рублей за весь учебный год. Стоимость участия не зависит от количества педагогических работников в образовательной организации

Каждый педагог получает доступ ко всем материалам проекта по принципу «все включено» (без дополнительной платы)

МАТЕРИАЛЫ ПРОЕКТА

- **23 предметно-методических журнала** по всем предметам и направлениям школьной жизни плюс журнал для родителей
- **Модульные дистанционные курсы*** из циклов «Навыки профессиональной и личной эффективности педагога» и «Инклюзивный подход в образовании»
- **Дистанционные 36-часовые курсы**** повышения квалификации с выдачей удостоверения установленного образца
- **Методические брошюры** по всем школьным предметам

digital.1september.ru

Продление участия в проекте
и прием новых заявок продолжается

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

1september.ru
издательский дом «Первое сентября»


ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

* в течение указанного срока предоставляются без ограничения количества

** предоставляются по одному курсу для одного педагогического работника в течение одного учебного года (выбор конкретного курса – на усмотрение педагога)