ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 11 (968)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

fiz.1september.ru

№ 11

Открытый урок, 9 класс:
Закон всемирного тяготения
с. 4

Итоги ОГЭ по физике,
г. Москва
с. 21

Юлиус Роберт Майер
с. 43, 60

Глобальное потепление –
миф или реальность?
с. 48

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

издательский дом 1september.ru
Первое сентября
ноябрь 2014

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

В номере

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»

4–6 Т.Ю. Карпинцова
Закон всемирного тяготения. 9 кл.

УЧЕБНЫЕ ЗАНЯТИЯ

7–13 О.Г. Надеева, А.Н. Паюсова
Двигатель внутреннего сгорания и охрана окружающей среды. 10 кл.

ЭКСПЕРИМЕНТ

14–16 О.М. Тарасов
Опыты с прохождением электрического тока в тонком жидком слое

МЕТОДИКА

17–20 М.И. Резниченко
Система обучения работе с физическим текстом

ДОКУМЕНТЫ

21–25 Е.Е. Камзеева
Итоги ОГЭ по физике в г. Москве

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

26–27 Е.В. Алексеева
Как разработать пропедевтический курс по физике

52–53 Т.Ю. Кузьмичёва
Физика планеты Земля (элементарные основы): элективный курс

54–60 Н.В. Латухина
Физические основы нанотехнологий. Лекция 7

60–61 Рефераты электронных публикаций

ПОРТФОЛИО

28–29 А.Ю. Китай
Определение качества бензина оптическим методом

АСТРОНОМИЯ

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

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

32–33 С. Дворянинов
У нас в гостях журнал «Квантик»: Центр тяжести

36–38 В.Ф. Карташов
Цветная Вселенная: 7. Разноцветные спутники планет

42 Н.Д. Козлова
«ЕГЭ» по-американски

АБИТУРИЕНТУ

39–42 В.М. Буханов, Е.А. Вишнякова, А.В. Грачёв и др.
Олимпиада «Ломоносов-2013/2014»

НАУКА И ТЕХНИКА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

43–47 С.В. Багоцкий
Врач, первым увидевший новую физику

48–51 Проф. Н.В. Короновский
Глобальное потепление – миф или реальность?

ЮБИЛЕИ НАШИХ АВТОРОВ

62 Поздравляем с юбилеем Александру Ивановну Петрову

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»

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор: Артем Соловейчик (генеральный директор)
Коммерческая деятельность: Константин Шмарковский (финансовый директор)
Развитие, IT и координация проектов: Сергей Островский (исполнительный директор)
Реклама, конференции и техническое обеспечение Издательского дома: Павел Кузнецов
Производство: Станислав Савельев
Административно-хозяйственное обеспечение: Андрей Ушков
Педагогический университет: Валерия Арсланьян (ректор)

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Английский язык – А.Громушкина,
Библиотека в школе – О.Громова,
Биология – Н.Иванова,
География – и.о. А.Митрофанов,
Дошкольное образование – Д.Тюттерин,
Здоровье детей – Н.Сёмина,
Информатика – С.Островский,
Искусство – О.Волкова,
История – А.Савельев,
Классное руководство и воспитание школьников – М.Битянова,
Литература – С.Волков,
Математика – Л.Рослова,
Начальная школа – М.Соловейчик,
Немецкий язык – М.Бузоева,
ОБЖ – А.Митрофанов,
Русский язык – Л.Гончар,
Спорт в школе – О.Леонтьева,
Технология – А.Митрофанов,
Управление школой – Е.Рачевский,
Физика – Н.Козлова,
Французский язык – Г.Чесновицкая,
Химия – О.Блохина,
Школа для родителей – 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 10.09.14, фактически 10.09.14 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 (495) 988-63-76

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

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

Только в физике соль!

ФИЗИКА

Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания

Издаётся с 1992 г.
Выходит один раз в месяц

РЕДАКЦИЯ:
Главный редактор:
Нана Дмитриевна Козлова
8-919-104-5657
Консультанты:
И.Д. Воронова,
В.А. Козлов,
Н.Ю. Милюкова,
Т.А. Соловейчик,

Корреспонденты:
Е.В. Гуденко
Ж.В. Чопорова
Дизайн макета:
И.Е. Лукьянов
Корректура и набор:
И.С. Чугреева
Вёрстка:
Д.В. Кардановская

Иллюстрации: Фотобанк Shutterstock, если не указано иное

Журнал распространяется по подписке
Цена свободная Тираж 18 000 экз.
Тел. редакции: **(499) 249-2883**
E-mail: **fiz@1september.ru**
Internet: **fiz.1september.ru**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Н.Д. Козлова – председатель, **Л.Э. Генденштейн** (к.ф.-м.н., ИСМО РАО), **М.Д. Даммер** (проф., д.п.н., ЧГПУ, г. Челябинск), **М.Ю. Демидова** (к.п.н., МЦКО, 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**

«Зимы ждала, ждала природа…»

Всё как положено. Стемнело.
А помню раньше, в ноябре,
Земля давно уже белела,
И стыли лужи поутру,
И руки мёрзли на ветру,
Светило солнце, но не грело.

Теперь запуталась природа.
Куда-то делись холода,
Зима теплее год от года,
А снега перестали ждать,
И шубы можно продавать,
И что-то врёт прогноз погоды.

Во всё мы верим словно дети:
Что время новое идёт,
Что изменилось всё на свете,
Что сдвинулась земная ось,
И в небе что-то не сошлось,
Про новый климат на планете.

На стенке календарь обычный.
В душе опять морозов ждём.
Без снега как-то неприлично,
Без лыж, без горки во дворе
И без узоров на стекле,
С травой зелёной в ноябре
Встречать декабрь непривычно.

Павлова Лена
http://www.liveinternet.ru/users/3257097/post113134550/

Закон всемирного тяготения

Приведён сценарий открытого урока объяснения нового материала, 9 кл.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», сила всемирного тяготения, Исаак Ньютон, закон всемирного тяготения

Открытый урок, 9-й класс

Т.Ю. КАРПИНЦОВА
tata-2486@yandex.ru,
МАОУ Одинцовский лицей № 2,
г. Одинцово, Московская обл.

Цель урока: изучение закона всемирного тяготения; введение понятия гравитационной постоянной; решение задач базового уровня на применение формулы закона всемирного тяготения.

Задачи урока: • образовательные – сформировать понятие гравитационных сил; показать универсальный характер закона всемирного тяготения; познакомить с опытным определением гравитационной постоянной • развивающие – развивать речь, мышление; совершенствовать умственную деятельность (анализ, синтез, способность наблюдать, делать выводы, выделять существенные признаки объектов, выдвигать гипотезы, проверять результаты) • воспитательные – формировать систему научных взглядов на мир; воспитывать интерес к творческий и исследовательский работе.

Оборудование: компьютер (ноутбук), видеопроектор, экран, презентация и раздаточный материал, подготовленная учителем заготовка задач на ватмане.

Педагогические технологии: ИКТ, групповые.

Ход урока

I. Организационный этап (1 мин)

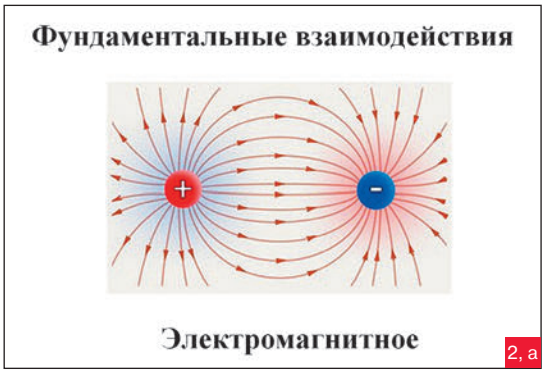
Учитель. Здравствуйте, садитесь. Сегодня у нас урок изучения нового материала. Тема урока: закон всемирного тяготения. Эпиграф (*слайд 1*): «Сила, а не общественное мнение правит миром, но мнение использует эту силу». Б. Паскаль*.

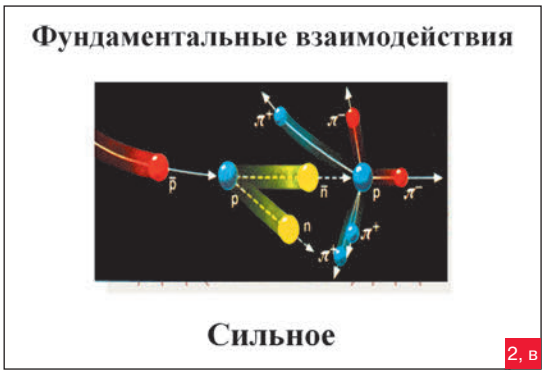
II. Объяснение нового материала (20 мин)

Из курса физики 7–9-го классов вам известно, что существует 4 вида взаимодействий (*слайд 2*): электромагнитное, слабое, сильное и гравитационное [1].

Сегодня мы остановимся подробно на одном из этих видов – гравитационном (*слайд 3*). Гравитационное взаимодействие – это взаимодействие, свойственное всем телам Вселенной и проявляющееся в их взаимном притяжении друг к другу. Осуществляется гравитационное взаимодействие посредством особого вида материи – гравитационного поля.

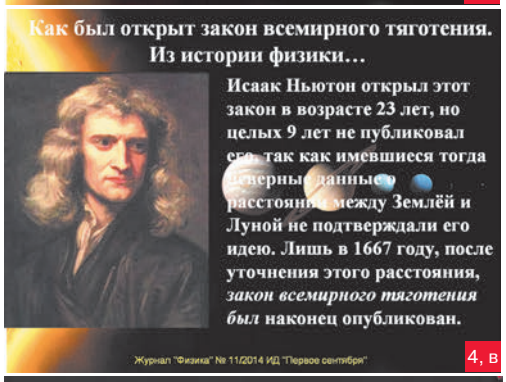
Отметим основные моменты истории открытия закона тяготения (*слайд 4*):

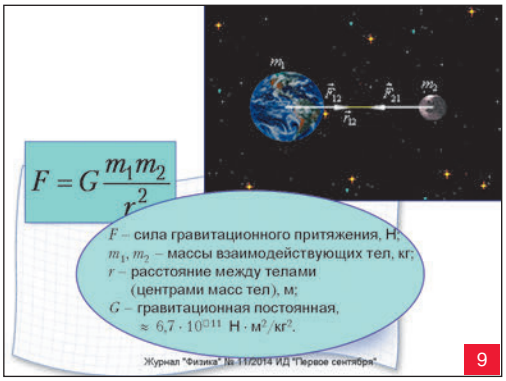




Презентация и раздаточный материал (карта урока, тексты качественных и расчётных задач по группам, рисунки домашнего задания) приведены в ЭП. – *Ред.*

*Материал из Викицитатника http://ru.wikiquote.org/wiki/Сила. – *Ред.*





• Первые высказывания о тяготении как о всеобщем свойстве тел относятся к античности.

• Датский астроном Тихо Браге (1546–1601), долгие годы проводивший астрономические наблюдения, обработал и систематизировал огромное количество данных о движении планет.

• Иоганн Кеплер (1571-1630), используя теорию Коперника о гелиоцентрической системе и результаты наблюдений Тихо Браге, установил законы движения планет вокруг Солнца.

• Исаак Ньютон открыл закон всемирного тяготения в возрасте 23 лет, но целых 9 лет не публиковал его, так как имевшиеся тогда неточные данные о расстоянии между Землёй и Луной не подтверждали его идею. Лишь в 1667 г., после уточнения этого расстояния, он решил представить закон всемирного тяготения публике. Ньютон предположил, что ряд явлений, казалось бы не имеющих между собой ничего общего (падение тел на Землю, обращение планет вокруг Солнца, движение Луны вокруг Земли, приливы и отливы), вызваны одной причиной. Окинув единым мысленным взором «земное» и «небесное», Ньютон предположил, что существует единый закон всемирного тяготения, которому подвластны все тела во Вселенной – от яблок до планет (*слайд 5*) [2]!

В 1667 г. Ньютон высказал предположение, что между всеми телами действуют силы взаимного притяжения, которые он назвал *силами всемирного тяготения* (*слайды 6, 7*):

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг; r – расстояние между ними (вернее, между центрами масс тел), м; G – константа, или универсальная гравитационная постоянная.

• Английский физик Генри Кавендиш в 1797–1798 гг. экспериментально измерил силу притяжения между двумя объектами и определил среднюю плотность Земли (*слайд 8*). Позже по его данным была вычислена гравитационная постоянная G, довольно близкая к современным данным*:

G – универсальная гравитационная постоянная, численно равная силе гравитационного притяжения двух тел массой 1 кг каждое, находящихся на расстоянии 1 м одно от другого.

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2.$$

Сила взаимного притяжения всегда направлена вдоль прямой, соединяющей тела (*слайд 9*).

Закон всемирного тяготения имеет определённые границы применимости (*слайд 10*). Он справедлив для: • материальных точек • тел, имеющих форму шара • шара большого радиуса, взаимодей-

*Кавендиш, Генри https://ru.wikipedia.org/wiki/ Кавендиш,_Генри; Гравитационная постоянная https://ru.wikipedia.org/wiki/ Гравитационная_постоянная. – *Ред.*

ствующего с телами, размеры которых много меньше размеров этого шара. Сила тяготения очень мала и становится заметной только тогда, когда хотя бы одно из взаимодействующих тел имеет очень большую массу (планета, звезда) [3].

Как вы думаете по какой траектории будут двигаться тела под действием силы всемирного тяготения (*слайд 11*)? (*Выслушивает предположения учащихся, подводит к правильному ответу.*)

Физкультминутка: Зарядка для глаз и рук (1 мин)

III. Закрепление (5 мин)

(*Учитель делит учащихся на 4 группы и предлагает им качественные вопросы.*)

Группа 1 [4]: • Почему мы замечаем силу притяжения всех тел к Земле, но не замечаем взаимного притяжения между самими этими телами? • Как двигались бы планеты, если бы сила притяжения Солнца внезапно исчезла? • Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r и притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю F. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $2m$, масса другого $m/2$, а расстояние между их центрами $r/2$? (*Ответ.* Увеличится в 4 раза, то есть будет равна $4F$.)

Группа 2 [4]: • Как двигалась бы Луна, если бы вдруг прекратилось её обращение вокруг Земли? • Притягивает ли Землю стоящий на её поверхности человек? летящий самолёт? космонавт, находящийся на орбитальной станции? • Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r и притягиваются друг к другу с силой, равной по модулю F. Каков будет модуль силы гравитационного притяжения этих шариков, если массу одного увеличить в 2 раза, а масса другого уменьшить в 4 раза? (*Ответ.* Уменьшится в 2 раза, то есть будет равна $F/2$.)

Группа 3 [4]: • Некоторые тела (воздушные шары, дым, самолёты, птицы) поднимаются вверх, несмотря на тяготение. Как вы думаете, почему? Нет ли здесь нарушения закона всемирного тяготения? • Что нужно сделать, чтобы увеличить силу тяготения между двумя телами? • Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r и притягиваются друг к другу с силой, равной по модулю F. Каков будет модуль силы гравитационного притяжения этих шариков, если массу одного из них увеличить в 4 раза, а расстояние между их центрами уменьшить в 2 раза? (*Ответ.* Увеличится в 16 раз, то есть будет равна $16F$.)

Группа 4 [4]: • Какая сила вызывает приливы и отливы в морях и океанах Земли? • Почему мы не замечаем гравитационного притяжения между окружающими нас телами? • Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r и притягиваются друг к другу с силой, равной по модулю F. Каков будет модуль силы гравитационного притяжения этих шариков, если массу одного уменьшить в 4 раза, а расстояние между их центрами увеличить в 2 раза? (*Ответ.* Уменьшится в 16 раз, то есть будет равна $F/16$.)

Расчётные задачи ([5], 15 мин)

(*Учащиеся в группах получают заготовку задач на ватмане и решают их в группе, используя формулы, демонстрируемые на слайдах 12, 13. Затем по одному от каждой группы выходят к доске с ватманом, на котором написано решение, и объясняют решение данной задачи.*)

1. Космический корабль массой 8 т приблизился к орбитальной космической станции массой 20 т на расстояние 500 м. Найдите силу их взаимного притяжения. (*Ответ.* 0,04 мкН.)

2. На каком расстоянии сила притяжения между двумя телами массой по 1000 кг каждое будет равна $6{,}67 \cdot 10^{-9}$ Н? (*Ответ.* 100 м.)

3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 0,1 м друг от друга и притягиваются с силой $6{,}67 \cdot 10^{-15}$ Н. Какова масса каждого шарика? (*Ответ.* 0,001 кг.)

4. С какой силой притягиваются два вагона массой по 80 т каждый, если расстояние между ними 1000 м? (*Ответ.* $4{,}3 \cdot 10^{-7}$ Н.)

IV. Подведение итогов (2 мин)

Учитель. С каким законом природы мы сегодня познакомились? От каких величин зависит сила всемирного тяготения? Сколько тел минимально участвует в гравитационном взаимодействии? А теперь скажите: с какой силой человек массой 70 кг притягивает Землю, если он сам притягивается к Земле с силой 700 Н?

(*Рефлексия, работа с таблицей.*)

Фамилия, имя	Что знал?	Что узнал?	С чем не согласен?	Что непонятно?

Домашнее задание

[6] § 33, с. 83: заполнить таблицу. Составить вопросы к рисункам 1, 2 [7] (*слайд 14*) и дать ответы.

Литература (см. ЭП).

Татьяна Юрьевна Карпинцова – учитель физики I квалификационной категории, окончила факультет физики и информационных технологий МПГУ в 2008 г., педагогический стаж 5 лет. Участник конкурса «Учитель года-2013». Педагогическое кредо – по В.О. Ключевскому: чтобы быть хорошим преподавателем, нужно любить то, что преподаёшь, и любить тех, кому преподаёшь! Замужем. Любимые занятия на досуге: вышивание крестиком, скрапбукинг, квилинг.

Двигатель внутреннего сгорания и охрана окружающей среды

Приведён сценарий дидактической игры-соревнования межпредметного (ФИЗИКА + АНГЛИЙСКИЙ) характера, 10 кл.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дидактическая игра-соревнование, внеклассное занятие, ФИЗИКА + АНГЛИЙСКИЙ, двигатель внутреннего сгорания, охрана окружающей среды

Дидактическая игра-соревнование межпредметного характера, 10-й класс

О.Г. НАДЕЕВА
nadeeva@mail.ru,
А.Н. ПАЮСОВА
tgofla@yandex.ru,
Институт физики, технологии и экономики
УрГПУ, г. Екатеринбург

Введение (ПРОЛОГ)

Познавательные мероприятия для учащихся 9–11-го классов (конференции, семинары [1] и даже дидактические игры) по сравнению с аналогичными мероприятиями для учащихся основной школы становятся более информативными и одновременно менее занимательными. И это оправдано, так как старшеклассники должны более серьёзно относиться к учебной деятельности, понимать роль базовых знаний для будущей профессиональной деятельности. Однако из-за однообразия форм учебной деятельности активность учащихся снижается. Так, например, на брейн-ринге учащиеся только отвечают на вопросы, на семинарах выступают с докладами или слушают выступления других. Поэтому при использовании методических пособий [2–4] важно не только учитывать, в каком классе средней школы (общеобразовательном, с углублённым изучением физики или математики, иностранного языка или гуманитарных предметов) планируется провести мероприятие, но и существенно расширять диапазон приёмов и методов предъявления информации.

С учётом вышесказанного мы решили разработать дидактическую игру-соревнование межпредметного характера ФИЗИКА + АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК: учащиеся должны объяснять физические явления, процессы, решать задачи, сообщать сведения из биографий учёных и, конечно, проводить физический эксперимент. Одновременно, они должны уметь читать на английском, понимать устную речь, переводить письменные тексты с английского языка на русский и наоборот.

В результате сформировалась дидактическая игра-соревнование: • I этап – деловая ролевая игра (30–35 мин) • II этап – учебный физический эксперимент (15 мин) • III этап – словарь физических величин (5 мин) • IV этап – синквейн об учёном (5 мин) • V этап – коллективный вывод (5 мин). Общее время игры составляет 60–70 мин, включая сообщение правил, знакомство с критериями оценивания, музыкальную паузу и подведение итогов, а также разыгрывание ролей организаторами, демонстрацию правильных ответов и их объяснение.

Были проведены предварительные консультации с учителями физики (тематика заданий, степень соответствия содержания учебного материала программе обучения, сложность, объём, наличие дополнительной информации) и английского языка (словарный запас, способность учащихся понимать письменный текст или устную речь с учётом включённых в него новых иностранных слов политехнического характера).

I этап. За основу взято содержание урока Л.А. Горловой по теме «Основы принципа работы двигателей внутреннего сгорания и охрана окружающей среды» [5]. Однако этот урок, во-первых, был рассчитан на классы с углублённым изучением физики и английского языка, а во-вторых, представлен в форме театральной постановки. Последнее исключало возможность активизации познавательной деятельности каждого ученика, так как одни старшеклассники – исполнители ролей – сообщают изученный материал, а другие – зрители – пассивно его воспринимают. Поэтому мы значительно преобразовали этот урок: • оригинал дополнили переводом реплик героев с русского на английский язык по всему тексту (см. ЭП) • упростили содержание урока в соответствии с программой классического курса физики для общеобразовательных классов (УМК Г.Я. Мякишева) • уменьшили объём учебного материала, чтобы сократить время игры • разбили содержание игры на четыре задания, которые учащиеся коллективно выполняют.

Мы предложили командам выступить в ролях членов коллектива совместного русско-немецкого

Автор идеи – *Надеева О.Г.* Игра была проведена в общеобразовательном 10-б классе МОУ СОШ № 134 г. Екатеринбурга в феврале 2013 г. с целью осознания учащимися межпредметных связей физики и английского языка и необходимости их использования в деловом общении. О главной теме игры, а также о необходимости знания английского языка для участия в ней учащиеся узнали, только придя на мероприятие.

Печатается в сокращении. Полный текст с таблицей критериев оценки за выполнение задания и отзывами участников, презентацию и раздаточный материал см. в ЭП. – *Ред.*

предприятия, который посетила журналистка из Великобритании. Старшеклассники должны были выручить представителей завода (историка музея завода, инженера и других), не владеющих английским языком, то есть перевести им содержание вопросов иностранного корреспондента с английского языка на русский и, наоборот, ответов – с русского на английский. Возможность усложнения ситуации – отсутствие переводчика (переводчик задерживается, «потерял» голос и тому подобное) – оправдана тем, что не менее половины класса посещает дополнительные занятия по английскому языку.

В других заданиях необходимо было показать знание физики – помогая инженеру, пояснить журналистке принцип работы двигателя внутреннего сгорания, затем, помогая экологу, показать понимание негативного воздействия тепловых двигателей на окружающую среду и так далее.

II этап. Прочитав поясняющий текст на английском языке, учащиеся должны были воспроизвести простой физический опыт. Предварительно с помощью учителя английского языка были отобраны английские слова, перевод которых десятиклассники не знали, и составлен словарь (см. Приложение 2). Этот этап должен был убедить учащихся, что для технического или научного перевода недостаточно только знание иностранного языка, необходимы технические или физические знания, следовательно, изучать физику полезно не только будущим инженерам.

III этап. Школьники сами составляли физический словарь. Дело в том, что на уроках физики при решении задач используются формулы, что подразумевает хорошее знание физических величин. Однако именно это и вызывает у значительной части школьников затруднения. Отсюда и назначение этапа – обратить внимание учащихся на способ запоминания обозначений и названий физических величин через их перевод с английского языка.

IV этап. Знание роли отечественных и иностранных учёных в развитии научного знания и в достижениях цивилизации важно для любого культурного человека. Поэтому ученики должны были не только показать знание биографии учёного, но и уметь, например, в общении с иностранцем, передать их в письменной или устной форме на английском языке. Учитывая ограничение игры по времени, сообщение должно было быть информативным и коротким, поэтому было предложено представить его в форме синквейна – приёма, часто используемого учителями иностранного языка и литературы.

V этап. Показывать наличие межпредметных связей в обучении надо, но этого недостаточно для убеждения учащихся в значимости формирования естественнонаучного мировоззрения [6], например, у гуманитариев или лингвистов. Для того чтобы старшеклассники сами пришли к мысли о важности изучения и физики, и английского языка, им было предложено поискать аргументы, доказывающие необходимость знания основ этих предметов теми, чьи интересы – ни личные, ни профессиональные – с ними не связаны.

Первый этап по длительности примерно равен следующим четырём этапам, вместе взятым, поэтому между ними решили сделать музыкальную паузу (3–4 мин), чтобы снять напряжение и усталость а также обсудить результаты работы (правильные ответы последнего задания демонстрировались на экране). Жюри в это время подводило промежуточные итоги.

На средства, собранные родительским комитетом класса и спонсором, были приобретены призы (22 шоколадные конфеты по количеству учеников в классе), канцелярские принадлежности, научно-популярная литература по физике, англо-русский политехнический словарь. Для проведения мероприятия было использовано около 200 листов бумаги А4 для распечатки материалов игры и размножения тестовых заданий.

Предложенная ИГРА может быть как тематической, так и повторительно-обобщающей. В последнем случае целесообразно включать задания из разных разделов курса физики. Так, для успешной работы в данном варианте игры учащиеся должны знать и понимать: процессы в газах, газовые законы, принцип работы двигателя внутреннего сгорания, цикл Карно, способы повышения КПД тепловых двигателей, экологические проблемы их применения. Кроме того, выполняя некоторые задания, ученики должны использовать знания, приобретённые при изучении физики в предыдущих классах (в частности, механики и геометрической оптики).

Организовать мероприятие можно командой из 5–8 человек – члены жюри и исполнители ролей в деловой ролевой игре на I этапе. Важно, чтобы в их числе был человек, хорошо владеющий английским языком (учитель английского языка или старшеклассник, углублённо изучающий его). Состав нашей команды: • *Бухлицкая М.М.*, учитель физики МОУ СОШ № 134 г. Екатеринбурга, – председатель жюри и **Директор предприятия** • *Надеева О.Г.*, доцент кафедры теории и методики обучения физики и мультимедийной дидактики Ур ГПУ, – член жюри, **Секретарь-референт** и **Эколог** • *Паюсова Анна*, студентка 3 курса Института физики и технологии УрГПУ, – член жюри (владеющий английским языком), **Иностранный корреспондент** и **Переводчик**, исполнитель пьесы на гитаре во время музыкальной паузы • *Урванцева Дарья*, студентка 5-го курса Института физики и технологии УрГПУ, ведущая и **Главный инженер** • *Соседкова Людмила*, студентка

5-го курса Института физики и технологии УрГПУ, – фотокорреспондент, регистратор времени в ходе игры-соревнования и **Историк заводского музея**.

Технические средства: принтер, ксерокс, ПК, видеопроектор и экран для показа презентации.

Дидактические материалы: презентация, текстовые задания к этапам игры для команд, полная распечатка содержания игры каждому участнику-организатору, сводная таблица результатов команд по заданиям и критерии оценивания для жюри.

Наборы для проведения физического эксперимента (по числу команд): стаканчик мерный с водой из школьного кабинета физики, фарфоровая чашка из дома, монета достоинством 5 руб.

Ход игры

I этап. Деловая ролевая игра

Учитель физики. Сегодня будет необычный урок – игра-соревнование (*слайд 1*). Для победы в ней вам потребуются знания по физике и по другим предметам, в частности, по английскому языку, а также сплочённость всех членов команды. Проводить игру будут студенты-физики Уральского государственного педагогического университета.

Ведущий. Вам предстоит разделиться на три команды примерно равного состава. (*Формируются 3 команды по 7, 8 человек, которые размещаются вокруг сдвоенных парт.*) Представляю членов жюри (...) Игра пройдёт в пять этапов, первый – в виде деловой ролевой игры по теме «Основы принципа работы двигателей внутреннего сгорания и охрана окружающей среды» (*слайд 2*). Вам предстоит выбрать себе роли инженера-конструктора, переводчика, эколога. При этом вам потребуется максимальная концентрация внимания!

Секретарь-референт. Год назад наше строительное объединение «Автотрансстрой» совместно с фирмой «Даймлер-Бенц» из Германии сдало в эксплуатацию в нашем городе завод по производству двигателей внутреннего сгорания и деталей к ним. И вот корреспондент газеты «Нью-Йорк Таймс» решил взять интервью у представителей завода через 12 месяцев после его пуска.

Мы находимся в актовом зале этого завода. Здесь присутствуют (*представляет стоящих полукругом людей*): директор завода (*Бухлицкая М.М.*), главный инженер (*Урванцева Дарья*), секретарь-референт и эколог (*Надеева О.Г.*), историк заводского музея (*Соседкова Людмила*), иностранный корреспондент и переводчик (*Паюсова Анна*).

Итак, начинаем работу.

Иностранный корреспондент. The newspaper I represent is interested in the principle of the working of the piston engine and the plans of your plant. But at first I'd like to interview the historian Ms. Соседкова (*Историк приподнимается на месте и кивает.*) Could you give us the historical information when and where the first automobiles with internal combustion engines appeared? Who constructed the first such engine in Russia? Is this known? (Госпожа Соседкова, не могли бы вы дать маленькую историческую справку: когда и где появились первые автомобили с двигателями внутреннего сгорания?)

Ведущий. У нас проблема – отсутствует переводчик. Команды, помогите понять, что журналистка хочет узнать у историка завода?

Комментарий. В первый момент, когда ребята услышали речь на английском языке, они были немного ошеломлены и, конечно, не всё поняли из текста. Ученикам было сказано, что мы попросим иностранного корреспондента повторить свой вопрос, а они должны сосредоточиться. Журналистка задаёт вопрос вновь, но говорит медленнее.

Фиксируем первую поднятую руку и слушаем ответ.

Ученица. Журналистка спрашивает об истории завода и что-то о создании автомобилей.

Историк. Первый ДВС построил француз *Этьен Ленуар* (*слайд 3*) в 1860 г. [7]. Однако в 1886 г. патент на изобретение бензинового двигатели внутреннего сгорания выдали почти одновременно немецким механикам *Готлибу Даймлеру* и *Карлу Бенцу* (*слайд 4*) [8]. Именно эти двигатели и стали применяться в первых автомобилях. (*Фрагмент 1.*)

В России проект бензинового двигателя появился в 1879 г. Создал его капитан морского флота *Огнеслав* (*Игнатий*) *Костович* (*слайд 5*) [9]. КПД двигателя был около 22%, мощность 60 кВт, а предназначался он для дирижабля «Россия». (*Фрагмент 2.*)

Первый отечественный автомобиль был создан в 1896 г., построен в Петербурге *Евгением Александровичем Яковлевым* и *Петром Александровичем Фризе* (*слайд 6*) [10]. Это автомобиль с одноцилиндровым двигателем, модель которого есть в нашем заводском музее. (*Фрагмент 3.*)

Ведущий. Команды, письменно переведите свои части рассказа историка завода на английский язык для журналистки. Время выполнения первого задания – 5 мин.

Комментарий. Командам выдаются фрагменты речи историка, которые они должны перевести на английский и сдать жюри. Ниже приведён ответ на первое задание первой команды.

Иностранный корреспондент (*прочитав переводы*). Thank you very much. And now I'd like to interview the leading engineer of your plant. Ms. Урванцева, could you explain the principle of the working of the internal combustion engine produced by your plant? (Благодарю вас. Мне бы хотелось теперь взять интервью

у главного инженера завода, госпожи Урванцевой. Не могли бы вы объяснить принцип работы ДВС, выпускаемого на вашем заводе?)

Ведущий. Команды, кого и о чём спрашивает журналистка?

Ученица (первой поднявшая руку). Журналистка интересуется работой двигателя и спрашивает об этом инженера завода.

Главный инженер. Мы производим четырёхтактный двигатель внутреннего сгорания. Один рабочий цикл двигателя включает в себя четыре хода поршня, или, как говорят, четыре такта. Ребята, у меня произошла путаница в расположении и названиях тактов ДВС (*слайд 7*). Просьба выполнить второе задание – быстро, за 4 минуты, назовите последовательность тактов ДВС и приведите их в соответствие с рисунками (*выдаёт командам бланки для ответов, группы выполняют задание и сдают листы в жюри*).

Как видно, не все команды разобрались (*демонстрирует слайд 8 с ответами*.) Спасибо, выручили. Но ещё лучше представить рабочий цикл нашего двигателя поможет график (*слайд 9, график цикла Карно без упоминания названия*): поясните, что это за график, какие физические процессы на нём изображены. Это третье задание.

Комментарий. Ответы оказались разными: названия всех процессов без ошибок выполнила команда 1, название цикла указала только команда 3, команда 2 не отметила ни того, ни другого (см. ЭП).

Иностранный корреспондент. Thank you very much, Ms. Урванцева. Everything is clear now, your diagram has especially helped me. Unfortunately, it doesn't matter what kind of fuel is used, the exhaust from gas pollutes the environment? I ask the ecologist Ms. Надееву to speach about the ecology problems that arise with using internal combustion engines. What kinds of measures for nature protection have been undertaken in your country and personally at your plant?

Ведущий. Команды, кого и о чём спрашивает журналистка?

Ученица (первой поднявшая руку). Корреспондент просит рассказать об экологических проблемах использования двигателей и об охране природы.

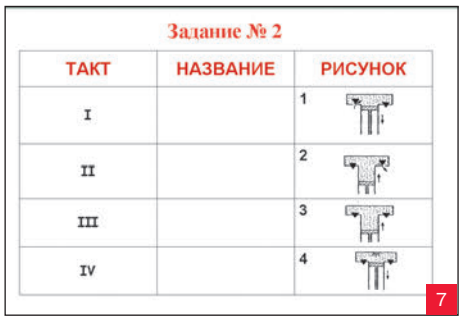
Эколог. В стране введена обязательная государственная экологическая экспертиза проектов всех новых промышленных объектов. Проект нашего завода прошёл эту экспертизу. Но, к сожалению, ремонт выходящих из строя очистных сооружений связан с большими финансовыми затратами.

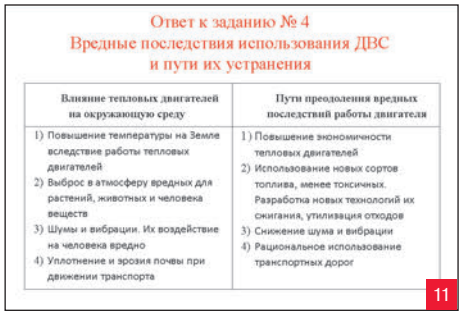
Переводчик. In the country an obligatory state ecological examination has been introduced related to all new industrial facilities. Our plant has passed this examination. But, unfortunately, repair of the failed treatment facilities that failed invalves large financial costs.

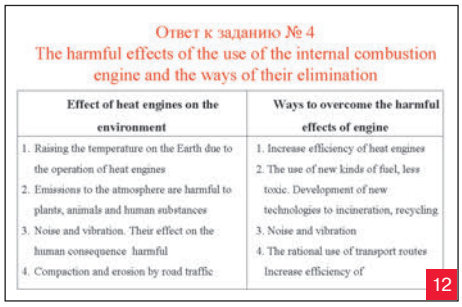
Эколог. Я прошу вас обратить внимание на заготовку таблицы (*слайд 10*), в которой вы должны отразить вредные последствия использования ДВС и способы их преодоления. Время выполнения четвёртого задания – 5 минут.

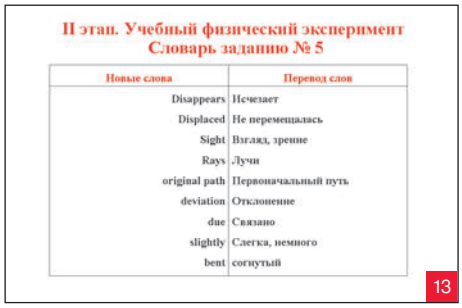
Комментарий. После сдачи ответов показываем на экране заполненную таблицу: для школьников – на русском языке (*слайд 11*), для иностранного корреспондента – на английском языке (*слайд 12*).

Иностранный корреспондент. Thank you. I am very grateful to the management of your plant, all the specialists and personally to you for









giving time to my newspaper. I'll present interesting information about your plant, its production, and new technical developments. Thank you very much indeed.

Секретарь-референт. Наше коллективное интервью газете «Нью-Йорк Таймс» закончено. До свидания.

Ведущий. Ребята, поскольку в настоящее время двигатель является «сердцем» автомобиля, который всё больше завоевывает жизненное пространство, мы должны представлять себе не только как он работает, какую пользу приносит, но и определённые отрицательные факторы, которые эксплуатация автотранспорта вызывает. И с этими факторами надо бороться.

А сейчас, пока жюри проверяет ваши ответы, у нас будет музыкальная пауза (3 мин).

(*Подводятся итоги I этапа, см. ЭП.*)

II этап. Учебный физический эксперимент

Ведущий. Приступаем к выполнению пятого задания, время выполнения – 15 мин. Прочитав описание опыта на английском языке, письменно переведите текст, проведите опыт, напишите по-русски о том, что наблюдали, и дайте объяснение явления. Список новых английских слов, необходимых для перевода текста физического содержания, представлен на экране (*слайд 13*).

Комментарий. Команды получают лист с описанием физического явления из книги «101 science experiments» [11] («The apparent depth of the bottom of a vessel filled with water appears less than its actual depth when viewed from a higher position.Why?»), лист для ответа и комплект оборудования для проведения опыта. При выполнении задания учащиеся столкнулись не столько с трудностями перевода, сколько с проблемой правильной интерпретации научного текста на иностранном языке и выполнением опыта (на фото 2 изображён момент работы одной из команд). Тем самым, старшеклассники убеждались в необходимости более глубокого изучения физики и расширении своего словарного запаса политехническими и физическими терминами на английском языке.

(Один из ответов см. в ЭП. – *Ред.*)

Анна Паюсова исполняет фламенко

Учащиеся задумались: как же выполнить задание

После того, как все команды сдали свои листы жюри, на экране высвечивается (*слайд 14*) с рисунками, и учитель физики поясняет суть физического явления.

Комментарий. При высоком уровне знаний учащихся по физике, в оригинальном тексте целесообразно оставить только верхний рисунок, а нижний показать в момент объяснения после выполнения задания (см. варианты 1 и 2 в файле «Раздаточный материал» в ЭП. – *Ред.*).

III этап. Словарь физических величин

Ведущий. Команды, выслушайте шестое задание. Напишите физические величины, которые вы изучали в курсе физики, на русском и английском языках по выданному образцу (*слайд 16*).

Комментарий. Старшеклассники успешно справились с заданием, но после его выполнения им демонстрируется расширенный физический словарь, чтобы они увидели следующее: • латинские буквы, обозначающие физические величины, как правило, совпадают с первыми буквами их названий на английском языке • корень слова на английском языке может совпадать с корнем слова на русском языке – см. колонку «Дополнение» на слайде 17. Учащиеся должны осознать, что знание английских слов поможет им запоминать названия и обозначения физических величин и, наоборот, знание физических терминов расширяет словарный запас в английском языке.

IV этап. Синквейн

Ведущий. Выполняем седьмое задание: составьте синквейн об известном вам учёном-физике на русском языке и, по возможности, английском. Ориентируемся на предлагаемую структуру синквейна:

– первая строка – ФИО учёного;

– вторая строка – два прилагательных;

– третья строка – три глагола о специфике его деятельности;

– четвёртая строка – три словосочетания, характеризующих его научную деятельность;

– пятая строка – фраза, отражающая личное отношение к учёному.

Привожу пример синквейна о великом английском учёном Исааке Ньютоне (*слайд 17*):

– Исаак Ньютон;
– известный, умный;
– открыл, придумал, разработал;
– английский физик, механик, математик;
– восхищает широта его открытий в разных областях физики.

Комментарий. Приводим пример успешного выполнения задания одной из групп:
– Менделеев Д.И.
– Учёный, умный.
– Изобрёл, открыл, установил.
– Таблица Менделеева, русский учёный, известный химик.
– Восхищаемся трудами великого учёного.

– D.I.Mendeleyev.
– Smart, intelligent.
– Invented, discovered, established.
– Table of Mendeleyev, Russian scientist, famous chemist.
– We admire the works of a great scientist.

Для того чтобы старшеклассники осознали необходимость знания физики и английского языка, на пятом этапе задание состояло в поиске аргументов.

V этап. Поиск аргументов

Ведущий. Выполняем восьмое задание (*слайд 18*): докажите, что знание ФИЗИКИ полезно/необходимо гуманитарию, изучающему иностранный язык (лингвисту), домашней хозяйке, а знание АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА – инженеру и спортсмену. И чем больше обоснованных аргументов вы найдёте, тем больше баллов заработает команда

Комментарий. Настоящая полемика возникла в командах при поиске доказательств необходимости понимания физики домашней хозяйкой. Так, в одной из команд юноша страстно спорил, что женщине, которая моет полы или варит обед, этот предмет вообще не нужен. При этом одноклассники пытались найти аргументы, убедили бы его в обратном. В связи с этим лист ответов оказался заполненным разными учениками (разные фразы написаны разными почерками).

Ведущий. Сегодня на уроке вы убедились, что английский язык и физика имеют полезные взаимосвязи. А жизнь современного общества, активно использующего различные средства информации и общения, ещё более их укрепляет. В подтверждение значения межпредметных связей физики и английского языка приведём слова специалистов – преподавателей нашего института, активно занимающихся научной деятельностью на международном уровне (область профессиональных интересов – физика металлов и сплавов):

– Знание физики необходимо для перевода научных и технических текстов, а знание иностранного языка важно для изучения физики, так как на сегодняшний день существует много иностранной научной литературы.

Проф. Попель П.С.

– Во-первых, знание физики полезно для общего развития, для понимания естественнонаучной картины мира. Во-вторых, физика может помочь в изучении иностранного языка, так как английский язык – логичный. Его можно выучить логикой мышления, а физика развивает логику.

Проф. Сидоров В.Е.

Учитель физики. Итоги соревнования (*таблицу см. в ЭП. – Ред.*): команда 1 – 46 баллов, команда 2 – 26, команда 3 – 29. Команда 1, получите сладкий приз!

Благодарю всех участников – и десятиклассников, и ведущего, и членов жюри!

Ответ к заданию 6.

Образец расширенного словаря физических величин

№	Физическая величина			Дополнение
	Обозн.	Название		
		русское	англ.	
1	*F*	сила	*force*	Форс-мажор – «непреодолимая сила», то есть непредсказуемое событие
2	*t*	температура	*temperature*	Температура (в быту) – мера нагретости тела
3	*R*	сопротивление	*resistance*	Резистор – элемент цепи, обладающий сопротивлением
4	*p*	давление	*pressure*	Пресс – техническое устройство для...
5	*S*	площадь	*square*	Сквер – сад посреди городской площади
6	*a*	ускорение	*acceleration*	Акселерометр – прибор для измерения ускорения
7	*v*	скорость	*velocity, speed*	Велосипед ... Спидометр – прибор для измерения скорости тела

Комментарий. Нам было важно узнать мнение старшеклассников о игре. Анализ анкет (25 человек) показал, что учащиеся придерживаются единой точки зрения о пользе таких внеклассных мероприятий по физике: «да, они нужны» (но не часто, два-три раза в год). Мнения о наиболее интересных видах деятельности на занятии (роль переводчика или инженера, деловое общение и др.) и приёмах на основе межпредметных связей физики и английского языка (синквейн, опыт, словарик, деловая игра) разделились (см. диаграмму). Четверо отметили (в том числе на иностранном языке) необходимость увеличения времени на выполнение заданий: для письменной работы надо выделять чуть больше времени; на задания по 7–8 мин (*more time for do task*). (Полную подборку комментариев десятиклассников см. а ЭП. – *Ред.*)

Фото автора

Литература

1. Усова А.В. Теория и методика обучения физике. Общие вопросы: Курс лекций. СПб.: Медуза, 2002.
2. Ланина И.Я. 100 игр по физике: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1995.
3. Тихомирова С.А. Физика в пословицах и поговорках, стихах и прозе, сказках и анекдотах. М.: Новая школа, 2002.
4. Усольцев А.П. Задачи по физике на основе литературных сюжетов: сборник задач. Екатеринбург: У-Фактория, 2003.
5. Горлова Л.А. Интегрированные уроки физики: 7–11 классы. М.: ВАКО, 2010.
6. Чандаева С.А. Гуманитаризация физического образования как условие формирования научного мировоззрения учащихся. М., 1994.
7. Автомобилестроение. URL: http://avtomobilestroenie.org/?amount=0&blogid=1&query=%CB%E5%ED%F3%E0%F0
8. История создания автомобильной марки Мерседес (Mercedes) URL: http://avtomobilestroenie.org/item/27
9. КОСТОВИЧ Огнеслав (Игнатий) Степанович URL: http://www.retroplan.ru/encyclopaedia.html?sobi2Task=sobi2Details&catid=13&sobi2Id=504
10. Первые автомобили в России/ URL: http://www.letopis.info/themes/auto/perviye_avtomobili_v_rossii.html
11. Utial Ivar. 101 science experiments. Delhi: Pustak Mahal, 1986.
12. Надеева О.Г., Паюсова А.Н. Использование коммуникативных средств английского языка в обучении физике / Инновационные образовательные технологии: материалы Региональной заочной научно-практической конференции аспирантов и магистрантов. Екатеринбург: [б.и.], 2013.

Ольга Геннадьевна Надеева – к. п. н., доцент, окончила Свердловский ГПИ в 1981 г., педагогический стаж 24 года (высшая квалификация). За время своей работы в ОУ (до 1999 г.) успешно готовила учащихся к олимпиадам по физике. В УрГПУ прошла путь от ассистента до доцента, в 2002 г. защитила кандидатскую диссертацию. Ведёт большую научно-методическую работу, автор 47 научных и 8 учебно-методических работ, монографии «Многоцелевое использование учебного оборудования школьного кабинета физики» (2011). С мужем воспитала дочь, теперь очередь за внуком. Хобби: шахматы (I разряд), футбол (болельщик московского «Спартака») и... физический эксперимент.

Анна Николаевна Паюсова – студентка 5-го курса, стипендиат учёного совета. Участница ряда студенческих олимпиад по физике, конкурсов творческих работ. Увлекается иностранными языками, играет на гитаре, путешествует, занимается фитнесом, катается на сноуборде, коньках – в общем, ведёт активный образ жизни.

Опыты с прохождением электрического тока в тонком жидком слое

Описано несколько экспериментов по прохождению электрического тока через пористое тело, пропитанное раствором электролита с использованием простейшего оборудования. Сделана попытка количественной оценки наблюдаемых явлений. Опыты могут лечь в основу демонстрационных опытов, факультативных лабораторных работ и ученических исследовательских проектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрические явления, электрический ток в жидкостях

О.М. ТАРАСОВ
tarom0808@yandex.ru,
ГБОУ Центр образования «Технологии обучения»,
г. Москва

1. Влияние температуры на сопротивление электролита. В проводящих жидкостях электрический ток создаётся движением в противоположные стороны положительных и отрицательных ионов. При нагревании электролита увеличивается подвижность ионов и их количество, так как возрастает интенсивность диссоциации. Поэтому с ростом температуры сопротивление электролита падает.

Каким образом можно экспериментально наблюдать зависимость сопротивления раствора электролита от температуры? Казалось бы, простейшей демонстрацией может быть следующая: собираем электрическую цепь, в которую входит ванночка с опущенными в неё электродами и термометром. При подогревании ванночки с раствором (например, на спиртовке) можно наблюдать падение силы тока в цепи по мере повышения температуры. Однако можно предложить более простую версию опыта, без термометра и ванночки.

Электрическую цепь собираем из источника постоянного тока, микроамперметра и бумажной полоски, заранее смоченной в растворе электролита (слабом растворе поваренной соли), рис. 1, *а*. В момент замыкания цепи устанавливается определённая сила тока. Если теперь к влажной полоске поднести пламя, то сила тока резко возрастёт, что свидетельствует об уменьшении сопротивления раствора электролита. Если пламя убрать, сила тока резко падает ниже первоначального значения, что можно объяснить испарением части жидкости во время нагрева. В опыте использовалась бумажная полоска шириной 15 мм, длина её части, помещённой между электродами (штырями двух проводов), составляла 37 мм (рис. 1, *б*). Первоначальная сила тока 65 мкА возросла при нагревании до 155 мкА (при напряжении на полюсах источника 10 В).

ОТ РЕДАКЦИИ

Публикуя задачи О.М. Тарасова (см. с. 14, 15), редакция полагает, что, несмотря на очевидные недочёты, подобные «живые» задачи позволяют вовлечь ученика в подлинное исследование, на которое сегодня нацеливает ФГОС. Такие задачи во все времена были редкостью и являются ценными методическими находками. С этой точки зрения мы рекомендуем познакомиться с одной из первых книг данной тематики: В.А. Зибер «Живые задачи по физике. Методические искания» (Предисл. Ф.Н. Красикова. Л.: Образование, 1925).

Тем не менее следует учитывать, что представленные автором эксперименты таят в себе методическую «опасность» для учителя, поскольку их условия заведомо не определены до конца, а представленные решения не полные и не единственные. Безусловно, опыты эти при определённой доработке (конкретизация условий протекания процессов, корреляция с базовыми опытами по данной тематике, учёт требований техники безопасности) могут стать основой для интересных проектных работ учащихся. Также они могут лечь в основу демонстрационных опытов и лабораторных работ на дополнительных занятиях.

В частности, следует учесть, что:

– использование открытого огня при выполнении лабораторных работ учащимися строго регламентировано и в приведённой постановке не может осуществляться;

– протекание тока в электролитах в предложенной постановке (опыты 1 и 2) сопровождается испарением жидкости (а значит и изменением концентрации ионов в растворе), нагреванием проводника и окислением контактов в результате окислительно-восстановительной реакции – все факторы влияют на показания приборов;

– играет роль окисление контактов при использовании микроамперметра (опыты 3 и 4);

– предел чувствительности приборов в ряде случаев оказывает существенное влияние на получаемый результат (опыты по оценке скорости дрейфа, при этом желательно чётче определить, что называется скоростью дрейфа).

Более подробные замечания см. в ЭП.

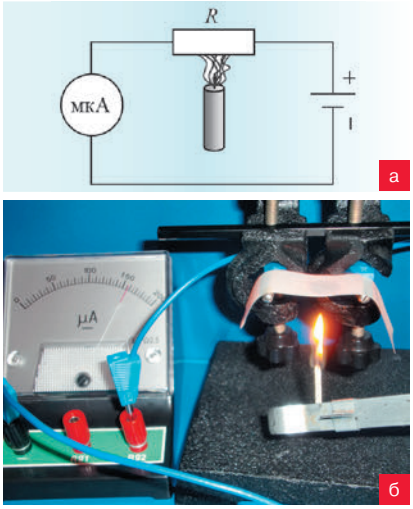


Рис. 1. Схема электрической цепи (*а*) и цепь в сборе (*б*)

2. Оценка скорости испарения жидкости с влажной ткани. Как можно непосредственно получить зависимость изменения массы жидкости в процессе её испарения от времени? Наиболее очевидным представляется вариант измерения массы жидкости в открытом сосуде, установленном на чувствительные электронные весы. Но так как для большинства жидкостей скорость испарения невелика, то и время проведения эксперимента будет весьма продолжительным. Можно предложить другой способ проведения аналогичного эксперимента.

В электрическую цепь, описанную в опыте 1, включаем пропитанную раствором электролита и хорошо отжатую полоску ткани (рис. 2, *а*). В первый момент сила тока будет максимальной, а затем плавно падает. Это можно объяснить постепенным утонением слоя жидкости при испарении (уменьшением площади поперечного сечения жидкого проводника), а также уменьшением количества ионов соли в жидкости: при уменьшении массы жидкости раствор насыщается, и процесс рекомбинации ионов усиливается.

В опыте использована полоска ткани шириной 10 мм, заключенная между электродами длина составляла 40 мм. Зависимость силы тока от времени представлена на рис. 2, *б*. Зная время испарения жидкости (560 с) и её массу, можно оценить и среднюю скорость испарения.

3. Оценка скорости прохождения жидкости по капиллярам пористого тела. Оценить высоту подъёма жидкости в пористом теле (например, полоске ткани) не всегда возможно визуально. Точным индикатором подъёма жидкости может служить электрический ток.

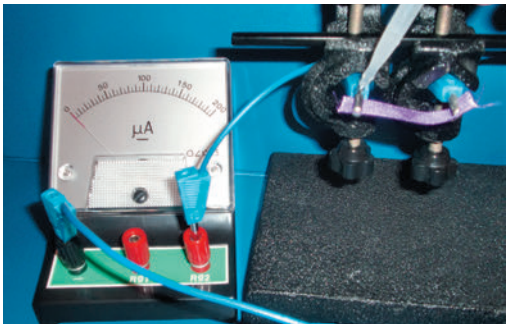


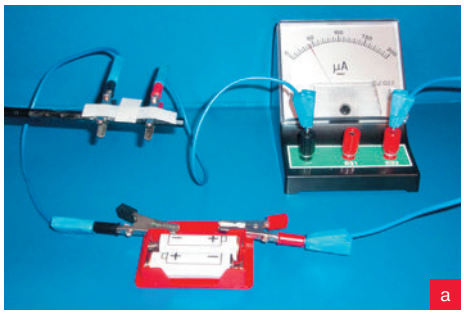
Рис. 3

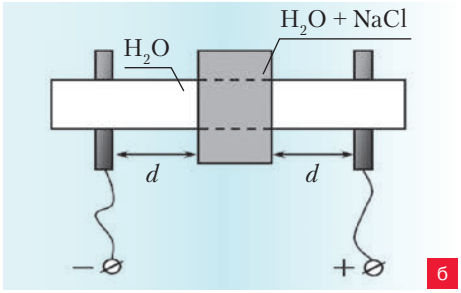
Поместим сухую полоску ткани длиной 37 мм между электродами (рис. 3). Вблизи одного из электродов нанесём каплю раствора электролита. Жидкость начнёт распространяться по капиллярам ткани и спустя какое-то время (в опыте получено 55 с) достигнет другого электрода. При этом цепь замкнётся, микроамперметр зафиксирует наличие тока.

Оценим среднюю скорость прохождения жидкости в капиллярах ткани: v = 37 мм/55 с = 0,67 мм/с.

4. Оценка скорости распространения ионов в жидкости под действием электрического поля. Если в локализованную область жидкости, находящейся в электрическом поле, поместить ионы, например, добавив электролит, то возникнет упорядоченное движение ионов в противоположных направлениях. (Идея подобного опыта описана в [1]).

Поместим смоченную в воде бумажную полоску между электродами (рис. 4, *а*). Поверх неё накрест положим вторую полоску, пропитанную раствором поваренной соли в воде, так, чтобы расстояния от краёв этой полоски до электродов были одинаковы и равны d = 6 мм (рис. 4, *б*). При подаче напря-





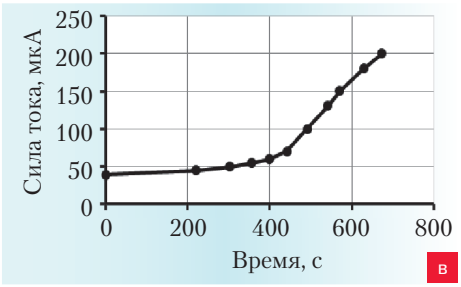


Рис. 4. Цепь в сборе (*а*), пояснение к эксперименту (*б*) и экспериментальный график (*в*)

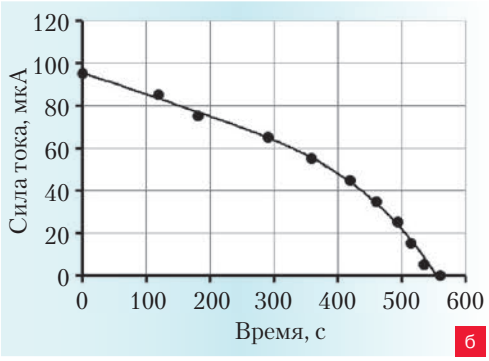


Рис. 2. Цепь в сборе (*а*) и экспериментальный график (*б*)

жения ≈2,5 В между электродами возникает ток 40 мкА. Ионы соли с верхней полоски сразу же начинают переходить в воду, заполняющую капилляры нижней полоски, и устремляются к электродам. Пока фронт ионов соли не достиг электродов, сила тока в цепи остаётся постоянной*. Затем сила тока начинает возрастать (рис. 4, *в*), так как с верхней полоски поступают всё новые и новые ионы. Сила тока возрастает практически линейно, что может говорить о стационарном поступлении ионов.

Примем, опираясь на график, что сила тока неизменна в течение $t = 222$ с; за это время ионы обоих знаков перемещаются на расстояния $d = 6$ мм. Тогда скорость их упорядоченного движения можно оценить как $v = d/t = 6$ мм/222 с = 0,027 мм/с.

Представленные выше эксперименты могут послужить материалом для дополнительных ученических исследований таких явлений, как капиллярность, испарение, диффузия, электролиз.

*Реально сила тока, по-видимому, несколько возрастает, так как кроме ионов, продвигаемых электрическим полем со средней скоростью *v*, есть ионы с большими и меньшими скоростями.

Литература

1. Ливенцев Н.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 1963. 520 с.

Олег Михайлович Тарасов – учитель физики высшей квалификационной категории. Окончил Московский энергетический институт (ТУ) в 2002 г., педагогический стаж 12 лет. Работал в Электромеханическом колледже № 55, с прошлого года – в ЦО «Технологии обучения». В 2012 г. награждён НИИРПО дипломом I степени за победу в Конкурсе достижений педагогических кадров по разработке и внедрению электронных образовательных ресурсов. Победитель конкурса «Грант Москвы в сфере образования-2011». Автор учебных пособий «Лабораторные работы по физике с вопросами и заданиями» (изд-я 2007 и 2012 гг.), «Физика» (2013 г.) и электронного пособия «Физика: комплекс демонстрационных видеоэкспериментов по дисциплине» (опыты на CD-R, выполняемые студентами колледжа). Его ученик, выпускник колледжа Григорьев Алексей, в 2009 г. стал победителем конкурса исследовательских проектов «Физика в моей профессии».

Реклама

МДМ Банк

Верное решение!

Кредит наличными для учителей*

• от 15% годовых в рублях
• до 2 500 000 рублей

* Предложение распространяется на сотрудников государственных образовательных учреждений. Ставка от 15% до 25% годовых (устанавливается банком индивидуально в зависимости от платежеспособности, категории клиента, срока и суммы кредита). Сумма кредита — от 60 тыс. до 2,5 млн руб. Срок — от 1 до 5 лет. Без комиссий за предоставление, обслуживание и досрочное погашение кредита, получение наличных денежных средств через кассу или банкомат банка. Комиссия при проведении операции через кассу или банкомат стороннего банка (без учета комиссий стороннего банка) — 1% от суммы операции, мин. 100 руб. Предусмотрены штрафы: при допущении просроченной задолженности - неустойка в размере 0,05% от суммы просроченной задолженности за каждый день просрочки; при несоблюдении условий договора залога — в размере 5000 рублей. Прочие условия предоставления кредита — по тел. 8-800-2003-700 или в офисах банка. Предложение действительно на 09.09.2014 г. ОАО «МДМ Банк». Ген. лицензия ЦБ РФ № 323 от 05.12.2012 г.

8 800 2003 700 www.mdm.ru

Система обучения работе с физическим текстом

Кратко обоснована необходимость систематической работы с учебным текстом физического содержания на уроках физики и в средней, и в старшей школе, приведены типовые планы для изучении разных элементов знания, даны пояснения на примерах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дискретный метод обучения физике, работа с учебным текстом физического содержания, типовой план

М.И. РЕЗНИЧЕНКО
mis1567@yandex.ru,
МБОУ СШ № 16, г. Ачинск,
Красноярский край

Самая распространённая проблема на уроках – непонимание текстовой информации как письменной, так и устной. Читая учебник, дети не улавливают главной мысли и логики содержания, не говоря уже о восприятии «на слух». Поэтому возникают трудности с пересказом текста, выделением главного, существенного, постановкой вопросов. Считаю важным для учителя умение правильно обучать детей работе с текстами.

Возрастные особенности переработки мышлением информации. Любой текст в учебнике я рассматриваю как некоторую логически связную информацию. Чтобы сформировалось мышление, каждая порция информации должна пройти неразрывную цепочку в сознании человека: восприятие → мыслительная деятельность → вывод новой информации. Качество информации на выходе мы оцениваем через ответ учащегося на уроке. Зависит это качество от прочной связи между этими звеньями в мышлении человека, от уровня развития мышления и возраста ученика.

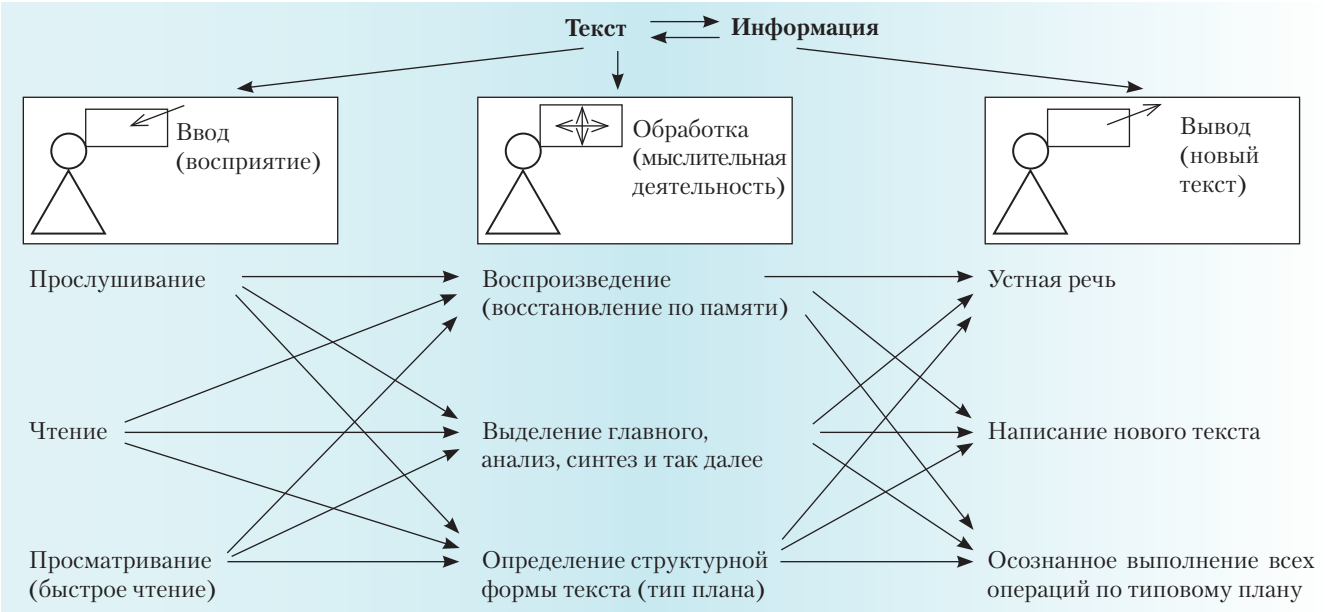
В дошкольном возрасте главное место в становлении мышления занимает тренировка памяти ребёнка: он должен уметь слушать и слышать, логически мыслить, устно строить умозаключение, запоминать, повторять и проговаривать услышанное (см. схему). Этот вид восприятия продолжается в течение всей последующей жизни, поэтому важно – научить запоминанию информации. Если в этот период были недостаточно использованы формы работы с информацией (в малом объёме, бессистемно, каждый раз обрывалось, пропускалось какое-либо звено в мышлении), то при переходе на следующий возрастной этап становления мышления возникают трудности с пересказом текста. От объёма запомненной информации зависит качество новой информации на выходе – устная речь.

В младшем и среднем школьном возрасте восприятие происходит и через прослушивание, и через чтение. Одним из условий успешного развития мышления является умение бегло, выразительно читать, делить текст на части, озаглавливать их, составлять план к прочитанному, анализировать, выделять главное. На выходе из данного возрастного этапа ребёнок учится составлять письменный новый текст по теме – план, конспект, таблицу, схему. Ответы могут быть как в устной форме, так и в письменной, причём их качество будет выше, если ребёнок по прочитанному тексту составит схему, таблицу, какие-либо графические модели, опоры.

В средней и старшей школе в связи с огромными информационными потоками возникает потребность в быстром чтении текстов, определении их структуры, быстром вникании в суть информации, распознавании главных моментов, поиске недостающих для полного понимания фрагментов.

В старших классах тексты усложняются, их объём увеличивается. Восприятие информации важно формировать через поисковое чтение – просматривание текстов, чтение по диагонали. А для достижения успешности ребёнка надо научить пользоваться планами обобщённого характера в процессе самостоятельного изучения темы, понимать структурную форму учебного текста, уметь строить ответ по самостоятельно выбранной форме, которую он может использовать – устный ответ, презентация, доклад, представление в графическом формате, таблицы, сочинения, опорные конспекты, блок-схемы и так далее.

Типовые планы, применяемые при изучении разных элементов знания. В курсе физике, согласно А.В. Усовой [1, с. 21–24], различают шесть структурно-логических элементов содержания: • что надо знать о законе • что надо знать о величине • что надо знать о явлении • что надо знать о приборе. Для профильных классов: • что надо знать о теории • что надо знать о технологическом процессе. Я называю их *типовыми планами*. Умения называть и различать эти планы ещё недостаточно, необходимо раскрыть перед учащимися об-



щие требования к усвоению каждого структурного элемента.

Перед использованием типового плана мы на уроках анализируем структуру учебного текста, выделяем определения, формулы, законы, новые и уже известные его элементы. На каждом последующем уроке я подчёркиваю то, что вчера было новым, а сегодня стало уже известным и используется как вспомогательный элемент для изучения нового. В этом заключается дискретный подход к изучению нового, то есть *изучение частями* (порциями). Очень подробно понятие дискретного подхода описано проф. А.Н. Крутским [2]. Таким образом, каждый типовой план помогает учащимся изучить какую-либо часть (порцию) информации.

Что надо знать о явлении: • Внешние признаки явления • Условия, при которых оно протекает • Сущность явления и механизм его протекания (объяснение на основе научной теории) • Определение явления • Связь данного явления с другими • Количественные характеристики явления (величины, характеризующие явления, связь между величинами, формулы, выражающие эту связь) • Использование явления на практике • Способы предупреждения вредного действия явления.

Что надо знать о величине: • Какое явление или свойство тел характеризует данная величина • Определение величины • Определительная формула (для производной величины – формула, выражающая связь данной величины с другими) • Скалярная это величина или векторная • Единицы данной величины • Способы измерения величины.

Что надо знать о законе: • Между какими явлениями (процессами) или величинами закон выражает связь • Формулировка закона • Математическое выражение закона • Опыты, подтверждающие справедливость закона • Учёт и использование закона на практике • Границы применения закона.

Что надо знать о приборе: • Назначение прибора • Принцип действия прибора • Схема устройства прибора (основные части, их взаимодействие) • Правила пользования прибором • Область применения прибора.

Что надо знать о теории: • Опытные факты, послужившие основанием для разработки теории • Основные понятия теории • Основные положения (принципы) теории • Математический аппарат теории • Круг явлений, объясняемых данной теорией, границы её применимости • Явления и свойства тел (частиц), предсказываемые теорией.

Что надо знать о технологическом процессе: • Назначение (цель) процесса • Народнохозяйственное значение • Какие законы, явления положены в основу технологического процесса • Основные этапы технологического процесса (схема процесса) • Требования к качеству получаемой продукции • Требования правил безопасного труда при осуществлении технологического процесса, их научное обоснование • Требования к знаниям и умениям специалистов • Экологические требования.

Покажу алгоритм применения типового плана в обучении на примере темы 8-го класса «Отражение света. Законы отражения света» (§ 63 по учебнику А.В. Пёрышкина [3, с. 152–154]). Сначала подбираю уровень заданий для конкретного ученика, зачитываю для него вслух карточку с заданием, чтобы он представил, что от него требуется, потом даю ему эту карточку для самостоятельного

выполнения. Ученик, читая текст учебника, должен записать ответы в тетради по соответствующему плану.

Карточка. В § 63 «Отражение света. Законы отражения света» найдите и выберите информацию, касающуюся «закона». Оформите конспект согласно плану «о законе».

Ответы (вопросы см. в тексте «Что надо знать о законе»): • Закон выражает связь между явлениями распространения и отражения света, между величинами – угол падения и угол отражения • Лучи падающий и отражённый лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведённым к границе раздела двух сред в точке падения луча. Угол падения α равен углу отражения β • $\angle\alpha = \angle\beta$ • От источника S направим на экран пучок света, экран будет освещён, но между экраном и источником мы ничего не увидим (рис. 127, *а*). Теперь между источником и экраном разместим какой-либо предмет – листок бумаги, руку. В этом случае излучение, достигнув поверхности предмета, отражается, меняет своё направление и попадает в наши глаза и так далее • С помощью зеркала можно получить «световой зайчик», см. рис. 128 • Распространение световых лучей при попадании их на стекло, воду, зеркало.

При внимательном чтении параграфа видно, что текст очень сложный: в теме содержатся смешанные структуры учебного текста – явление, величина и закон; нет прямых ответов на некоторые пункты планов, их надо увидеть и вспомнить из предыдущего урока, представить из жизненного опыта и записать. Например, ответ на последний пункт взят из предыдущего § 62 «Источники света. Распространение света», то есть ученик должен использовать его как уже знакомый элемент знаний.

Таким образом, работая с карточкой самостоятельно, ученик по частям прорабатывает пошагово, по цепочке: восприятие→мыслительная деятельность→вывод – весь текст нового параграфа.

Поэтапное освоение и применение типовых планов. В 7-м классе после нескольких уроков с анализом текста – выделение определений, формулировок, опытов, формул – на примере одной темы ввожу один подходящий по содержанию план. Например, при изучении темы «Инерция» ([3, с. 40–42]) – типовой план «Что надо знать о явлении».

– Делаю анализ структуры учебного текста: выделяю новое понятие – *инерция*, старое – *скорость*, выделяю опыт, примеры из текста и из жизни.

– Формулирую главную содержательную идею текста – *происходит «явление»*, привожу примеры явлений из других предметных областей. Из курса географии – «выпадение осадков», «ночной, дневной бриз», из курса истории – «революция». Подчёркиваю общие признаки понятия «явление» из разных областей – это процесс, происходящий в жизни и характеризующийся вполне определёнными величинами. Объясняю необходимость плана для изучения любого явления из курса физики, ввожу понятие типового плана. Учащиеся записывают под диктовку план в конце своей рабочей тетради, для того чтобы он был в наличии на каждом уроке.

– Объясняю тему согласно соответствующим пунктам плана «явления».

– Учащиеся на следующем уроке воспроизводят тему по плану «явления», а на последующих подходящих уроках уже самостоятельно ищут ответы по плану (в парах или индивидуально).

Обязательно нужно проверить все ответы, отметить правильные и скорректировать неполные и ошибочные. В итоге выслушать ответ более сильного ученика, оценить и прокомментировать его выступление.

Все остальные планы ввожу поочерёдно, в соответствии с темами. Таким образом, все планы сохраняются до конца учебного года в одном месте – в конце тетради. В итоге учащиеся отрабатывают навыки работы с планом, обучаются быстро искать нужную информацию, видеть структуру текста. В последующих классах требую наличия этих планов также в конце рабочей тетради. Это обеспечивает включённость каждого ребёнка в учебный процесс.

Рассмотрим в качестве примера комплексное применение системы планов при изучении одной темы – «Тепловые явления» (8-й класс, учебник А. В. Пёрышкина [3, с. 3–29]), см. табл. 1.

Таблица 1

Тема	Типовой план
Теплое движение. Темпераура	Что надо знать о явлении
Внутренняя энергия	Что надо знать о величине
Способы изменения внутренней энергии тела	Что надо знать о явлении
Теплопроводность	Что надо знать о явлении
Конвекция	Что надо знать о явлении
Излучение	Что надо знать о явлении
Количество теплоты. Единицы количества теплоты	Что надо знать о величине
Удельная теплоёмкость	Что надо знать о величине
Расчёт количества теплоты, необходимого для нагревания тела или выделяемого им при охлаждении	Что надо знать о законе
Энергия топлива. Удельная теплота сгорания	Что надо знать о величине
Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах	Что надо знать о законе

Определение уровня сформированности умений

А.В. Усова для определения уровня сформированности умений рассматривает три уровня самостоятельного изучения текстов [1, с. 42–43]. Я также рассматриваю три уровня со следующими качествами-критериями: осознанность, полнота, оперативность, логичная устная и письменная речь.

1-й уровень (низший) – учащийся умеет находить ответы в тексте на отдельные пункты планов при отсутствии полного логичного ответа.

2-й уровень – учащийся умеет находить все ответы, но путаясь или не соблюдая логичности и последовательности.

3-й уровень – после просмотра темы, заголовков, рисунков, схем, выделенного текста учащийся понимает, структуру какого учебного текста он должен изучить, самостоятельно определяет и выбирает соответствующий план. Его речь последовательная, логичная. Считаю, что в целом навыки быстрого чтения сформированы.

Для определения уровня сформированности самостоятельной работы с учебным текстом я систематически веду мониторинг в виде табл. 2, из которой видно, у кого и что «западает», с кем нужно простроить индивидуальную работу. По каждому плану выделяю три основных аспекта ответов: определение структуры учебного текста, устный ответ по плану, письменный ответ по плану (см табл. 2).

Неформальное понимание дискретности информации и видение структурных единиц текста позволяет быстро по заданию учителя делать выборку изучаемого вопроса, экономить время. Было бы хорошо, если бы и на других предметах педагоги так же работали с текстами – тогда у учащихся сложилась бы единая система универсальных навыков и умений работы с текстом. Эта технология даёт большое развитие мыслительной деятельности, и обязательно, повлияет на качество успеваемости по всем предметам.

На практике формирование учебно-информационных умений зачастую разрывается по отдельным годам обучения. Представляется целесообразным их параллельное формирование в комплексе, чтобы обеспечить осознание каждого из формируемых приёмов – это позволит школьникам свободнее использовать их в процессе обучения физике в дальнейшем [4].

Таблица 2

ФИ	Явление			Величина			Прибор			Закон		
	Опр.	Уст.	Пис.	Опр.	Уст.	Пис.	Опр.	Уст.	Пис.	Опр.	Уст.	Пис.

Литература

1. Усова А. В., Бобров А.А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. 1988. М.: Просвещение. 1988.
2. Крутский А.Н., Косихина О.С. Психодидактика: новые технологии в преподавании физики: дистанционный курс 16-002 Педагогического университета повышения квалификации учителей «Первое сентября» / Лекции 1–4. М.: ИД «Первое сентября». 2006. (Лекция 2 «Дискретный подход к обучению и усвоению знаний». С. 13–23.)
3. Пёрышкин А.В. Физика. 7 класс. М.: Дрофа. 2007.
4. Ивашко Т.Ф. Формирование учебно-информационных умений у учащихся при обучении физике / Школьная физика для учителей и учеников. Интернет ресурс: http://www.alsak.ru/item/146-4.html

Марина Ивановна Резниченко – учитель физики и информатики I квалификационной категории, окончила Красноярский ордена «Знак Почёта» ГПИ в 1988 г., педагогический стаж 24 года. Первые два года работала в Азербайджане, потом 20 лет в школе с. Ровное Балахтинского района Красноярского края, сейчас – в г. Ачинске. Неоднократный призёр всероссийских, краевых и городских конкурсов, победитель Всероссийского конкурса за социальный видеоролик по дополнительному образованию. Педагогическое кредо: каждый день – что-то новое. Хобби: фото- и видеосъёмка.

Итоги ОГЭ по физике в г. Москве

Представлены основные положения аналитического отчёта ФИПИ по результатам ОГЭ-2014 по физике: структура экзаменационного варианта, основные результаты, приведены примеры заданий, вызвавших наибольшие заруднения у участников экзамена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: основной государственный экзамен (ОГЭ), г. Москва

Е.Е. КАМЗЕЕВА
kamzeeva@mail.ru,
МЦКО, ФИПИ, г. Москва

Основной государственный экзамен (ОГЭ) по физике является экзаменом по выбору учащихся и выполняет две основные функции: итоговая аттестация выпускников основной школы и создание условий для дифференциации учащихся при поступлении в классы, где физика является профильным предметом. Для этих целей в работу были включены 27 заданий трёх уровней сложности. Выполнение заданий базового уровня сложности позволяло оценить уровень освоения наиболее значимых содержательных элементов стандарта по физике и овладение наиболее важными видами деятельности, а выполнение заданий повышенного и высокого уровней сложности – степень подготовленности учащегося к продолжению образования на следующей ступени обучения с учётом дальнейшего уровня изучения предмета (базовый или профильный).

Структура экзаменационного варианта обеспечивает проверку всех предусмотренных стандартом видов деятельности: усвоение понятийного аппарата курса физики основной школы, овладение методологическими знаниями и освоение экспериментальных умений, использование при выполнении учебных задач текстов физического содержания, применение знаний при решении расчётных задач и объяснении физических явлений и процессов в ситуациях практико-ориентированного характера.

Максимальный первичный балл за выполнение всех заданий работы составлял 40 баллов. Ориентиром при отборе в профильные классы может быть показатель, нижняя граница которого соответствует 30 баллам.

На основе баллов, выставленных за выполнение всех заданий работы, подсчитывал тестовый балл, который переводился в отметку по пятибалльной шкале. Рекомендации по интерпретации результатов выполнения тренировочных работ приведены в табл. 1.

Таблица 1.
Шкала пересчёта первичного балла за выполнение экзаменационной работы в отметку по пятибалльной шкале

Отметка по пятибалльной шкале	«2»	«3»	«4»	«5»
Общий балл	0–8	9–18	19–29	30–40

В 2013/2014 уч. г. произошли существенные технологические изменения в организации и проведении ОГЭ: • сформирован открытый банк заданий ОГЭ (на сайте Федерального института педагогических измерений http://www.fipi.ru/) • разработано программное обеспечение для автоматической сборки вариантов экзаменационных работ. В результате каждый регион получил свои варианты работ.

Проанализируем результаты выполнения экзаменационных работ на примере г. Москвы.

Результаты ОГЭ в Москве. Количество выпускников основной школы, принявших участие в ОГЭ по физике в 2014 г., составило 5341 человек, из них 1159 девушек и 4182 юношей. Максимально возможные 40 баллов за весь тест набрали 8 участников экзамена. Уменьшение сдававших экзамен девятиклассников по сравнению с 2013 г. (6908 чел.) мы связываем с сокращением в 2014 году минимально допустимого числа экзаменов до двух обязательных – по математике и русскому языку.

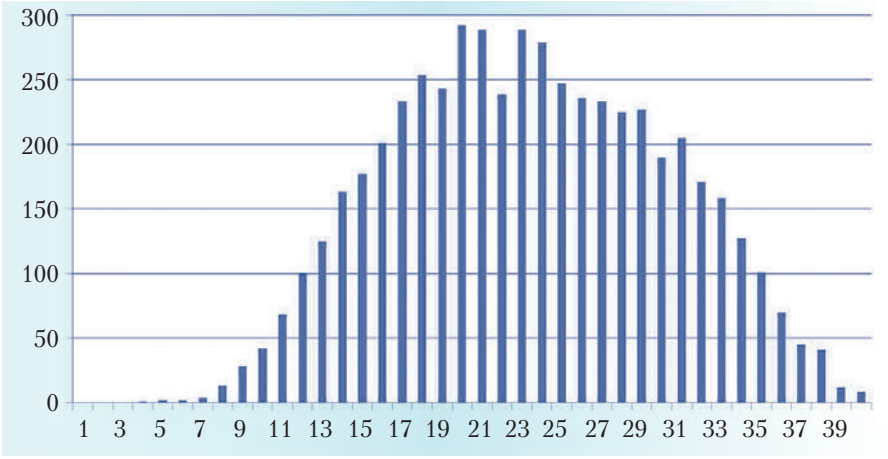
На диаграмме 1 представлено распределение участников экзамена по полученным первичным баллам. Кривая со стороны низких баллов практически обнулена, что свидетельствует о том, что девятиклассники пришли подготовленными. Значительный процент участников экзамена – это учащиеся московских физико-математических лицеев, что обуславливает смещение кривой в сторону высоких баллов и обеспечивает в целом высокие показатели качества обучения физике.

В табл. 2 представлено распределение учащихся по полученным за экзамен отметкам в сравнении с предыдущими двумя годами.

Таблица 2.
Доля учащихся, получивших данную отметку, %

Год	Отметка		
	«3»	«4»	«5»
2012	11,5	51,6	36,6
2013	9,5	41,6	48,5
2014	26,0	52,4	21,1

73,5% выпускников основной школы, принимавших участие в экзамене по физике, показали хорошие и



Распределение участников экзамена по полученным баллам

отличные результаты, при этом более 21% полностью готовы к изучению физики на профильном уровне. 52,4% учащихся, продемонстрировавших хорошие результаты, также могут продолжать обучение в профильных классах, но при условии проведения с ними определённой индивидуальной работы по коррекции знаний и умений.

Уменьшение суммарного процента «хорошистов» и «отличников» в 2014 г. по сравнению с двумя предыдущими годами, возможно, объясняется тем, что в этом году были ликвидированы нарушения в технологии проведения экзамена.

Анализ выполнения заданий экзаменационной работы. Содержательный элемент считается усвоенным, если доля выполнения для заданий базового уровня сложности превышает 65%, а для заданий повышенного и высокого уровня сложности – 50%.

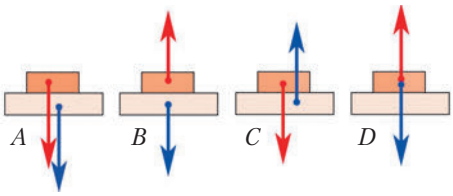
Большинство заданий базового уровня сложности показали высокое выполнение за исключением отдельных заданий, проверяющих освоение следующих элементов содержания: • 2-й и 3-й законы Ньютона (среднее выполнение 60%) • закон сохранения импульса (61%) • звуковые волны (62%) • электризация (55%) • магнитное поле, электромагнитная индукция (54%). Ниже приведены примеры заданий, которые вызвали затруднения у школьников.

Учащиеся затрудняются качественно применить законы Ньютона в практико-ориентированных ситуациях (примеры 1 и 2).

Пример 1. Шарик массой 400 г подвешен на невесомой нити к потолку лифта. Сила натяжения нити больше 4 Н в момент, когда лифт:

1) движется равномерно вверх;
2) покоится;
3) начинает подъём;
4) начинает спуск.

Пример 2. На каком рисунке верно изображены силы, действующие между столом и книгой, покоящейся на столе?



1) *A*; 2) *B*; 3) *C*; 4) *D*.

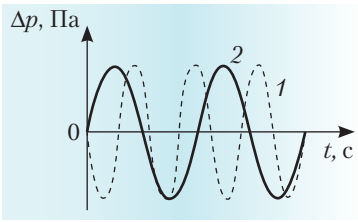
В задании на закон сохранения импульса (пример 3) были приведены «лишние» данные (отношение масс пистолета и пули). Учащиеся пытались использовать эти данные и выбирали неверные ответы.

Пример 3. Масса пистолета в 100 раз больше массы пули. При выстреле пуля вылетает из пистолета, имея импульс, модуль которого равен p. Модуль импульса пистолета в этот момент равен:

1) p; 2) $10p$; 3) $100p$; 4) $p/100$.

В контрольных измерительных материалах (КИМ) ОГЭ широко используются задания, включающие графики, таблицы, диаграммы, схематические рисунки, которые служат не только иллюстрацией к заданию, но сами являются источником необходимой для выполнения задания информацией (примеры 4–6). При изучении в курсе основной школы темы «Звуковые волны» всегда обсуждается вопрос об амплитуде и частоте звуковой волны и их связи с громкостью звука и высотой тона. Возможно, дополнительная сложность при выполнении задания (пример 4) возникла в связи с необходимостью сравнить информацию, заданную в виде графика.

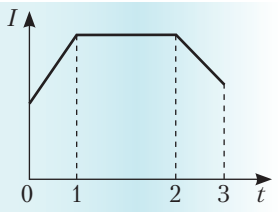
Пример 4. На рисунке представлены графики изменения давления воздуха от времени для звуковых волн, издаваемых двумя камертонами. Сравните амплитуду изменения давления и высоту тона волн.



1) Амплитуда изменения давления одинакова; высота тона первого звука больше, чем второго;
2) высота тона одинакова; амплитуда изменения давления в первой волне меньше, чем во второй;
3) амплитуда изменения давления и высота тона одинаковы;
4) амплитуда изменения давления и высота тона различны.

Учащиеся хорошо справляются с заданиями на узнавание и описание явления электромагнитной индукции, когда в тексте задания явно указывается на изменение магнитного потока, пронизывающего замкнутый контур (или приводится рисунок входящего в катушку полосового магнита). Неявное задание изменения магнитного потока (в примере 5 необходимо было связать изменение магнитного потока с изменением электрического тока, создающего магнитное поле) создало трудности.

Пример 5. В большую катушку, замкнутую на гальванометр, вставлена малая катушка, соединённая с источником тока. Зависимость силы тока *I* в малой катушке от времени *t* показана на графике.

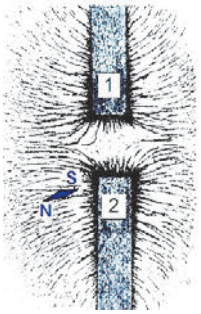


В какой(-ие) промежуток(-ки) времени в большой катушке возникает индукционный ток?

1) только 0–1;
2) только 2–3;
3) только 0–1 и 2–3;
4) 0–3.

Задания типа приведённого в примере 6 в различных вариациях применяется в экзаменационных работах не первый год. Затруднения испытывают те школьники, которые никогда не видели реального эксперимента по наблюдению линий магнитного поля с помощью железных опилок.

Пример 6. На рисунке представлена картина линий магнитного поля, полученная с помощью магнитной стрелки и железных опилок от двух полосовых магнитов. Каким полюсам полосовых магнитов соответствуют области *1* и *2*?



1) *1* – северному полюсу, *2* – южному;
2) *2* – северному полюсу, *1* – южному;
3) и *1*, и *2* – северному полюсу;
4) и *1*, и *2* – южному полюсу.

Традиционно учащиеся испытывают трудности при выполнении заданий на описание явления электризации (пример 7). Для объяснения различных электрических явлений учитель многократно обращается к планетарной модели строения атома. Для восприятия и визуализации достаточно абстрактной модели движения электронов (с помощью многочисленных иллюстраций, компьютерных интерактивных моделей и анимаций). Тем не менее результаты выполнения экзаменационных работ свидетельствуют о том, что эта модель в сознании многих учащихся остаётся несформированной.

Пример 7. Приблизим к незаряженному проводнику, состоящему из двух частей: А и Б, изолированный положительно заряженный металлический шар (рис. 1).

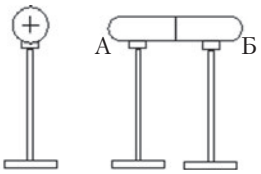


Рис. 1

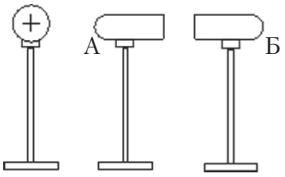


Рис. 2

Если затем отделить проводники А и Б друг от друга (рис. 2), то:

1) оба проводника будут иметь положительный заряд;
2) оба проводника останутся незаряженными;
3) проводник А будет иметь положительный заряд, а проводник Б – отрицательный;
4) проводник Б будет иметь положительный заряд, а проводник А – отрицательный.

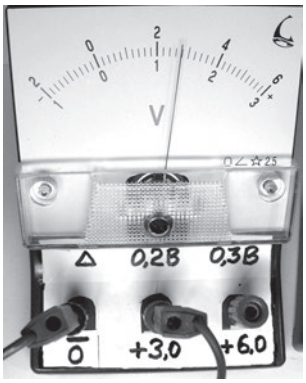
Ряд заданий, включённых в содержание экзаменационной работы, объединялись не по содержательному (тематическому) признаку, а по умениям, на проверку которых они были направлены. Ниже приведён краткий анализ выполнения этих линий заданий.

Понимание текстов физического содержания проверялось группой заданий 17–19 (два задания с выбором ответа и одно задание с развёрнутым ответом). Установлено, что учащиеся достаточно успешно разбираются в описании новых для них физических явлений и правильно отвечают на прямые вопросы к тексту (в среднем, выполнение задания 17 составило 82%) и справляются с заданием 18 на сопоставление информации из разных частей текста, перевод информацию из одной знаковой системы в другую (80%). Однако с заданием 19 с развёрнутым ответом (повышенной сложности), контролирующим сформированность умения использовать информацию из текста в изменённой ситуации, справились только 48,5% школьников. Таким образом, выпускники основной школы испытывали затруднения в построении цепочки логически связанных рассуждений, объясняющих протекание явления, особенности его свойств и тому подобное, даже если задание построено на материале предлагаемого текста физического содержания.

Понятно, что задание 25 с развёрнутым ответом, представляющее собой качественный вопрос, описывающий явление или процесс из окружающей жизни, вызвало ещё большие затруднения у тестируемых (среднее выполнение 31%, причём оно низкое из года в год). Мы связываем это с тем, что в практике преподавания предмета качественные задачи обычно решаются на уроке устно.

Владение основами знаний о методах научного познания и экспериментальные умения проверялись в заданиях 16 (с выбором ответа), 23 (задания с кратким ответом на множественный выбор) и 24 (экспериментальные задания, выполняемые на реальном оборудовании). Задания 16 и 23 контролировали следующие умения: • определять цену деления прибора и снимать показания прибора с учётом погрешности прямого измерения • конструировать экспериментальную установку, выбирать порядок проведения опыта в соответствии с предложенной гипотезой • проводить анализ результатов экспериментальных исследований, в том числе, выраженных в виде таблицы или графика • иметь представления о научном методе познания. Среднее выполнение для заданий 16 составил примерно 68%, для заданий 23 – 72%.

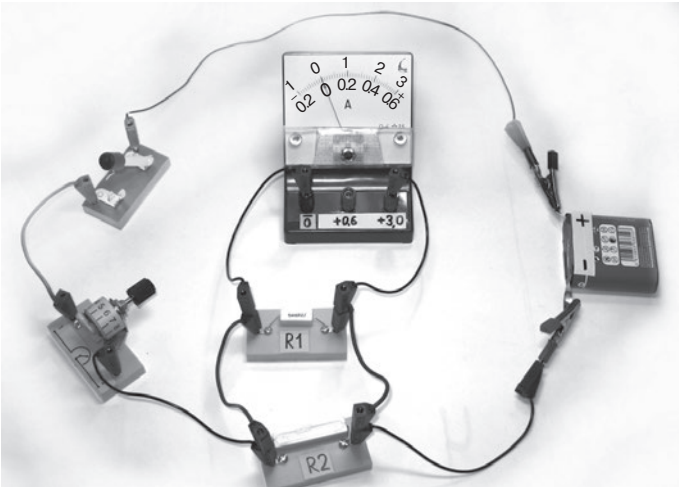
В этом году база этих групп заданий пополнилась за счёт заданий, построенных на фотографиях реальных приборов и экспериментальных схем (примеры 8 и 9).



Пример 8. Запишите результат измерения электрического напряжения (см. рисунок), учитывая, что погрешность измерения равна цене деления.

1) (1,4 ± 0,2) В;
2) (1,4 ± 0,1) В;
3) (2,8 ± 0,1) В;
4) (2,8 ± 0,2) В.

Пример 9. Ученик собрал электрическую цепь, представленную на рисунке.



Какое утверждение верное?

1) При замыкании ключа амперметр покажет силу электрического тока, протекающего через реостат R;
2) при замыкании ключа амперметр покажет силу электрического тока, протекающего через резистор R_1;
3) при замыкании ключа амперметр покажет силу электрического тока, протекающего через резистор R_2;
4) амперметр включён в электрическую цепь неверно.

Экспериментальное задание 24 в 2014 г. имело среднее выполнение около 37%. Этот результат значительно ниже по сравнению с результатами, полученными в Москве в предыдущем году (47%). Это может быть связано с тем, что спектр проверяемых экспериментальных умений расширяется (хотя остаётся открытым, и перечень экспериментальных заданий публикуется в спецификаци и). Дополнительная сложность в выполнении экспериментальных заданий в этом учебном году могла возникнуть также из-за того, что пункты проведения экзамена для выпускников основной школы формировались на базе «чужих» школ, и учащиеся могли получить непривычные для них комплекты экспериментального оборудования.

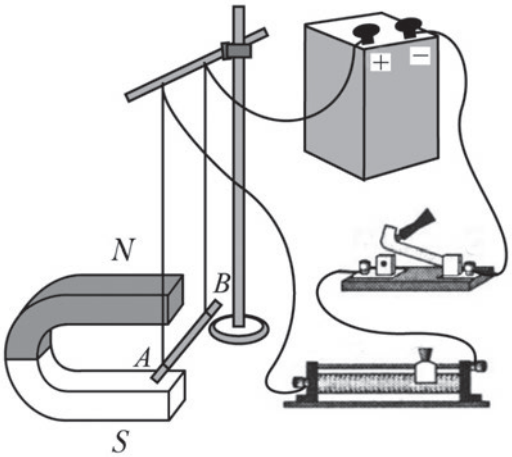
Трудности возникли при выполнении заданий 22 и 23 на анализ физических явлений и процессов (среднее выполнение заданий составило соответственно 33% и 45%). Задание 22 (на соответствие) контролирует умение описывать изменение физических величин в ходе того или иного явления или процесса (пример 10). Задание 23 (повышенной сложности) дополнительно к умению всесторонне анализировать физические процессы проверяет умение работать с информацией, заданной в виде таблиц, графиков, рисунков (пример 11).

Пример 10. В процессе трения о шёлк стеклянная палочка приобрела положительный заряд. Как при этом изменилось количество заряженных частиц на палочке и шёлке при условии, что обмен атомами при трении не происходил? Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при этом. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ
А) Количество электронов на шёлке. Б) Количество электронов на стеклянной палочке. В) Количество протонов на шёлке	1) увеличилось; 2) уменьшилось; 3) не изменилось

А	Б	В

Пример 11. Электрическая схема содержит источник тока, проводник *AB*, ключ и реостат. Проводник *AB* помещён между полюсами постоянного магнита (см. рисунок).



Используя рисунок, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

1) При замкнутом ключе электрический ток в проводнике имеет направление от точки *A* к точке *B*.
2) Линии магнитной индукции поля постоянного магнита в области расположения проводника *AB* направлены вертикально вниз.
3) Электрический ток, протекающий в проводнике *AB*, создаёт неоднородное магнитное поле.
4) При замкнутом ключе проводник будет втягиваться в область магнита влево.
5) При перемещении ползунка реостата влево сила Ампера, действующая на проводник *AB*, уменьшится.

Традиционно из года в год среднее выполнение расчётных задач высокой степени сложности (задания 26 и 27) не превышает 30–35%, хотя задачи представлены (без решения) в открытом банке заданий.

Рекомендации по подготовке к ОГЭ 2015 г. При планировании тематических контрольных работ целесообразно проводить их предварительный анализ и коррекцию, учитывая необходимость проверки не только элементов содержания, но и видов деятельности, а при разработке тематического планирования – анализ всех возможных для реализации лабораторных работ, практических заданий и ученических опытов. Желательно, чтобы у учащихся в процессе выполнения различных практических работ была возможность освоить алгоритмы выполнения различных типов экспериментальных заданий.

В рамках курсовой системы повышения квалификации и переподготовки учителей физики необходимо больше внимания уделять методике формирования новых для предмета видов деятельности, методике формирования у школьников универсальных учебных умений работать с информацией.

В 2015 г. будет изменена структура работы (нумерация заданий и порядок их следования) без изменения содержания. Эти изменения связаны с введением нового образца бланка ответов, а также с необходимостью по возможности выстроить экзаменационную работу в логике проверяемых видов деятельности. Все изменения отражены в проекте Спецификации контрольных измерительных материалов для проведения в 2015 г. ОГЭ по физике и Демонстрационном варианте экзаменационной работы, опубликованных на сайте ФИПИ http://www.fipi.ru/

Коды ответов и ответы

Пример	1	2	3	4	5	6
Ответ	3	2	1	1	3	3
Пример	7	8	9	10	11	
Ответ	4	2	4	123	23	

Реклама

Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Приглашаем педагогов

на профессиональную переподготовку по программе

«Преподавание естествознания в общеобразовательных учреждениях»

с использованием дистанционных образовательных технологий.

ФГОС среднего (полного) общего образования предполагает введение в классах социально-экономического, гуманитарного и иных профилей интегративного курса «Естествознание».

Энгельсский технологический институт (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. предлагает уникальную возможность дистанционно пройти *профессиональную переподготовку с получением диплома установленного образца на право ведения нового вида профессиональной деятельности.*

Курирует программу д.х.н., профессор *Остроумов И.Г.*, соавтор УМК «Естествознание» (издательство «Дрофа»), включенного в Федеральный перечень учебников.

Объем учебной нагрузки – 254 часа.
Продолжительность обучения – 6 мес.
Стоимость обучения – 16 000 р.
Начало работы группы удаленного доступа – ноябрь-декабрь 2014 г.
Дополнительная информация:
e-mail: cno.eti@gmail.com
тел. 8-(8453) 55-78-15,
8-960-355-91-52

Лицензия Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки 90Л01 № 000211 рег. № 0197 от 02.08.2012 г.

Как разработать пропедевтический курс по физике

Приглашение на обучающую стажировку, в ходе которой участники ознакомятся с разными компьютерными программами для обработки мультимедийного материала, усовершенствуют навыки работы в программах **Microsoft Office**, повысят уровень знаний по предмету и методике преподавания физики, научатся создавать личные базы как учебного, так и занимательного материала, который можно использовать на уроках физики и внеклассных мероприятиях (интеллектуальные игры, викторины, физические вечера). Обучение платное.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пропедевтический курс «Физика вокруг нас», стажировка, обучение ИКТ-приёмам создания учебного и занимательного материала к урокам и внеклассным мероприятиям

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ОБРАЗОВАНИИ www.preemstvennost.ru

Дистанционная обучающая стажировка, 72 ч

Е.В. АЛЕКСЕЕВА
n-ever@yandex.ru,
ЧУ СОШ Первая Школа, САО,
г. Москва

Многоуважаемые коллеги!

Приглашаю учителей физики и методистов по физике начальной и основной школы на свою авторскую дистанционную обучающую стажировку «Разработка пропедевтического курса по физике» (72 ч), который будет проводиться в форме вебинаров с ноября 2014 г. по май 2015 г. на сайте «Преемственность в образовании» www.preemstvennost.ru

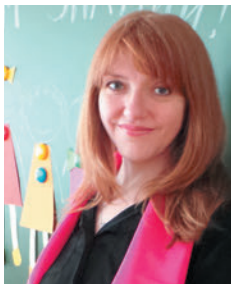
Записаться можно, подав заявку по электронной почте на сайте site@preemstvennost.ru. Обучение платное.

Стажировка организована по просьбе педагогов, участвовавших в вебинаре «Структура и содержание пропедевтического курса "Физика вокруг нас"», проведенного в онлайн-режиме 19.05.2014 г. (с материалом вебинара можно ознакомиться на сайте http://preemstvennost.ru/ «Календарь событий»/ 19.05.2014, а также на первом занятии). Её цель – более подробно ознакомить со структурой пропедевтического курса и содержанием учебного материала; научить осуществлять уверенный поиск в интернете с целью создания личной базы материалов, которые можно использовать на уроках физики и дополнительных занятиях; научить пользоваться разными компьютерными программами для обработки мультимедийного материала; усовершенствовать навыки работы в программах **Microsoft Office**, повысить уровень знаний по предмету и методике преподавания физики.

Предлагаемая стажировка позволит учителям создать собственный полный пропедевтический (3–6-й классы) или элективный (7–11-й классы) курсы по физике, а также проводить отдельные занятия соревновательного характера (интеллектуальные игры, викторины, миниолимпиады, физические вечера и тому подобное) при изучении основного курса физики в 7–11-м классах.

Стажировка включает систему упражнений по пройденным темам для отработки умений и навыков; упражнения выполняются по желанию. Кроме того предполагается выполнение обязательного практического задания – разработать по предложенной схеме занятие по любой (в том числе, выходящей за рамки школьного курса физики) теме в виде мультимедийной презентации с текстовым сопровождением. Работа оценивается по рейтинговой шкале. Работы с наибольшим количеством баллов будут опубликованы в журнале «Физика» ИД «Первое сентября» (с указанием автора и выплатой гонорара).

При обучении в качестве примеров будут предложены занятия из моего уже готового пропедевтического курса, публиковавшегося в журнале «Физика» ИД «Первое сентября» в 2013/2014 уч. г. с продолжением в 2014/2015 уч. г. Обучающимся будет предоставлена возможность бесплатно скачать несколько занятий по ссылкам, которые будут указаны в презентациях к вебинару. Полную версию курса можно приобрести в ИД «Первое сентября» (сайт https://my.1september.ru/pricelist/). Программу стажировки см. на с. 27 и на сайте http://preemstvennost.ru/ «Календарь событий».



Елена Валентиновна Алексеева – учитель физики высшей квалификационной категории, окончила МГОГИ (бывший ОЗПИ) в 1993 г., педагогический стаж 21 год. Работала в лицее г. Рошаля (1993–2010), московских школах НОЧУ «Апогей» ЮЗАО и ЧУ СОШ Первая Школа САО. Участник конкурса «Учитель года-2005», лауреат премии губернатора МО. Педагогическое кредо: развить в учениках уверенность в своих силах и понимание необходимости быть образованным, всесторонне развитым и самостоятельным человеком, не ограниченным для самоусовершенствования. Проблемы: времени меньше, чем желания и возможности узнать и уметь больше и научить других. Награды: Почётная грамота МОиН МО «За многолетний и добросовестный труд, успешную работу в деле обучения и воспитания учащихся». Хобби: чтение.

ПРОГРАММА СТАЖИРОВКИ

Занятие	Содержание	Ресурсы
Занятие 1 Введение. Структура и содержание пропедевтического курса на примере курса «Физика вокруг нас»	Особенности проведения курса. Ожидаемые результаты. Вариативная структура курса. Фрагменты мультимедийного учебного материала (см. электронные приложения (ЭП) к журналу «Физика» 2013–2015 гг. ИД «Первое сентября»). Внимание: участникам вебинара 19.05.2014 это занятие можно пропустить	**Вебинар от 19.05.2014** на сайте «Преемственность в образовании» (полная версия). URL: http://preemstvennost.ru/kalendar-sobytij/245-19-05-2014-vebinar-struktura-i-soderzhanie-propedevticheskogo-kursa-fizika-vokrug-nas; а также материалы вебинара – видеозапись (https://yadi.sk/i/DoR0fKoTZgefC), презентация (https://yadi.sk/d/Xl9Ty7aTZgGcP), видеоролик (https://yadi.sk/d/XjRbQXibZgJRS
Занятие 2 Структура и содержание занятия	Особенности преподавания физики в 5–6-м классах. Электронная версия занятия. Послайдовый текст. Занимательная физика	**Вебинар 1** (онлайн и видеозапись). *Материалы*: • Презентация 1 (ppt) • Занятие авторского курса «Физика вокруг нас» (ppt) • Послайдовый текст к занятию (doc) • Упражнение 1
Занятие 3 Развитие УУД в ходе изучения пропедевтического курса	Системно-деятельностный подход. Система развивающих заданий	**Вебинар 2** (онлайн и видеозапись). *Материалы*: • Презентация 2 (ppt) • Занятие авторского курса «Физика вокруг нас» (ppt) • Послайдовый текст к занятию (doc) • Примеры развивающих заданий (ppt) • Таблица «Элементы занятия и развиваемые УУД» (doc) • Упражнение 2
Занятие 4 Конкурсная игра как способ повторения и закрепления учебного материала	Шаблон игры, примерные правила, возможные варианты. Работа с гиперссылками. Содержание и типы вопросов, исследовательский характер вопросов. Уровень сложности, интеграция с учебными предметами естественнонаучного цикла. База вопросов, соблюдение авторских прав	**Вебинар 3** (онлайн и видеозапись). *Материалы*: • Презентация 3 (ppt) • Авторская игра (пример) (ppt) • Описание и правила игры (doc) • Шаблоны для создания игры (ppt) • Инструкции: как переходить по гиперссылкам в презентации (doc); как искать по базе вопросов «Что? Где? Когда?» • Упражнение 3
Занятие 5 Поиск информации в сети	Краткий обзор ресурсов. Сохранение мультимедийного материала (изображение, аудио- и видеоролики, гиф-изображения, флеш-анимации)	**Вебинар 4** (онлайн и видеозапись). *Материалы*: • Презентация 4 (ppt) • Инструкции: как сохранять мультимедийный материал из сети (doc) • Список ресурсов для работы (doc) • Упражнение 4
Занятие 6 Обработка материала	Редактирование и запись видеороликов. Создание гиф-изображения. Создание интеллектуальных карт в электронном виде (дополнительно, вне программы курса). Конвертирование файлов	**Вебинар 5** (онлайн и видеозапись). *Материалы вебинара*: • Презентация 5 (ppt) • Программы: **XMind** (exe), **GigCam** (exe), **Видеоредактор**, **конвертер** (exe) • Инструкции: как создать ментальную карту (doc), как создать гиф-изображение (doc), как работать в видеоредакторе (doc) • Упражнение 5
Занятие 7 Создание конечного продукта	Правила оформления презентации. Вставка мультимедийного материала. Колонтитулы. Архивирование с установкой пароля. Сохранение файлов на Яндекс-диске	**Вебинар 6** (онлайн и видеозапись). *Материалы вебинара*: • Презентация 6 (ppt) • Занятие авторского курса «Физика вокруг нас» (ppt) • Послайдовый текст к занятию (doc) • Инструкции: как вставить мультимедийный материал в презентацию (doc), как изменять и сохранять темы оформления (doc), как работать с колонтитулами (doc), как архивировать с паролем (doc), как загрузить файлы на Яндекс-диск (doc) • Программы: **WinRAR** (exe) • Упражнение 6
Занятие 8 Разработка учебного занятия	Внимание! Работы, набравшие наибольшее количество баллов, будут опубликованы	Требования к учебному пособию (doc) • Оценочная таблица (doc)

Определение качества бензина оптическим методом

Описан ученический проект, представленный на выставку НТТМ-2014.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экология атмосферы, октановое число бензина, коэффициент преломления

А.Ю. КИТАЙ
kitaialla@mail.ru,
ГБОУ СПО педагогический колледж № 4,
г. Москва

В последние годы всё большее внимание молодёжи привлекают экологические проблемы, в особенности связанные с экологией больших городов. Основным источником загрязнения атмосферы мегаполиса (Москвы, Санкт Петербурга) становятся автомобильные выхлопы. При этом само существование таких городов невозможно без автомобильного транспорта (и частного, и общественного). Так, в Москве, включая Московскую область) в 2011 г. один автомобиль приходился на 2–3 человека (всего – около 7 миллионов на 19 миллионов человек населения) [motor.ru/news/2011/02/28/cars/].

Ученики старших классов школ, учащиеся колледжей гуманитарного профиля зачастую просто не знают, как они могут участвовать в решении экологических проблем родного города. Нельзя же всерьёз воспринимать граффити ЗАПРЕТИМ В ЭТОМ РАЙОНЕ ДВИЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ. Конечно, подростки, пишущие на заборах подобные лозунги, уверены, что этим они помогают улучшать качество атмосферы в городе. Но это обман. Проблемы экологии надо решать с учётом существования автотранспорта. Одной из существенных причин загрязнения атмосферы автомобильными выхлопами является несоответствие состава бензина рабочим параметрам двигателя.

Работа бензинового двигателя внутреннего сгорания основана на использовании эффекта повышения температуры при сжатии горючей смеси (паров бензина и воздуха), что происходит в рабочем цилиндре. При этом горючая смесь должна воспламеняться при электрическом разряде *свечи зажигания*. При расчётных условиях фронт горения паров бензина движется со скоростью единицы–десятки метров в секунду. С точки зрения химии, это реакция окисления, идущая с выделением тепла. Однако, при «неправильном» качестве бензина происходит *детонация* – взрывное сгорание топливной смеси, когда скорость распространения фронта горения в цилиндре доходит до тысяч метров в секунду. В этом случае давление в цилиндре в десятки-сотни раз превосходит расчётное, и это вызывает тяжёлые повреждения двигателя вплоть до его разрушения. Другими словами, одна и та же реакция, из-за неверного подбора марки бензина для двигателя данного типа может приводить к аварии.

Октановое число бензина характеризует способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии до появления электрического разряда на свече зажигания. Изооктан (2,2,4 триметилпентан) препятствует возникновению детонации при любой степени сжатия – его детонационная стойкость принята за 100 единиц (*октановое число* 100, по шкале, принятой ещё в начале 1930-х гг.). Это вещество окисляется с большим трудом. Чем выше октановое число – тем сильнее горючее противостоит детонации.

Всё вышесказанное – это лишь немного расширенное изложение материала стандартного школьного учебника физики, посвящённого двигателям внутреннего сгорания. Ранее учащиеся изучали уравнение Клапейрона–Менделеева: $pV = \frac{m}{\mu}RT$ (здесь p – давление в паскалях, T – температура в К, V – объём в м^3, R – универсальная газовая постоянная, (m/μ) – число молей газовой смеси в цилиндре. Согласно уравнению (1), температура резко возрастает в цикле сжатия поршнем газовой смеси (уменьшение V, резкое возрастание p).

При расчётном режиме работы двигателя электрический разряд свечи зажигания и воспламенение газовой смеси в цилиндре происходит в момент, когда достигнут минимальный объём рабочей смеси. Если воспламенение за счёт некачественного бензина происходит раньше, то значительная часть внутренней энергии паров сгоревшего бензина будет затрачена «впустую» – резко вырастает температура самого двигателя, во много раз увеличивается концентрация CO и NO в выхлопе. Детонация при работе двигателя внутреннего сгорания не только разрушает сам двигатель, но ведёт к резкому ухудшению экологических условий его работы.

CO (так называемый *угарный газ*) чрезвычайно вреден для человека. Он образуется при сгорании органического топлива при недостатке кислорода. Давно известно, что нельзя преждевременно закрывать дымовую трубу протопленной печи (образующийся в условиях недостатка кислорода CO попадает в комнаты, что смертельно опасно для людей). Закись азота NO, наряду с угарным газом, является

сильным канцерогенным фактором. Сама по себе закись азота угнетает работу центральной нервной системы человека. Раньше этот газ использовался как анестезирующее средство при хирургических операциях, теперь это запрещено. Именно поэтому, курение, когда человек вдыхает (в очень маленькой концентрации) угарный газ и NO, нередко приводит к раку лёгких у завзятых курильщиков. Легко понять, почему нерасчётный режим работы двигателя внутреннего сгорания вреден для всех жителей города.

Следует отметить, что двигатели внутреннего сгорания работают не только на автомобилях. Так, на первом в мире теплоходе – нефтеналивной барже «Вандал», построенной в 1903 г. в России на Сормовском заводе (в Нижнем Новгороде) для «Товарищества братьев Нобель», были установлены три четырёхтактных дизельных двигателя мощностью 120 л. с. каждый. (Кстати, именно основной владелец «Товарищества братьев Нобель» основал в 1900 г. всемирно известную Нобелевскую премию за достижения в области науки.) В 1904 г. на том же заводе был построен грузопассажирский теплоход «Сармат».

Традиционно октановое число топлива определяют с помощью специального измерительного стенда – стационарного одноцилиндрового прототипа автомобильного двигателя. Этот стенд позволяет менять в широких пределах время вспышки в цилиндре (относительно длительности рабочего цикла), при этом измеряется температура в двигателе, а также определяется химический состав выхлопных газов. Анализ полученных данных позволяет определить октановое число тестируемого топлива. Соответствующий измерительный стенд представляет собой громоздкую дорогостоящую установку, требуются довольно сложные расчёты.

Современные автомобильные бензины представляют смеси компонентов, получаемых в различных технологических процессах. В бензинах в зависимости от углеводородного состава сырья и технологии синтеза может содержаться до 200 различных углеводородов. Естественно, что одним из основных показателей качества товарного бензина служит его октановое число. Получение высокооктанового бензина представляет собой сложный и дорогостоящий технологический процесс [1].

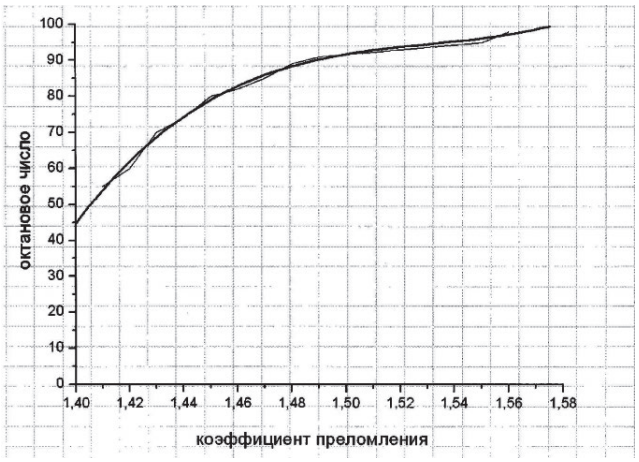
Технология изготовления бензина из нефти путём крекинга сложна, к тому же она сильно зависит от того, из какого месторождения добыта эта нефть. Именно поэтому уделяется серьёзное внимание разработке методов объективного и оперативного контроля октанового числа топлива.

К таким методам относится, прежде всего, оптический метод определения октанового числа, разработанный в Краснодарском крае [2]. Идея метода основана на том, что октановое число бензина однозначно связано с коэффициентом преломления бензина n_D^{20} (его измеряют на частоте жёлтого дублета натрия при температуре около 20 °C).

Для измерения коэффициента преломления жидкого бензина с самыми различными октановыми числами (ОЧ) использовался рефрактометр ИРФ454Б2М производства Казанского оптико-механического завода. Правила измерения с помощью этого прибора опубликованы в интернете [3]. Образцы бензина серии АИ были приобретены на бензоколонках компаний РОСНЕФТЬ и ТАТНЕФТЬ. Для измерений бензина с ОЧ < 92 использовался график, приведённый в работе [2], для определения октанового числа с ОЧ ≥ 98 в качестве эталона использовался бензин АИ-98 производства компании Роснефть. Смесь различных сортов бензина АИ укладывалась в график, приведённый ниже.

Точность определения коэффициента преломления была не хуже $5 \cdot 10^{-4}$, а точность определения ОЧ – не хуже 0,3...0,4.

Студенты нашего педагогического колледжа А. Абашина, К. Новикова, В. Старостина и Т. Байгуттуева под моим руководством принимали участие в экспериментальной работе по определению коэффициента преломления различных марок бензина. Проект был представлен на XIV Всероссийской выставке научно-технического творчества молодёжи и удостоен диплома НТТМ-2014.



Зависимость ОЧ от коэффициента n_D^{20}

Представляется, что проведение работ, подобных этой, не только расширяет кругозор учащихся, но и позволяет им реально почувствовать, как используются на практике знания по физике.

Литература

1. Смышляева Ю.А., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В., Зыонг Ч.Т., Фан Ф. Разработка базы данных по октановым числам для математической модели процесса компаундирования товарных бензинов // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 3. С. 75.
2. Брагин А.Ю., Завалинская И.С., Филиппов Е.Ф. Совершенствование технологии облагораживания прямогонной бензиновой фракции. // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. 2010. № 4. С. 198–204.
3. kazan-omz.ru/tovar_td/2984.doc

Звёздное небо в декабре

Описано звёздное небо, даны звёздные карты в зените, южной и северной частях горизонта, фазы Луны, планеты, метеорные потоки. Приведено изображение созвездий Лиры, Лебедя и Орла на фреске «Создание небес», Палаццо Беста (Флоренция, Италия), 1550 г., а также астрофотография системы колец вокруг белого карлика в планетарной туманности Кольцо (созвездие Лиры) и рисунок «каналов» Марса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, фреска «Создание небес», туманность Кольцо, каналы Марса, бактерии *Deinococcus radiodurans*

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

В первой половине месяца Солнце движется по созвездию Змееносца, 17 декабря оно переходит в созвездие Стрельца, а 22 декабря – из зодиакального *знака* Стрельца в *знак* Козерога. 21 декабря в $23^ч 33^м$ Солнце пересечёт точку зимнего солнцестояния ♑, и с этого момента наступит астрономическая зима. 1 декабря 2014 г. – 2 456 992-й юлианский дань, Солнце восходит на широте Москвы (по московскому времени) в $8^ч 36^м$, полдень наступает в $12^ч 19^м$, а зайдёт Солнце в $16^ч 00^м$, так что продолжительность ночи составляет 16 ч 36 мин. 31 декабря – 2 457 022-й юлианский день, восход Солнца – в $9^ч 01^м$, полдень – в $12^ч 32^м$, заход – в $16^ч 04^м$; продолжительность ночи – около 16 ч 57 мин. С учётом продолжительности гражданских и астрономических сумерек к астрономическим наблюдениям можно приступать после $18^ч$. На широте Москвы продолжительность дня составляет всего около 7 ч, а севернее день ещё короче. За Полярным кругом – в Мурманской области, на Таймыре и Чукотке – в течение нескольких суток Солнце вообще не восходит. В этих регионах полярная ночь, и наблюдать звёздное небо можно круглосуточно.

Опишем вид звёздного неба. По сравнению с ноябрём небесная сфера со звёздами повернулась примерно на 30° вокруг Полярной звезды в западном направлении. По этой причине из звёзд Летнего треугольника только яркий Денеб (α Лебедя) хорошо заметен на северо-западе низко над горизонтом. Созвездие Лиры приближается к горизонту, а Орёл с ярким Альтаиром уже касается его на западе. Зато на востоке взошли новые созвездия: Орион, Малый Пёс, Близнецы, – а Телец и Возничий поднялись ещё выше.

В созвездии Лиры расположена хорошо известная любителям астрономии и профессионалам планетарная туманность Кольцо (M57). Её легко найти в небольшой телескоп, правда, как слабое туманное пятнышко. Её вид в крупный же телескоп, да ещё при сложении снимков, полученных с помощью различных светофильтров, показан на приведённом снимке. Такие снимки позволяют проследить за распределением различных слоёв газа на различных расстояниях от центральной звезды –

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

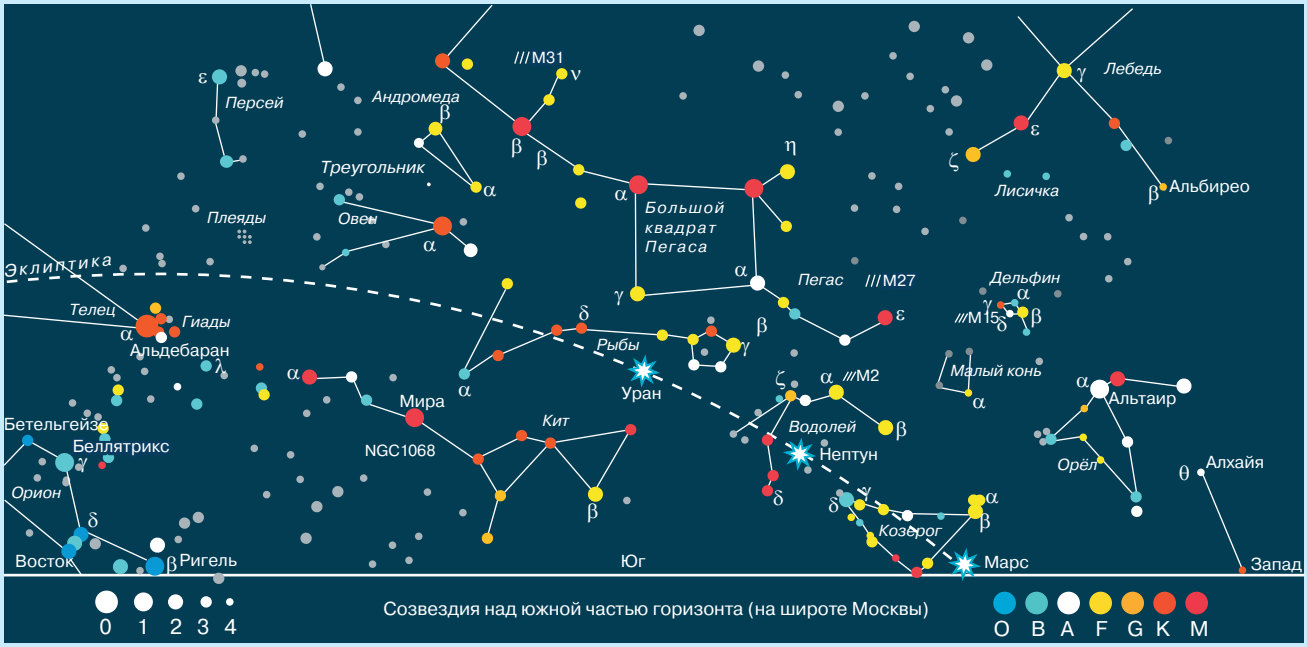
http://www.atlascoelestis.com/Anonimo_20.jpg

Созвездия Лиры, Лебедя и Орла. Неизвестный автор. Фрагмент фрески «Создание небес», Палаццо Беста, Флоренция (Италия), 1550 г. (*La creazione del cielo a Palazzo Besta Teglio, 1550*)

белого карлика. Диаметр расширяющейся оболочки составляет 1 св. год, а сама туманность находится на расстоянии около 2000 св. лет от Земли. Наше Солнце через примерно 5 млрд лет также пройдёт фазу планетарной туманности, которая длится всего несколько десятков тысяч лет по астрономическим меркам. В дальнейшем сброшенная звездой оболочка, расширяющаяся со скоростью несколько десятков километров в секунду, рассеется в межзвёздном пространстве, а на месте звезды останется её ядро размером с Землю – сверхплотный белый карлик. Так что имеет смысл попытаться найти в небольшой телескоп эту планетарную туманность и воочию увидеть последний выдох умирающей звезды типа Солнца.

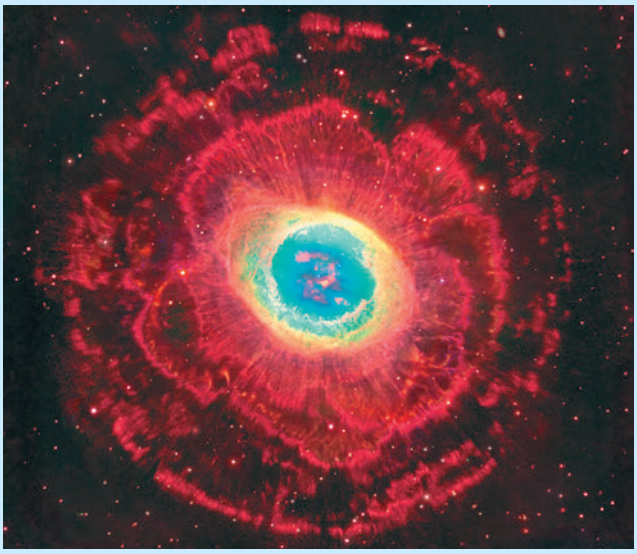
Вблизи небесного меридиана над точкой юга светила и созвездия находятся в верхней кульминации. Самые заметные из них – Кассиопея, Андромеда, а на самом юге, низко над горизонтом, Кит. Цепочка звёзд Андромеды указывает на созвездие Персея. А несколько севернее и западнее – знакомый нам пятиугольник созвездия Цефея. Южнее Кассиопеи обращает на себя внимание группа звёзд, похожая на увеличенный Ковш Большой Медведицы – созвездия Андромеды (ручка) и Пегаса (ковш). Астеризм из четырёх ярких звёзд «ковша» α, β, γ Пегаса – Маркаб, Шат, γ и α Андромеды (Альферац) астрономы называют Большой Квадрат Пегаса.

В созвездии Андромеды, конечно, самым интересным объектом является гигантская спиральная галактика M31 – Туманность Андромеды (около 4^m), угловые размеры достигают почти 3°, так что при хороших погодных условиях её можно увидеть невооружённым глазом, чуть выше звезды ν Андромеды. Звезда



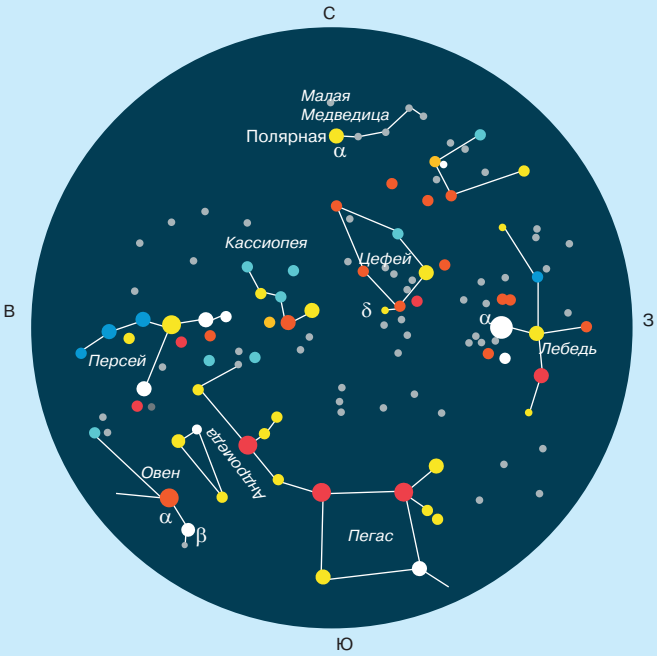
Аламак (γ) – красивая двойная звезда: главная (2^m), оранжевого цвета, имеет на расстоянии около 10″ голубой спутник (5^m). Наблюдение таких разноцветных пар всегда доставляет удовольствие, не упустите возможность.

Под Андромедой заметен вытянутый прямоугольный треугольник из трёх ярких звёзд – созвездие Треугольника. Звезда β Треугольника расположена как раз в вершине прямого угла. В этом созвездии примерно на полпути между α Треугольника и β Андромеды уже в бинокль можно увидеть другую спиральную галактику – M33 ($6{,}7^m$). Эта галактика, как и Туманность Андромеды, – одна из самых больших в местной группе галактик, куда входит и наш Млечный Путь с двумя спутниками (Большим и Малым Магеллановыми Облаками – они хорошо видны в южном полушарии невооружённым глазом) и ещё более десятка других небольших галактик. Местная группа галактик является небольшим скоплением галактик, связанных взаимным тяготением и обращающихся вокруг общего центра масс.



http://apod.nasa.gov/apod/ap140813.html

Система колец вокруг белого карлика в планетарной туманности Кольцо в созвездии Лиры



Созвездия вблизи зенита

В созвездии Персея, которое находится к северо-востоку от зенита, находится известная с древнейших времен переменная звезда Алголь (β Персея) – «*звезда дьявола*». По-арабски она называется Рас-эльгул – *голова ведьмы*. Самая яркая звезда созвездия – Мирфак (α). В переводе с арабского, Мирфак ас-Сурая – *локоть, ближайший к Плеядам*. Другие яркие звёзды: η – Мирам, κ – Мисам (*запястье*) и ξ – Менкиб (*плечо*). То, что почти все яркие звёзды Персея имеют названия, сохранившиеся с древних времен, указывает на важную роль этого созвездия в жизни народов древнего мира.

На юго-западе низко над горизонтом находятся созвездия Козерога и Водолея, по которым в этом месяце перемещается планета Марс. Планета видна около полутора часов после захода Солнца. В конце XIX в. многие астрономы, видели во время великих противостояний на его поверхности разветвлённую систему полос, которые,

Продолжение см. на с. 34

У нас в гостях журнал «Квантик»

См. также № 5–10/2014

Центр тяжести

С. ДВОРЯНИНОВ
dvoryan@yandex.ru,
журнал «Математика в школе»,
г. Москва

На каникулах Толик Втулкин был в музее железнодорожного транспорта. Там он обратил внимание на колонку, из которой в старину заправляли водой паровозы (см. рисунок на полях). Толик заметил, что её верхняя горизонтальная часть похожа на... секундную стрелку, изображённую на рисунке рядом с названием статьи.

Для чего эта стрелка имеет ненужное, на первый взгляд, утолщение на конце? На него, правда, немного материала уходит, а вот на гидроколонку – уже много. Сначала Толик подумал, что можно обойтись и без этих излишеств, но потом понял их назначение. У каждого тела есть центр тяжести. У однородного круга он совпадает с центром круга, у прямоугольника, квадрата и параллелограмма – с точкой пересечения их диагоналей. Центр тяжести треугольника – точка пересечения его медиан. Центр тяжести отрезка (по сути, очень узкого прямоугольника) совпадает с серединой отрезка.

Стрелки часов закреплены на оси, на которой они вращаются. Центр тяжести секундной стрелки, за счёт её утолщения на коротком конце, оказывается ближе к оси. В результате стрелка движется более плавно и меньше раскачивает ось. Для часовой и минутной стрелок это не так важно – они движутся менее интенсивно. Кроме того, чем ближе центр тяжести к оси, тем легче приводить стрелку во вращение.

А что же с колонкой? Утолщённое продолжение трубы в противоположную сторону тоже служит противовесом. Вообще, если мы хотим, чтобы некоторая механическая система была устойчива, её центр тяжести следует располагать над точкой опоры.

Толик вспомнил, как у них на кухне была небольшая кастрюля с одной ручкой, довольно тяжёлой. Если кастрюля была наполнена доверху, она устойчиво стояла на плите. А вот когда воды в ней было мало или совсем не было, то тут просто беда. Малейший толчок, неловкое движение – и кастрюля опрокидывалась на бок. Ясно, почему: ручка перевешивала, центр тяжести выходил за пределы опоры. В конце концов, эту опасную кастрюлю заменили другой, с ручкой покороче.

Когда турист несёт за спиной тяжёлый рюкзак (от немецкого *Sack* – мешок, *Rucksack* – заплечный мешок) с походным снаряжением, он наклоняется вперёд – при этом

центр тяжести системы «человек + рюкзак» оказывается над точкой опоры. В некоторых странах корзины с грузом носят на голове, опять же располагая центр масс груза над точкой опоры.

Люди давно заметили, что два ведра на коромысле нести легче, то есть удобнее, чем одно в руке. Строительный кран имеет противовес – он компенсирует тяжесть поднимаемого краном груза и препятствует падению.

Когда метатель молота раскручивает молот перед броском, то сам наклоняется в сторону, противоположную молоту. При этом центр тяжести системы человек + молот оказывается на оси вращения этой системы и опять же над точкой опоры.

А помните «невероятный молоток» из «Квантика» № 1/2013 (см. фото)? Центр тяжести молотка находился вертикально под точкой опоры линейки, и конструкция оказалась устойчивой.

Задача. Нижняя цепь на рисунке справа сначала висела так же свободно, как и верхняя (лишь её концы были закреплены). Потом нижнюю цепь натянули, потянув её середину вниз. Что при этом произошло с центром тяжести цепи – он поднялся, опустился или остался на месте?

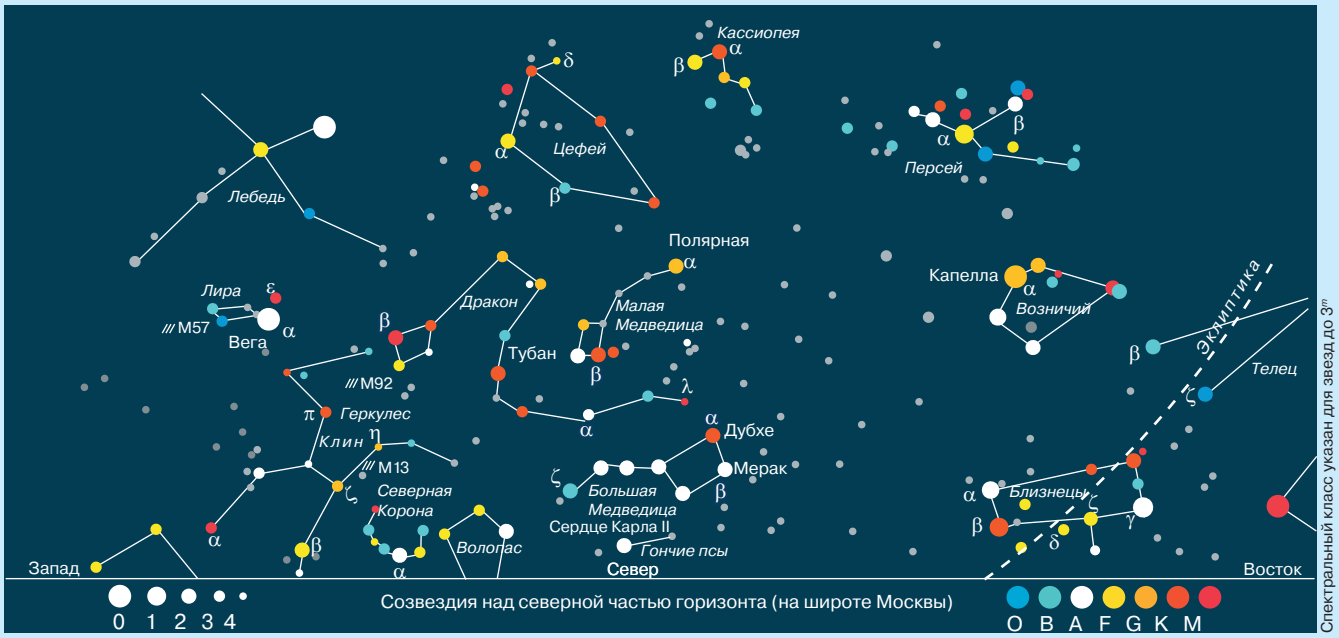
А как найти центр тяжести какого-нибудь плоского предмета? Если подвесить предмет за любую его точку, то центр тяжести предмета окажется точно под ней – он лежит на вертикальной прямой, проходящей через точку подвеса. Подвешивая предмет за разные точки и проводя такие прямые, можно найти их точку пересечения – она укажет на центр тяжести предмета.

По материалам журнала «Квантик» № 4/2014

ЖУРНАЛ КВАНТИК ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

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

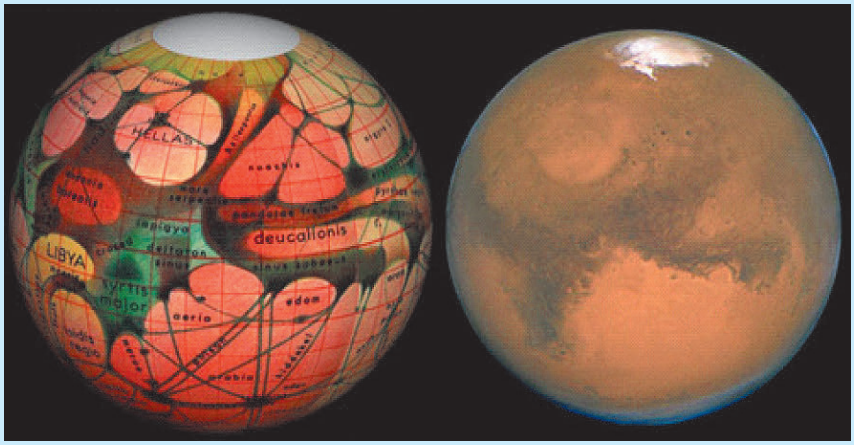
Художник Татьяна Ахметгалиева

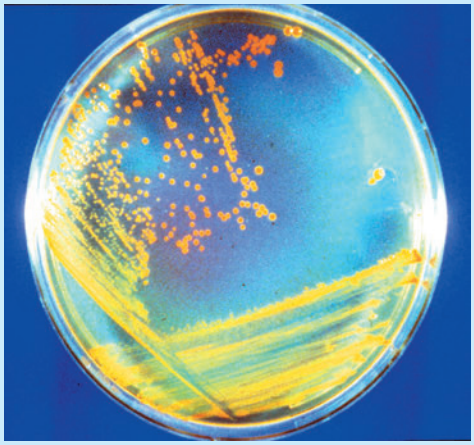


Продолжение. Начало см. на с. 30

как предположили некоторые, представляли собой каналы. Более того, они заявляли, что каналы свидетельствуют о существовании там разумной жизни. Даже обсуждалась возможность дать марсианам знать, что на Земле тоже живут разумные существа. Для этого предлагали в пустыне Сахара прорыть гигантские траншеи в форме правильных геометрических фигур, залить их нефтью и ночью поджечь. Марсиане, несомненно, должны были наблюдать Землю в крупные телескопы и увидели бы на её ночной стороне эти неожиданно появившиеся фигуры. Во время противостояния планеты 1894 г. были сделаны рисунки Марса, подобные тому, который приведён на изображении слева. Первую подробную карту Марса подготовил французский астроном Эжен Антониади. В наше время, при последнем противостоянии Марса была с помощью космического телескопа им. Хаббла получена фотография примерно тех же участков марсианской поверхности. Сравнение двух изображений показывает, что крупномасштабные детали на поверхности планеты похожи друг на друга, но протяжённой системы каналов попросту не существует. Наблюдения со спутников на орбитах вокруг Марса позволили сделать окончательный вывод, что на красной планете действительно существуют некие детали, похожие на каналы, но они меньше, более искривлены и гораздо менее протяжённые, чем думали когда-то. Реальные каньоны, например, Ночной лабиринт (*Noctis Labyrinthus*), представляют собой, вероятнее всего, разломы. В настоящее время поверхность Марса подробно изучается с искусственных спутников Марса, а марсоходы исследуют грунт планеты в надежде найти воду и, возможно, примитивные формы жизни. Вообще-то условия на поверхности Марса оказались суровыми и непригодными для земной жизни. Слабая атмосфера (почти вакуум) пропускает жёсткое космическое излучение и космические лучи, средние температуры ниже нуля, почти отсутствует водяной пар и жидкая вода, повышенная разрушительная кислотность и другие факторы ставят серьёзные проблемы по жизнеобеспечению будущим космонавтам – исследователям Марса.

Проблема поиска жизни на Марсе и на планетах вблизи других звёзд стала актуальной в последние десять лет. Дей-





Слева – первая карта Марса, составленная в конце XIX в.; *в середине* – фото поверхности Марса, полученное космическим телескопом им. Хаббла; *справа* – бактерии *Deinococcus radiodurans* – будущие космонавты

ствительно, астрономы обнаружили свыше пятисот экзопланет – планет, обращающихся вокруг других звёзд. Хотя условия на них, с нашей точки зрения, неблагоприятны для жизни, возможно на многих из них жизнь имеется, пусть и примитивная. К такому выводы пришли учёные, изучавшие бактерии *Deinococcus radiodurans* (Д-рад). На приведённом снимке показаны эти бактерии, выращенные в чашках Петри. Как оказалось, они выживают там, где на наш взгляд жизнь невозможна – при высоком уровне радиации, экстремальных температурах, практическом отсутствии воды, воздействии на них химических веществ, разрушающих гены. Что удивительно, они способны восстанавливать свои собственные подпорченные ДНК в течение 48 ч. Такие бактерии могут себя привольно чувствовать и на поверхности Марса. Бактерии Д-рад относятся к виду экстремофильных бактерий, которые сейчас активно исследуются. Как считают учёные, в будущем эти бактерии помогут космонавтами осваивать другие планеты. Методами генной инженерии имеется возможность усилить их те или иные способности. В частности, способность производить чистую медицинскую воду и кислород, столь нужные космонавтам. Уже сейчас генетики научили эти бактерии извлекать токсичную ртуть из загрязнений. Благодаря своей живучести они являются древнейшими живыми существами на Земле. Интересно отметить, что эти живые существа и их необычные способности были открыты в 1950-е гг., когда учёные, исследуя методы консервирования продуктов, столкнулись с огромными трудности в борьбе с бактериями: они выживали и размножались, как ни старались их уничтожить. Именно существование таких бактерий даёт учёным надежду обнаружить их на Марсе и в дальнейшем использовать для снабжения космонавтов водой, кислородом и другими полезными веществами в столь некомфортных и агрессивных марсианских условиях и при длительных космических перелётах.

На востоке восходит Орион, который замахнулся на небесного Тельца. α Тельца (Альдебаран) – глаз разъярённого быка оранжевого цвета. На северо-востоке взошло созвездие Близнецов, которое хорошо заметно по своим ярчайшим близко расположенным звёздам α (Кастор) и β (Поллукс). Над Близнецами хорошо видно созвездие Возничего с яркой Капеллой.

ПЛАНЕТЫ [2]

Меркурий (-1^m) первую половину месяца движется по созвездию Змееносца, 8 декабря происходит его соединение с Солнцем. В самом конце года планета вновь появляется на фоне зари, но уже вечерней, над юго-западным горизонтом в созвездии Стрельца.

Венера ($-3{,}9^m$) движется по созвездию Змееносца, а после 8 декабря – по созвездию Стрельца.

Марс (1^m) движется по созвездиям Стрельца и Козерога, виден низко над горизонтом в течение часа-полутора после захода Солнца.

Юпитер ($-2{,}3^m$) движется по созвездию Льва, меняя прямое движение на попятное после стояния 8 декабря, виден всю ночь до утра. Так как угловой диаметр Юпитера 43″, то уже в небольшой телескоп можно различить детали на его поверхности и изучить движение четырёх галилеевых спутников.

Сатурн ($0{,}5^m$) движется по созвездию Весов, его можно наблюдать почти два часа перед восходом Солнца. Благодаря значительному угловому диаметру (почти 15″) уже в небольшой телескоп можно любоваться кольцом вокруг планеты.

Уран ($5{,}7^m$) движется по созвездию Рыб, меняя попятное движение на прямое после стояния 22 декабря. В телескоп планета, вращающаяся на боку, видна как зеленоватая горошина, но чтобы её разглядеть, необходимо увеличение 80 крат и выше при идеальных условиях. Как показывает практика, видеть диск Урана совершенно отчетливо позволяет увеличение лишь от 150 крат.

Нептун ($7{,}9^m$) движется по созвездию Водолея, его можно попытаться найти в небольшой телескоп с помощью карты звёздного неба [2].

МЕТЕОРЫ

Геминиды (радиант в созвездии Близнецов) – активны 7–17 декабря, максимум активности 13.12 (до 100 мет./ч). Это самый красивый и обильный поток на северном небе, много болидов. Метеоры белого цвета, без следов. Средняя скорость метеоров 35 км/с. Поток богат на сюрпризы, поэтому наблюдателям необходимо быть готовым к мощным вспышкам активности.

Феницидыы (радиант в созвездии Феникса) – число метеоров небольшое, но в 1956 г. неожиданно наблюдался метеорный дождь – более чем 300 мет./ч. Метеоры белого цвета, без следов. Этот поток связывают с кометой Бланпэна 1919 VI.

α-Дракониды I – активны 9–13 декабря (до 4 мет./ч). Поток связан с кометой Понса 1812 г. Для него характерны два центра радиации быстрых метеоров.

Канкриды (радиант в созвездии Рака) – активны 2–12 декабря с максимумом активности 12.12 (до 6 мет./ч).

Урса-Минориды (**Урсиды**) (радиант в созвездии Малой Медведицы) – активны 19–24 декабря, максимум 21.12. Этот слабый поток неожиданно проявил себя в 1945 г., когда наблюдалось до 100 мет./ч. В конце 1980-х гг. было зафиксировано очередное повышение активности. Поток связан с кометой Туттля. Так как радиант находится близко к полюсу, то поток можно наблюдать всю ночь.

Литература

1. Чаругин В.М. Астрономические вечера: В сб. «Я иду на урок астрономии: Звёздное небо: 11 класс»: книга для учителя. М.: Изд-во «Первое сентября», 2001.
2. Кузнецов Александр. Астрономический календарь на 2014 год в формате pdf. URL: http://images.astronet.ru/pubd/2013/02/22/0001256315/ak_2014pdf.zip

Цветная Вселенная

Приведены изображения наиболее интересных спутников планет Солнечной системы, обсуждена их цветовая окраска.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Солнечная система, спутники планет, Фобос, Деймос, Ио, Европа, Ганимед, Каллисто, Титан, Энцелад

См. также № 1–3 , 5-6, 7-8, 10 /2014

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

7. Разноцветные спутники планет. В Солнечной системе вокруг 8 планет движутся более 180 спутников, обладающие самыми разнообразными свойствами и окраской.

• **Фобос** (26,8 × 22,4 × 18,4 км) – **спутник Марса**, обращается на среднем расстоянии 2,77 радиуса Марса от центра планеты (9400 км). Период обращения 7 ч 39 мин 14 с, что примерно в три раза быстрее вращения Марса вокруг собственной оси. Поэтому Фобос восходит на западе и заходит на востоке на марсианском небе.

Фобос всегда повёрнут к планете одной и той же стороной. Он приближается к Марсу на 9 см за столетие, так что со временем (через 43 млн лет) упадёт на планету. Наиболее заметным образованием на Фобосе является кратер Стикни диаметром 9 км. На Фобосе обнаружена система загадочных параллельных борозд возле этого кратера. Вся поверхность спутников очень древняя. Она покрыта толстым слоем пыли, которая имеет очень низкое альбедо, как у сажи.

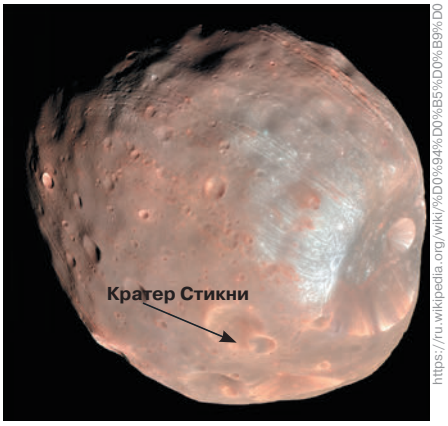
• **Деймос – второй спутник Марса** (15 × 12,2 × 10,4 км) открыт американским астрономом А. Холлом в 1877 г. Расстояние от планеты 23 500 км, период обращения 30 ч 17 мин 55 с, орбита почти круговая. Также всегда повёрнут к Марсу одной и той же стороной. Деймос состоит из каменистых пород, поверхностный слой – реголит – переработан ударами метеоритов, солнечным ветром, поэтому какая-нибудь заметная окраска отсутствует. Вещество, выброшенное при ударах метеоритов, постепенно осаждалось и скрывало неровности и цвета рельефа.

• **Ио** (диаметр 3 642 км) – **спутник Юпитера,** самый близкий к планете из четырёх спутников, открытых Галилеем. На Ио действуют более 400 вулканов, выбросы серы и диоксида серы поднимаются на высоту 500 км. Ио в основном состоит из силикатных пород, окружающих расплавленное ядро из железа или сернистого железа.

Благодаря вулканизму, аллотропам и соединениям серы пепел и потоки лавы окрашивают поверхность Ио в оттенки жёлтого, белого, красного, чёрного и зелёного. Присутствуют также силикаты (например, ортопироксен), диоксид серы. Иней из диоксида серы окрашивает большие области в белый или серый цвет. Видна и сера – жёлтый или жёлто-зелёный цвет. В средних и высоких широтах радиация разбивает обычно устойчивые восьмиатомные циклические молекулы серы S_8, поэтому области около полюсов Ио окрашены в красно-коричневый цвет.

Шлейфы вулканического пепла образуют разнообразные формы, они часто окрашены в красный или белый цвет (в зависимости от содержания серы и её диоксида). Шлейфы, образованные в жерле вулкана в результате дегазации лавы, состоят из S_2, которые придают красный цвет веерообразным и кольцеобразным осадкам (радиусом более 450 км). Красное кольцо видно вокруг вулкана Пеле, он состоит в основном из 3- и 4-атомной молекулярной серы, диоксида серы и, вероятно, Cl_2SO_2. Если шлейф образован на границе потока силикатной лавы, то получаются белые или серые осад-

http://apod.nasa.gov/apod/image/1210/phobos3_hirise_3374.jpg

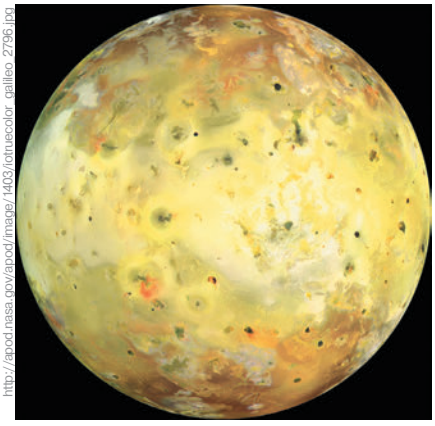


Фобос: снимок КА *Mars Reconnaissance Orbiter* с разрешением 7 м на пиксель, 23.03.2008

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D1%81#mediaviewer/File:Deimos-MRO.jpg

Деймос: снимок КА *Mars Reconnaissance Orbiter*, 16.03.2009

http://apod.nasa.gov/apod/image/1403/io_truecolor_galileo_2796.jpg



Ио: снимок КА *Galileo*, 03.07.1999

ки, вследствие образования продукта взаимодействия этой лавы с лежащими на поверхности серой и диоксидом серы. На приведённом снимке передача цветов соответствует реальной картине – оттенки поверхности обусловлены производными от серы и расплавленных силикатных потоков. Некоторые из потоков вулканической лавы светятся в темноте, настолько они разогреты.

• **Европа** – спутник Юпитера, по размерам чуть меньше Луны. Поверхность состоит изо льда, на ней очень мало кратеров, но много трещин. Под поверхностью, возможно, находится водяной океан, в котором не исключено наличие микроскопической жизни. Для проверки этого предположения, ЕКА предложило проект посылки на Европу космического аппарата в 2022 г.: небольшая капсула проникнет под ледяную корку, чтобы изучить свойства жидкого океана.

Вся поверхность Европы испещрена множеством пересекающихся линий. Это разломы и трещины в её ледяной коре, причём образуются всё новые разломы. Жидкость поднимается по трещинам вверх. Протяжённые сдвоенные хребты Европы образуются в результате нарастания льда вдоль кромок открывающихся и закрывающихся трещин. Благодаря приливным силам со стороны Юпитера спутник непрерывно деформируется, его недра нагреваются.

Обнаружены тёмные «веснушки», которые могли сформироваться в результате лавовых излияний. Встречаются тёмные пятна неправильной формы – результат выхода вязкого льда на поверхность, поэтому по тёмным пятнам можно судить о химическом составе внутреннего океана.

• **Ганимед – спутник Юпитера**, открыт Галилео Галилеем. Крупнейший спутник в Солнечной системе: диаметр 5268 км, что на 8% больше диаметра Меркурия. На поверхности Ганимеда наблюдаются два типа ландшафта: треть поверхности занимают старые тёмные области с множеством кратеров, остальную площадь занимают более молодые светлые области, покрытые бороздами и хребтами.

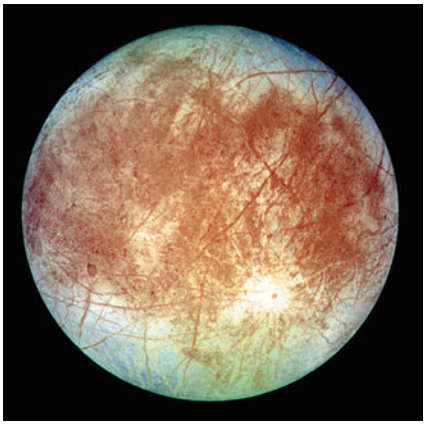
Средняя плотность Ганимеда 1,936 г/см^3. Он состоит из равных частей скальных пород и воды (в основном замёрзшей). Массовая доля водяного льда колеблется в пределах 50–90%. В светлых участках льда больше, чем в тёмных. На поверхности есть углекислый газ, диоксид серы, возможно, циан, серная кислота и различные органические соединения. Предполагается наличие сульфата магния ($MgSO_4$) и, возможно, сульфата натрия (Na_2SO_4), которые могли образоваться в подземном океане. Тёмные участки поверхности содержат глины и органические вещества, что может отображать состав планетезималей, из которых образовались спутники Юпитера. Одна из примечательных структур – тёмный участок под названием *область Галилея* – там видна сеть из концентрических борозд или канавок. Возможно, что это обширные излияния вещества из недр спутника.

На Ганимеде есть полярные шапки, предположительно состоящие из водяного инея. Иней простирается до 40° широты. Наличие у Ганимеда собственной магнитосферы приводит к более интенсивной бомбардировке заряженными частицами слабо защищённых полярных областей. Образовавшийся водяной пар осаждается в основном в самых холодных местах этих же областей.

• **Каллисто – второй по размеру спутник Юпитера**, один из четырёх открытых Галилеем, и третий по величине спутник в Солнечной системе: диаметр около 99% диаметра Меркурия, а масса – треть от его массы, средняя плотность около 1,83 г/см^3. Состоит из равного количества камней и льдов.

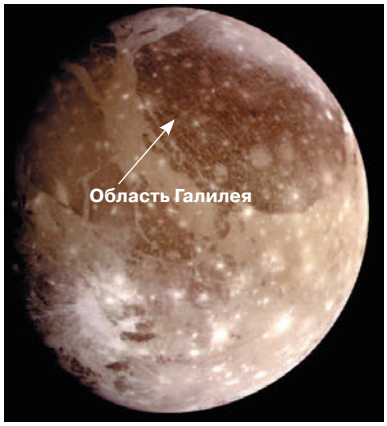
Цвет кратерированных равнин красноватый из-за скальных пород, ударного кратера Асгард – голубой, что свидетельствует об избытке в этом кратере водяного льда. На поверхности много водяного льда (массовая доля 25 –50%), значительное количество гидратированных силикатов, содержащих магний и железо, углекислый газ, сернистый газ, а также, вероятно, аммиак и различные органические соединения. Небольшие яркие пятна чистого водяного льда перемешаны с участками, покрытыми смесью камней и льда, и с обширными тёмными областями, покрытыми неледяными породами.

http://apod.nasa.gov/apod/image/9611/europafullface_gal_big.jpg



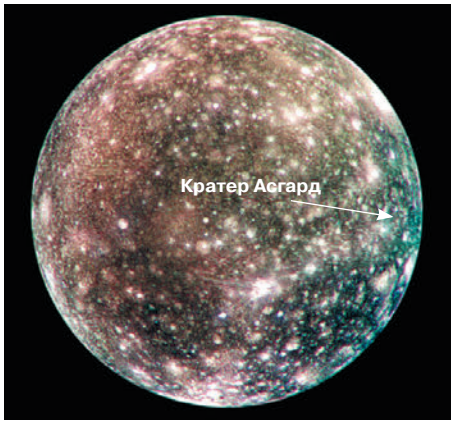
Европа: снимок КА *Galileo*, 07.09.1999

http://apod.nasa.gov/apod/image/0006/ganymede2_galileo_big.jpg



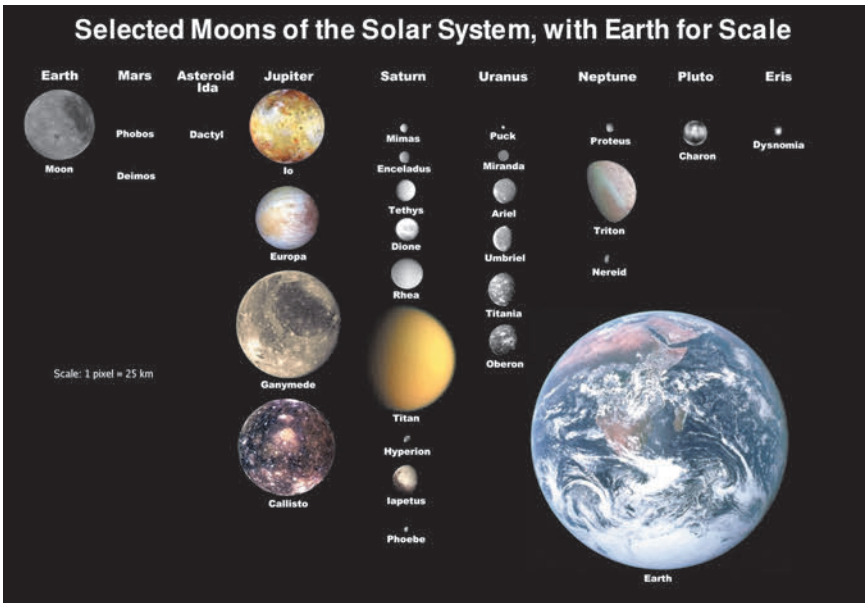
Ганимед: снимок КА *Galileo*, 26.06.1996

http://apod.nasa.gov/apod/image/0201/callisto3_gal_big.jpg



Каллисто: снимок КА *Galileo*, 2005

Яркие участки преимущественно расположены на возвышенностях, они покрыты тонкими отложениями водяного инея. На тёмных равнинах Ганимеда видны небольшие бугры и впадины. Бугры — это остатки валов кратеров, разрушенных медленной сублимацией льдов из-за солнечного нагрева. Лежащие в низменностях тёмные участки поверхности состоят из преимущественно бедных летучими веществами пород. Старая поверхность Каллисто показывает самую высокую плотность ударных кратеров в Солнечной системе. Не видно ни вулканов, ни высоких гор. Поверхность Каллисто покрыта сплошным льдом, повреждённым множеством кратеров, испещрённым трещинами.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Moons_of_solar_system_v7.jpg

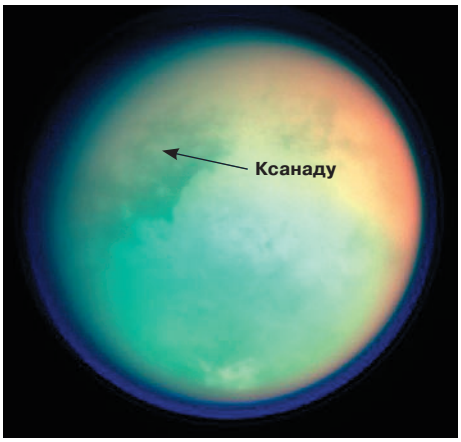
Некоторые спутники планет Солнечной системы в сравнении с Землёй

• **Титан – спутник Сатурна**, самый большой из 63 (большая их часть небольшого размера и состоит из камней и льда). Диаметр 5152 км, плотная атмосфера (в 1,5 раза плотнее земной), состоящая из азота (98%) с примесью метана. Поверхность в основном состоит из водяного льда и осадочных органических веществ, покрыта небольшим числом гор, кратеров и криовулканов, есть метан-этановые облака.

Тёмный цвет низменностей объясняется частицами углеводородной «пыли», которые выпадают из атмосферы, затем смываются метановыми дождями и переносятся ветрами в экваториальные районы. Имеются отчётливые признаки вулканической активности, которые обусловлены распадом радиоактивных элементов в мантии спутника. Спутник окружён плотной красно-оранжевой атмосферой. Состав окраски неизвестен, но его удалось синтезировать в лаборатории. Смесь азота и метана, которые присутствуют в атмосфере, активировали с помощью электрических разрядов. После опытов на стенках обнаружена плёнка с такими же свойствами, как у атмосферы. Красный и зелёный цвета на изображении Титана обусловлены присутствием в атмосфере метана.

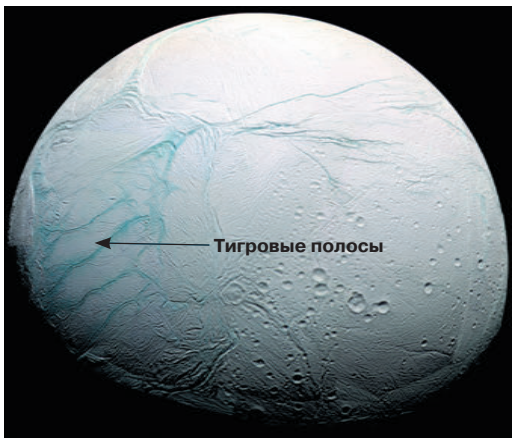
• **Энцелад – спутник Сатурна**, шестой по размеру. Состоит в основном из водяного льда. Благодаря высокой отражательной способности (9%) поверхность почти белая. Рельеф состоит из старых областей, покрытых кратерами, и молодых участков (менее 100 млн лет). Наблюдались активные извержения из жидкого океана под поверхностью. На спутнике есть минимум пять различных типов ландшафта: участки с кратерами, гладкие области и ребристые участки, есть длинные трещины и уступы. Автоматическая станция «Cassiny» обнаружила фонтаны частиц льда высотой в многие сотни километров. Разломы на поверхности являются самыми молодыми деталями околополярной области, которые окружены отложениями крупнозернистого водяного льда. Он выглядит бледно-зелёным. Такой же зеленоватый лёд виден в так называемых тигровых полосах, где найдены простые органические соединения.

Мы представили лишь небольшую часть спутников планет Солнечной системы. Наиболее крупные показаны на плакате (для сравнения приведено изображение Земли), и рассказывать о них можно было бы ещё много и долго.



http://apod.nasa.gov/apod/image/0410/titan_cassini_PIA06139.jpg

Титан: снимок КА *Cassiny*, 26.10.2008



http://apod.nasa.gov/apod/image/1404/enceladusstripes_cassini_3237.jpg

Энцелад: снимок КА *Cassiny*, 06.04.2014 (голубой цвет – условный)

Литература

1. Ксанфомалити Л.В. Парад планет. М.: Наука, 1997.
2. Спутники планет Солнечной системы. Википедия. http://ru.wikipedia.org/wiki/Спутники планет Солнечной системы.

Олимпиада «Ломоносов 2013-2014»

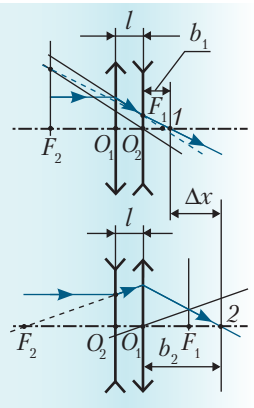
Представлены задачи по физике (механика, электростатика, электродинамика, МКТ, термодинамика, оптика) с решениями, предлагавшиеся на олимпиаде «Ломоносов», которая традиционно проводится МГУ им. М.В. Ломоносова. Окончание, см. № 9, 10/2014.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: олимпиада «Ломоносов», решение задач, абитуриенту, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

В.М. БУХАНОВ, Е.А. ВИШНЯКОВА, А.В. ГРАЧЁВ, А.В. ЗОТЕЕВ, проф. С.Н. КОЗЛОВ, Е.В. ЛУКАШЕВА, А.Н. НЕВЗОРОВ, Н.В. НЕТРЕБКО, С.Ю. НИКИТИН, В.А. ПОГОЖЕВ, проф. П.А. ПОЛЯКОВ, М.С. ПОЛЯКОВА, А.А. СКЛЯНКИН, С.С. ЧЕСНОКОВ
sergeychesnokov@mail.ru,
Н.И. ЧИСТЯКОВА,
физфак МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

5. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 20$ см и рассеивающей линзы с фокусным расстоянием, модуль которого $F_2 = 30$ см. Главные оптические оси этих линз совмещены друг с другом, а расстояние между линзами $l = 5$ см. На собирающую линзу падает параллельный пучок света, ось которого совпадает с главной оптической осью линзы. Определите, на какое расстояние Δx сместится точка, в которую будет сфокусирован пучок после прохождения системы линз, если линзы поменять местами. Ответ приведите в сантиметрах, округлив до одного знака после запятой.

Решение. Ход лучей изображён на рисунке. При исходном положении линз (верхняя часть рисунка) для рассеивающей линзы имеем:



$$-\frac{1}{F_1 - l} + \frac{1}{b_1} = -\frac{1}{F_2},$$

где b_1 – расстояние от правой линзы до фокуса системы линз (точки *1*). Отсюда $b_1 = \dfrac{F_2(F_1 - l)}{F_2 - F_1 + l}$.

После перестановки линз (нижняя часть рисунка) для собирающей линзы можно записать:

$$\frac{1}{F_2 + l} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow b_2 = \frac{F_1(F_2 + l)}{F_2 - F_1 + l},$$

где b_2 – расстояние от правой линзы до фокуса системы линз (точки *2*).

Следовательно, $\Delta x = b_2 - b_1 = \dfrac{l(F_1 + F_2)}{F_2 - F_1 + l}$.

Подстановка числовых значений даёт $\Delta x \approx 16{,}7$ см.

Ответ. $\Delta x = b_2 - b_1 = \dfrac{l(F_1 + F_2)}{F_2 - F_1 + l}$; $\Delta x \approx 16{,}7$ см.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

7–9-е классы

1. Снаряд, летевший со скоростью, модуль которой $v = 50$ м/с, разорвался на три осколка, два из которых имели одинаковые массы $m = 20$ кг каждый, а масса третьего осколка была в два раза больше. В результате взрыва суммарная кинетическая энергия осколков непосредственно после взрыва увеличилась на $\Delta E_к = 3{,}6$ МДж. Считая, что осколки после взрыва летят поступательно и модули скоростей лёгких осколков равны друг другу, определите модуль v_3 максимально возможной скорости тяжёлого осколка непосредственно после взрыва.

Решение. Модуль искомой скорости будет наибольшим, если тяжёлый осколок полетит в направлении скорости снаряда перед его взрывом, а два других – в противоположную сторону. Обозначив через u модуль скорости каждого из лёгких осколков, имеем:

– по закону сохранения импульса:

$$4mv = 2mv_3 - 2mu;$$

– по закону сохранения механической энергии:

$$\frac{4mv^2}{2} + \Delta E_к = \frac{m}{2}(2v_3^2 + 2u^2).$$

Исключая из этих уравнений u, приходим к квадратному уравнению относительно v_3, а именно:

$$v_3^2 - 2v_3 v + v^2 - \frac{\Delta E_к}{2m} = 0.$$

Отсюда $v_3 = v \pm \sqrt{\dfrac{\Delta E_к}{2m}}$.

Учитывая, что $\sqrt{\dfrac{\Delta E_к}{2m}} = 300$ м/с (больше заданного в условии значения $v = 50$ м/с), выбираем положительный корень $v_3 = v + \sqrt{\dfrac{\Delta E_к}{2m}}$.

Подстановка числовых значений даёт $v_3 = 350$ м.

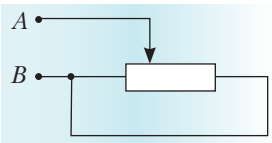
Ответ. $v_3 = v + \sqrt{\dfrac{\Delta E_к}{2m}}$; $v_3 = 350$ м.

2. Стоявшую на столе в комнате длительное время открытую банку объёмом $V = 3$ л герметически закрыли и поместили в холодильник. Температура воздуха в комнате была равна $t_к = 20$ °C, а его относительная влажность $\varphi = 60\%$. Определите массу m льда, который образуется в банке через достаточно большой промежуток времени после этого. В холодильнике поддерживается температура $t_х = -10$ °C. Плотность насыщенных паров воды $\rho_к = 17{,}32$ г/м^3 при температуре $t_к$ и $\rho_х = 2{,}14$ г/м^3 при температуре $t_х$. Ответ приведите в миллиграммах, округлив до целых.

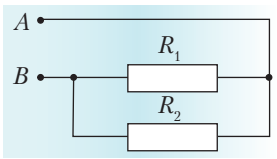
Решение. До охлаждения масса водяных паров в банке была равна $m_к = \dfrac{\varphi}{100\%}\rho_к V$. После охлаждения масса насыщенного пара в банке станет равной $m_х = \rho_х V$. Поэтому масса образовавшегося в банке льда равна $m = m_к - m_х = \left(\dfrac{\varphi}{100\%}\rho_к - \rho_х\right)V$. Подстановка числовых значений даёт $m \approx 24{,}8 \cdot 10^{-3}$ г.

Ответ. $m = \left(\dfrac{\varphi}{100\%}\rho_к - \rho_х\right)V$; $m \approx 25$ мг.

3. Сопротивление обмотки реостата $r = 16$ Ом, длина реостата $L = 20$ см. Найдите сопротивление R цепи между точками A и B (см. рисунок), если движок реостата находится на расстоянии $x = 5$ см от его левого конца.



Решение. Эквивалентная схема цепи изображена на рисунке. Видно, что резисторы R_1 и R_2, представляющие собой левый и правый участки реостата, соединены параллельно. При этом:



$$R_1 = \frac{r \cdot x}{L} = \frac{16 \cdot 5}{20} = 4 \text{ Ом},$$

$$R_2 = \frac{r(L-x)}{L} = \frac{16 \cdot 15}{20} = 12 \text{ Ом}.$$

По формуле для сопротивления двух параллельно соединённых резисторов $R = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ получаем:

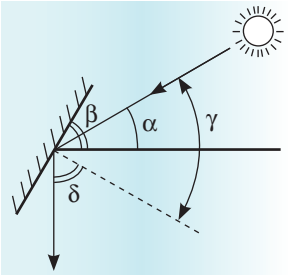
$$R = \frac{x(L-x)}{L^2} r.$$

Подстановка числовых значений даёт

$$R = \frac{4 \cdot 12}{4 + 12} = 3 \text{ Ом}.$$

Ответ. $R = \dfrac{x(L-x)}{L^2} r$; $R = 3$ Ом.

4. Высота Солнца над горизонтом составляет угол $\alpha = 32°$. Под каким углом β к горизонту следует расположить плоское зеркало для того, чтобы осветить солнечными лучами дно глубокого вертикального колодца?



Решение. Ход луча, падающего на зеркало и отражённого от него, изображён на рисунке. Видно, что угол γ между падающим лучом и нормалью к зеркалу равен

$$\gamma = \frac{1}{2}(90° + \alpha) = 45° + \frac{\alpha}{2}.$$

По закону отражения, угол δ между нормалью к зеркалу и отражённым лучом равен углу γ. Согласно теореме о равенстве углов с взаимно перпендикулярными сторонами, $\beta = \delta$.

Таким образом, $\beta = 45° + \dfrac{\alpha}{2}$.

Подстановка числовых значений даёт $\beta = 61°$.

Ответ. $\beta = 45° + \dfrac{\alpha}{2}$; $\beta = 61°$.

10–11-е классы

1. Чему равны сила трения покоя и сила трения скольжения? Дайте определение коэффициента трения.

Задача. Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Сочи имеет перепад высот от старта до финиша $h = 132$ м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости $v_0 = 6$ м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию x от линии финиша по закону $\mu(x) = \alpha \cdot x$, где α – некоторый постоянный коэффициент. Определите скорость u боба в тот момент, когда он прошёл половину тормозного пути. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно $\eta = 20\%$ механической энергии боба. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с^2. Ответ приведите в м/с с точностью до десятых.

Решение. Работа силы трения на этапе торможения боба равна

$$A_{тр} = -\frac{1}{2}\alpha s_0^2 mg,$$

где s_0 – тормозной путь боба. Поэтому, по закону сохранения и превращения механической энергии:

$$\left(\frac{mv_0^2}{2}+mgh\right)\cdot\left(1-\frac{\eta}{100\%}\right)-\frac{1}{2}\alpha s_0^2 mg=0,$$

откуда

$$s_0=\sqrt{\frac{(v_0^2+2gh)(1-\eta/100\%)}{\alpha g}}.$$

По второму закону Ньютона, на участке торможения $ma_x = -\mu mg$, или $\ddot{x}+\alpha g\cdot x=0$. Так как это уравнение совпадает с уравнением гармонического осциллятора, то до момента остановки боб движется по закону: $x(t) = s_0 \sin\omega_0 t$, причём $\omega_0=\sqrt{\alpha g}$.

Скорость боба при этом меняется по закону

$$u = u_0 \cos\omega_0 t,$$

где $u_0=\omega_0 s_0=\sqrt{(v_0^2+2gh)(1-\eta/100\%)}$ – скорость боба в момент пересечения линии финиша. По условию задачи, в момент времени τ выполняется равенство $x(\tau)=\frac{s_0}{2}$.

Следовательно, $\omega_0\tau=\arcsin\frac{1}{2}=\frac{\pi}{6}$. Скорость боба в момент времени τ: $u=u_0\cos\omega_0\tau=\frac{u_0\sqrt{3}}{2}$.

Подстановка числовых значений даёт $u \approx 40{,}1$ м/с.

Ответ. $u=\frac{1}{2}\sqrt{3(v_0^2+2gh)\left(1-\frac{\eta}{100\%}\right)}$; $u \approx 40{,}1$ м/с.

2. Какие виды парообразования вы знаете? Дайте определение удельной теплоты парообразования.

Задача. В цилиндре под поршнем при температуре $t = 100$ °C находится воздух с относительной влажностью $\varphi = 0{,}5$ под давлением $p_0 = 1{,}5$ атм. Объём воздуха изотермически уменьшили настолько, что $n=\frac{1}{2}$ массы имевшегося первоначально в цилиндре водяного пара сконденсировалась. Определите давление $p_к$, установившееся при этом под поршнем.

Решение. Пусть m – первоначальная масса паров воды, μ – её молярная масса; V – первоначальный, а $V_к$ – конечный объём воздуха; $p_н = 1$ атм – давление насыщенных паров воды при температуре $t = 100$ °C; $p_{в0}$ – первоначальное, а $p_{вк}$ – конечное парциальное давление сухого воздуха.

По закону Дальтона, $p_{в0} = p_0 - \varphi\cdot p_н$, $p_к = p_{вк} + p_н$.

Так как $m=\frac{\mu\varphi p_н V}{RT}$ и $(1-n)\cdot m=\frac{\mu p_н V_к}{RT}$, то:

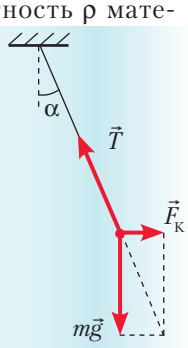
$$V_к = \varphi(1-n)V;\quad p_{вк}=\frac{p_{в0}}{\varphi(1-n)};\quad p_к=\frac{p_0-n\varphi p_н}{\varphi(1-n)}.$$

Подстановка числовых значений даёт $p_к = 5$ атм.

Ответ. $p_к=\frac{p_0-n\varphi p_н}{\varphi(1-n)}$; $p_к = 5$ атм.

3. Сформулируйте закон Кулона. Дайте определение напряжённости электрического поля.

Задача. Маленький шарик, несущий некоторый положительный заряд, подвешен на тонкой непроводящей нити и находится в однородном электрическом поле, созданном протяжённой заряженной плоскостью, расположенной вертикально. При полном погружении шарика в непроводящую жидкость с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3$ и плотностью $\rho_0 = 0{,}8$ г/см^3 оказалось, что угол отклонения нити от вертикали не изменился. Определите плотность ρ материала шарика.



Решение. На шарик, находящийся в воздухе, действуют сила тяжести $m\vec{g}$, кулоновская сила $\vec{F}_К$ и сила натяжения нити $\vec{T}$ (см. рисунок). Из условия равновесия шарика следует, что $\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{F_К}{mg}$.

В жидкости к перечисленным силам добавится архимедова сила $\vec{F}_А$, направленная вверх, а кулоновская сила уменьшится в ε раз: $F'_К=\frac{F_К}{\varepsilon}$. Поскольку угол отклонения нити, по условию, не изменяется, условие равновесия шарика приводит к равенству $\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{F'_К}{mg-F_А}$. Обозначим через V объём шарика. Тогда $m = \rho V$, $F_А = \rho_0 Vg$. Объединяя записанные выражения, получаем равенство $\rho = \varepsilon(\rho - \rho_0)$, из которого следует: $\rho=\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\rho_0$.

Подстановка числовых значений даёт $\rho = 1{,}2$ г/см^3.

Ответ. $\rho=\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\rho_0$; $\rho = 1{,}2$ г/см^3.

4. Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.

Задача. Расстояние от предмета до экрана $L = 1$ м. Какое максимальное увеличение Γ_{max} изображения предмета на экране можно получить с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием $F = 16$ см?

Решение. Обозначим через a и b расстояния от предмета до линзы и от линзы до экрана. По формуле тонкой линзы $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}$, а по условию, $b = L - a$. Из записанных выражений получаем квадратное уравнение относительно a, а именно $a^2 - La + LF = 0$.

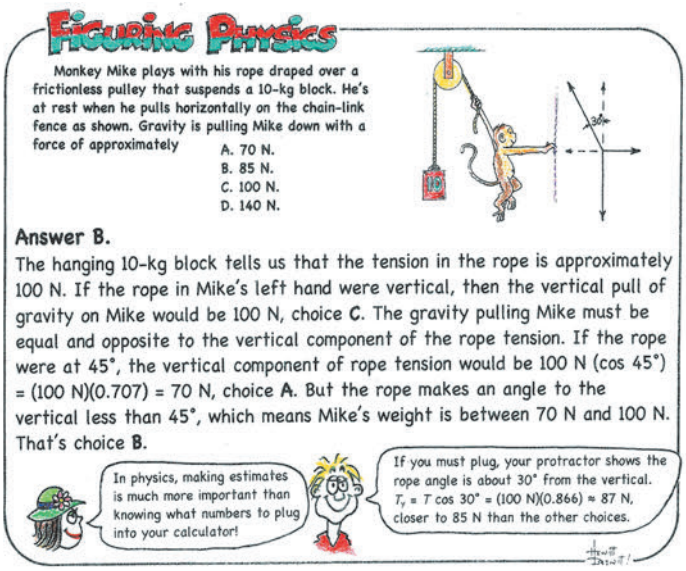
Окончание см. на с. 42

«ЕГЭ» по-американски

(Правильный ответ отмечен красным.)

92. Обезьянка висит на верёвке, перекинутой через блок. На другом конце верёвки подвешена гиря массой 10 кг. Система находится в равновесии, когда обезьянка держится рукой за сетку, как показано на рисунке. Считая, что при этом её рука расположена горизонтально, а трения в блоке нет, определите вес обезьянки:

A) 70 Н; *B*) 85 Н; *C*) 100 Н; *D*) 140 Н.



Ответ. Верный ответ – *B*. Груз массой 10 кг создаёт силу натяжения верёвки примерно 100 Н. Если бы обезьянка висела вертикально, то сила натяжения верёвки уравновешивалась бы силой тяжести обезьянки, то есть её вес был бы 100 Н (ответ *C*). В описанной ситуации вес обезьянки должен быть численно равен вертикальной составляющей силы натяжения верёвки и направлен противоположно. Если бы угол отклонения верёвки от вертикали был бы равен 45°, то вес составил бы (10 · cos 45°) Н = (100 · 0,707) Н = 70 Н (ответ *A*). Но показанный на рисунке угол отклонения меньше, значит вес – между 70 Н и 100 Н, то есть верен ответ *B*.

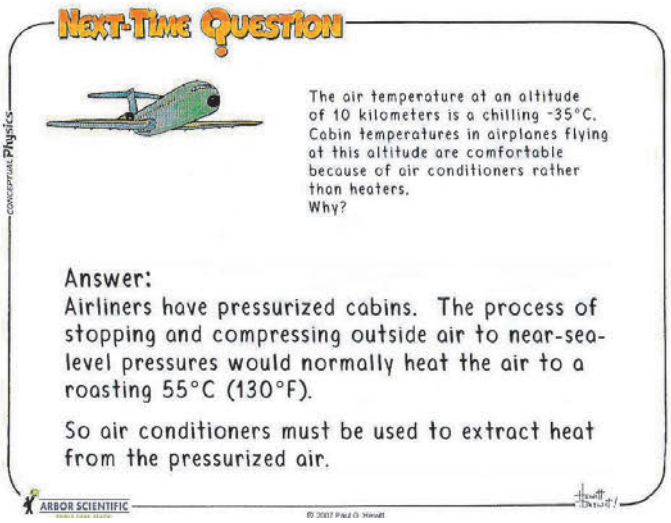
Девочка. В физике значительно важнее уметь делать оценки, чем знать точные числа, которые можно ввести в калькулятор.

Мальчик. Угол можно определить с помощью транспортира: он примерно равен 30°. Значит $T_y = T \cos 30° = 100\ Н \cdot \cos 30° = (100 \cdot 0{,}866)\ Н \approx 87\ Н$. Этот результат ближе всего к ответу *B*.

Paul G. Hewitt. Physics Teacher. 2014. V. 52. April.

93. Температура воздуха на высоте 10 км примерно –35 °С. В салоне же самолёта температура комфортная, причём благодаря работе кондиционеров, а вовсе не нагревателей. Почему?

Ответ. Корпус самолёта герметичен. При заборе разреженного забортного воздуха и сжатии его до примерно нормального давления, воздух нагревается до 55 °С. Вот для того чтобы пассажиры не чувствовали себя, как на раскалённой сковородке, и нужны кондиционеры.



Paul G. Hewitt. Figuring Physics, NTQ_CHNG_PHASE_6QA.

Козлова Н.Д. (пер. с англ.)

Окончание. Начало см. на с. 41

Корни этого уравнения $a_{1,2} = \frac{L}{2}(1 \pm \sqrt{1 - 4F/L})$, поэтому $b_{1,2} = \frac{L}{2}(1 \mp \sqrt{1 - 4F/L})$. Увеличение, даваемое линзой, $\Gamma = \frac{b}{a}$. Это выражение максимально, если $b = b_{max} = b_2$, $a = a_{min} = a_2$.

Следовательно, $\Gamma_{max} = \frac{1 + \sqrt{1 - 4F/L}}{1 - \sqrt{1 - 4F/L}}$.

Подстановка числовых значений даёт $\Gamma_{max} = 4$.

Ответ. $\Gamma_{max} = \frac{1 + \sqrt{1 - 4F/L}}{1 - \sqrt{1 - 4F/L}}$; $\Gamma_{max} = 4$.

Врач, первым увидевший новую физику

25.11.2014 г. исполняется 200 лет со дня рождения Ю.-Р. Майера: он первым сформулировал закон сохранения энергии, но первооткрывателем так и не был признан. Описаны представления учёного о потоках энергии в живой природе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: закон сохранения энергии, термодинамика, Ю.-Р. Майер, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц, У. Томсон

С.В. БАГОЦКИЙ
b1949@mail.ru,
г. Москва

Подавляющее большинство достижений современной науки было совершено профессионалами в области физики, химии, биологии. То есть, людьми, получающими жалование или за свою научную работу, или, по крайней мере, за преподавание в университете. Но из этого правила есть несколько очень ярких исключений. Современная химия основывается на трудах школьного учителя Джона Дальтона, современная биология – на трудах землевладельца и натуралиста-любителя Чарльза Дарвина, современная физика – на работе патентоведа Альберта Эйнштейна.

Одним из таких ярких исключений был немецкий врач Юлиус Роберт Майер (*Julius Robert von Mayer* 1814–1878), впервые сформулировавший одно из важнейших положений современной физики и современного естествознания – Закон Сохранения Энергии. 25 ноября 2014 г. исполняется 200 лет со дня его рождения.

Юлиус Роберт Майер (1814–1878)

Ю.-Р. Майер родился в г. Хайльбронне (Германия) в семье аптекаря. Учился на Медицинском факультете Тюбингенского университета. Друзья-студенты любили Майера за добродушный характер и богатую фантазию.

Молодого доктора влекли дальние страны. Поэтому он оставил медицинскую практику в тихой немецкой провинции и стал судовым врачом. По-видимому, размышления Ю.-Р. Майера над проблемами превращения энергии начались с рассказа штурмана о том, что после бури океанская вода становится теплее. А следующим шагом в этом направлении стали наблюдения самого Майера.

Корабль, на котором служил Ю.-Р. Майер, по каким-то причинам задержался в Батавии (ныне Джакарта). Делая кровопускание больным матросам, Майер обратил внимание на то, что в венах у них течёт почти такая же красная кровь, как и в артериях. К этому времени уже было известно, что красная окраска крови свидетельствует о том, что эта кровь богата кислородом, в то время как кровь, бедная кислородом, имеет синий цвет. Зная это, Ю.-Р. Майер сделал заключение, что у матросов в Батавии разные органы тела потребляли мало кислорода. И объяснил этот факт тем, что в Батавии очень жарко.

Этот факт и его объяснение привели Майера к далеко идущим выводам (см. ЭП. – *Ред.*). По-видимому, он рассуждал следующим образом.

Организм человека – это сложная машина. А в те времена машины были исключительно тепловыми (электродвигатели только-только появились). И, вероятно, Майер пытался рассматривать организм как тепловую машину, выполняющую механическую работу за счёт тепла, образовавшегося при сжигании топлива.

То, что дыхание – это медленное горение, при котором, так же, как и при обычном горении, выделяется тепло, было известно ещё со времён А. Лавуазье (1743–1794).

Поскольку в Батавии жарко, то организм получает значительные количества тепла из окружающей среды. Поэтому организму не нужно сжигать много топлива, вырабатывая внутреннее тепло, необходимое для выполнения механической работы.

С современной точки зрения эти рассуждения неверны. Организм – это не тепловая, а химическая машина. Механическая работа осуществляется организмом за счёт химической энергии, а тепло выделяется лишь после этого. Уменьшение поглощения кислорода в жару связано с тем, что организм Млекопитающего (каковым является Человек) тратит меньше энергии для поддержания постоянной повышенной температуры тела. Если бы Майер исследовал ящериц, а не людей, то результат был бы совершенно иным: ящерицы не тратят топливо на обогрев тела.

Неправильно рассуждение и с точки зрения физики. Для того чтобы тепловая энергия была источником механической работы, нужна разница темпе-

ратур между нагревателем и холодильником. А где в человеческом теле, особенно пребывающем в жаркой Батавии, холодильник?

О работах С. Карно (1796–1832) и Б. Клапейрона (1799–1864) Майер, по-видимому, ничего не знал, а до появления работ У. Томсона (1824–1907) и Р. Клаузиуса (1822–1888) оставалось ещё 10 лет.

Удивительный парадокс: если бы Майер правильно объяснил наблюдавшиеся им факты, то он не смог бы сформулировать закон сохранения энергии. Ибо из правильного объяснения следуют лишь два совершенно банальных вывода. Во-первых, что чем больше сжигаешь топлива, тем больше выделяется тепла. И, во-вторых, что сильно топить печку в жару не имеет смысла. И всё. В лучшем случае Майер мог бы сформулировать идею о наличии в живых организмах какого-то механизма отрицательной обратной связи между повышением температуры внешней среды и интенсивностью дыхания. То есть, сделать чисто физиологическое открытие.

Но Майер ошибся, и эта ошибка привела его к гениальному выводу.

Ю.-Р. Майер принадлежал к числу людей, для которых частные наблюдения и собственная, зачастую неверная, интерпретация служат не материалом, а источником вдохновения для далеко идущих умозаключений, из этих наблюдений и интерпретации, непосредственно не следующих. Он почувствовал, что за его наблюдениями стоит фундаментальный закон природы. На языке 1841 г. этот закон мог быть сформулирован следующим образом: «Силы в природе могут превращаться одна в другую, но при этом некая величина, характеризующая общее «количество сил» остаётся постоянной».

В этом определении речь идёт о «силах», слова «энергия» ещё нет. Слово «энергия» придумал ещё Аристотель, а в физике его впервые употребил Т. Юнг (1773–1829) в 1807 г. (хотя до середины XIX в. оно не имело большого распространения: физики предпочитали употреблять термин «силы»).

Т. Юнг, так же как и Ю.-Р. Майер, был врачом и зарабатывал себе на жизнь работой в госпитале. А занятие физикой было его хобби. Что не помешало Юнгу сделать выдающиеся открытия в области оптики и не только в области оптики.

До Юнга для обозначения энергии использовались другие термины, например, «живая сила». Этот термин ввёл в конце XVII в. немецкий философ и математик Г.В. Лейбниц (1646–1716). Термин обозначал способность движущегося тела передвинуть другое тело на определённое расстояние при наличии противодействующих движению сил. Как справедливо отмечал Лейбниц, «живая сила» была пропорциональна не скорости тела, а её квадрату.

Представления Лейбница о «живой силе» движущегося тела приобрели известность после того, как были изложены в книге увлекавшейся физикой возлюбленной Вольтера маркизы дю Шатле (1706–1749).

В 1829 г. французский физик Г. Кориолис (1792–1843) сформулировал понятие «механическая работа», которая была принята равной произведению расстояния, на которое перемещено тело, на величину противодействующей движению силе. Он дал новое определение «живой силе» Лейбница как способности движущегося тела совершить работу по перемещению другого тела. В дальнейшем «живая сила» Лейбница была названа кинетической энергией.

Как видно из предыдущего, в XVIII и первой половине XIX вв. термин «сила» употреблялся в разных смыслах. С одной стороны, силой называлась векторная физическая величина, измеряемая по растяжению пружинки динамометра или ускорению разгоняющегося тела. А с другой стороны, «силой» называлась способность что-то изменять в окружающем мире и разные количественные характеристики этой способности.

Практика построения и эксплуатации тепловых машин показала, что тепло может порождать механическое движение. Отсюда появилось представление о том, что тепло – это тоже «сила». В 1820-х гг. было показано, что электрический ток может приводить к выделению тепла, механическому движению и даже к превращению одних веществ в другие (электролиз). Следовательно, электричество это тоже «сила», способная порождать другие «силы».

А уже сам Майер сделал вывод о том, что коль скоро при сгорании топлива выделяется тепло, то это значит, что в топливе тоже заключена «сила». Правда, эта сила до поры до времени не проявляется. В 1847 г. Г. Гельмгольц предложил для этой не проявляющейся «силы» термин «сила напряжения» [1], а в 1853 г. английский физик и инженер У. Ренкин (1820–1872) стал называть эту «силу» потенциальной энергией.

Таким образом, к началу 1850-х гг. стало очевидным, что взаимное превращение «сил» – это общее правило. Эту мысль чётко сформулировал великий английский физик М. Фарадей (1791–1867): «...различные формы, в которых проявляются силы материи, имеют общее происхождение, то есть могут превращаться друг в друга» [2].

Гениальность Майера заключалась в том, что он предположил, что существует некая физическая величина, которая при таком превращении сохраняется. И в том, что он понял, что открыл фундаментальный закон природы.

В 1841 г. Ю.-Р. Майер направил свою статью «О количественном и качественном соотношении сил» [3] в научный журнал «Анналы физики и химии». И не получил от редактора ни согласия опубликовать статью, ни отказа в публикации. Похоже

на то, что редактор даже не читал статью, увидев, что её написал не физик, а какой-то лекарь. Так нередко бывает и в наши дни.

После смерти редактора «Анналов физики и химии» статья Майера была обнаружена у него в письменном столе.

На следующий год Ю.-Р. Майер сдаёт несколько переработанную статью в журнал «Анналы химии и фармации». Статья, названная «Замечания о силах неживой природы» [3], публикуется, но остаётся незамеченной: физики этот журнал не читают.

В статье 1842 г. Майер, на основании данных, полученных Ж.-Л. Гей-Люссаком (1778–1850), делает количественную оценку механического эквивалента теплоты.

В 1845 г. он на собственные деньги публикует свою книгу «Органическое движение в его связи с обменом веществ» [3], где высказывает ряд мыслей, очень важных как для физики, так и для биологии.

Во-первых, мысль о том, что как неживая, так и живая природа подчиняется открытому им закону сохранения. Ю.-Р. Майер отказался от популярных в его время представлений о специфической «жизненной силе» и высказал мнение о том, что в живой природе действуют те и только те силы, которые действуют и в неживой природе.

Во-вторых, Ю.-Р. Майер нарисовал общую картину потока энергии в живой природе. Согласно этой картине, движение и обогревание животных происходят за счёт энергии (этого слова у Майера в 1845 г. ещё не было!), выделяющейся при окислении органических веществ кислородом (дыхания). А энергия, запасённая в органических веществах пищи – это бывшая солнечная энергия, фиксированная в процессе фотосинтеза растений.

Эти мысли легли в основу наших представлений об энергетике живой природы.

В начале 1840-х гг. о фотосинтезе знали немного. Даже и термина такого в те годы не было (он появился только в 1877 г.). Было известно, что при освещении растения видимым светом оно поглощает углекислый газ, из которого образуются органические вещества. Одна из важнейших заслуг Ю.-Р. Майера заключается в том, что он очень чётко понял главный смысл фотосинтеза – фиксацию солнечной энергии в органических веществах. «Растения поглощают одну силу – свет, и создают другую – химическое различие», – писал Майер.

В этой работе Ю.-Р. Майер не сравнивает организм с тепловой машиной, понимая, что энергия (по его терминологии, «силы») бывает и химическая, и электрическая. Работу «Органическое движение в его связи с обменом веществ» очень высоко оценил К.А. Тимирязев (1843–1920).

В 1848 г. Ю.-Р. Майер пишет книгу «Динамика неба в популярном изложении». В этой книге он ставит вопрос: откуда берётся энергия Солнца, обогревающая Землю?

Майер рассматривал два возможных источника энергии Солнца – химический и механический. Он считал, что энергия, выделяющаяся при химических реакциях, слишком мала для того, чтобы обогреть Землю. И он остановился на механической энергии, полагая, что её источником являются падающие на Солнце метеориты.

Это, конечно, не так. Но, с другой стороны, элемент истины в этом утверждении имеется. Ведь энергия, выделяемая падающими метеоритами, порождена разгоняющей эти метеориты силой притяжения Солнца. Но сила притяжения разгоняет не только метеориты, она разгоняет и атомы, входящие в состав солнечного вещества. Поэтому гравитационное сжатие Солнца является мощным источником энергии. В начале XX века этот источник солнечной энергии считался единственным.

По современным представлениям, главным источником солнечной энергии являются термоядерные реакции в его недрах, дающие намного больше энергии, чем обычные химические реакции. Но о термоядерных реакциях в середине XIX в. Майер, разумеется, ничего не мог знать.

К началу 1840-х гг. предпосылки для открытия закона сохранения энергии уже созрели. И неудивительно, что, помимо Майера, эта тематика заинтересовала и других исследователей. Среди них можно отметить Дж. Джоуля (1818–1889), Г. Гельмгольца (1821–1894) и У. Томсона (1824–1907).

Дж. Джоуль был сыном богатого пивовара и с юных лет принимал активное участие в отцовском бизнесе. Он понимал, что наступает эпоха технического прогресса, которая повлечёт за собой революционные изменения в промышленности и сельском хозяйстве вообще, и в пивоварении в частности. А идеи для создания новой техники и новых технологий даст физика. Поэтому молодой бизнесмен увлёкся физикой, в частности, превращением «сил» одна в другую. В 1841 г. он обнаружил, что количество тепла, выделяемое в проводнике, по которому идёт ток, пропорционально квадрату силы тока (позже этот закон получил название закона Джоуля–Ленца).

Дж. Джоуль отличался от Ю.-Р. Майера тем, что не только мыслил, но и ставил эксперименты. Более того, он, несомненно, был одним из лучших физиков-экспериментаторов XIX в. Одной из его главных экспериментальных заслуг стало определение «механического эквивалента теплоты». В своей работе 1843 г. он писал: «Количество теплоты, которое в состоянии нагреть один фунт воды на один градус по Фаренгейту, равно и может быть превращено в механическую силу, которая может поднять 838 фунтов на один фут» [4]. Под «механической силой» здесь,

конечно, имелась в виду энергия, хотя в 1843 г. этот термин ещё не был популярен.

Естественный вывод из существования механического эквивалента теплоты заключался в том, что теплоту можно измерять не только в калориях, но и в единицах «механической силы». Точно так же, как «механическую силу» можно измерять в калориях. Значит, это, по большому счёту, одна и та же величина. А дальше остаётся лишь признать, что при переходе тепла в механическое движение и механического движения в тепло, эта величина остаётся неизменной. И распространить этот вывод на другие формы движения.

Таким образом, Дж. Джоуль, чуть позже Ю.-Р. Майера но независимо сформулировал закон сохранения энергии.

В 1847 г. также независимо от своих предшественников, этот закон сформулировал немецкий врач Г. Гельмгольц. Он вывел этот закон из общепризнанной к этому времени невозможности создать «вечный двигатель», способный производить полезную работу из ничего. Ещё в 1775 г. Парижская академия наук признала, что вековая мечта человечества о халяве неосуществима и отказалась принимать к рассмотрению проекты вечных двигателей.

Ю.-Р. Майер узнал о работах Дж. Джоуля и Г. Гельмгольца и начал борьбу за признание своего приоритета. Эта борьба привела к психическому срыву. В 1850 г. Майер попытался покончить жизнь самоубийством, но остался жив. После этого он долго лечился в психиатрической больнице.

Тем временем, развитие представлений о сохранении энергии шло своим чередом. Закон в принципе уже был сформулирован и нужно было придать ему чёткую и понятную для людей науки форму. Для выполнения этой работы нужен был человек с очень чётким и логичным умом.

Таким человеком стал Уильям Томсон, будущий лорд Кельвин. Ещё будучи студентом Кембриджского университета У. Томсон выполнил интересные работы с анализом ряда физических процессов, использовав сложный математический аппарат. Его первая научная работа была опубликована в 1842 г., когда юному исследователю было всего 18 лет. В 1846 г., в возрасте всего 22 лет, он стал заведующим кафедрой теоретической физики в университете г. Глазго. Это была одна из первых в мире кафедр такого профиля.

У. Томсон был одним из первых профессиональных физиков-теоретиков. И, одновременно, стремился к активному сотрудничеству с экспериментаторами. Такими, например, как Дж. Джоуль. Впрочем, У. Томсон и сам занимался экспериментами. Но здесь его успехи были не столь блестящими.

У. Томсон решительно разобрался с терминологией. Он избавился от таких понятий, как «живая сила», «механическая сила» и прочие «силы». Вместо них он предложил использовать понятие «энергия». А термин «силы» был оставлен за векторными величинами, которые измеряли растяжением пружинки динамометра или ускорением разгоняемого тела. В результате термин «энергия» оказался в центре физики.

В 1852 г. У. Томсон дал первое строгое определение энергии: «Под энергии материальной системы в определённом состоянии мы понимаем измеренную в механических единицах работы сумму всех действий, которые производятся вне системы, когда она переходит из одного состояния любым способом в произвольно выбранное нулевое состояние» [2, 5].

В 1853 г. У. Ренкин ввёл термин *потенциальная энергия*. Потенциальная энергия – это энергия, которая не проявляет своего действия, но в определённых условиях может его проявить. Например, энергия, запасённая в топливе, которая проявляет своё действие после того, как топливо начнёт гореть. Или энергия, запасённая в камне, лежащем на крыше, и способная проявиться лишь после того, как камень будет сброшен вниз.

Понятию «потенциальной энергии» может быть противопоставлен неофициальный термин «актуальная энергия», то есть энергия, что-то меняющая в окружающем мире. Закон сохранения энергии заключается в том, что сумма потенциальной и актуальной энергии в любых процессах не меняется со временем.

Кинетическая энергия далеко не всегда является разновидностью актуальной энергии. Так, кинетическая энергия вращающегося вхолостую маховика, является потенциальной, ибо такой маховик не влияет на окружающие объекты. Использование движущихся маховиков в принципе может быть одним из способов запасания энергии.

У. Томсон категорически заявил, что тепло – это не вещество, а особая форма энергии. Он предложил понятия «абсолютная шкала температуры» и «абсолютный нуль». В 1854 г. он ввёл термин «термодинамика» и предложил называть закон сохранения энергии «первым началом термодинамики». У. Томсон и, независимо от него, Р. Клаузиус сформулировали и второе начало термодинамики.

В своих работах 1850-х гг. У. Томсон неоднократно писал, что первым Закон Сохранения Энергии сформулировал Ю.-Р. Майер.

В 1862 г. вновь возобновились споры о том, кто первым предложил новый закон сохранения. На этот раз приоритет Майера был признан.

Авторы закона сохранения энергии были молодыми людьми. К моменту начала работы в этом направлении никто из них не достиг и тридцати лет. Наверное, это не случайно. Ведь молодёжи свойственен более свежий взгляд на мир, чем старшему поколению.

Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц, У. Томсон и в зрелом возрасте продолжали активно заниматься научными исследованиями. В этих исследованиях они достигли выдающихся результатов. Что же касается Ю.-Р. Майера, то он писал полунаучные-полуфилософские труды, развивая идеи, выдвинутые в молодости.

Он не был исследователем в обычном смысле этого слова. По отношению к таким людям нередко используется термин «натурфилософы». То есть, люди, размышляющие о тайнах природы и не пытающиеся подвергнуть итоги своих размышлений проверке экспериментами. Пусть это сделает кто-то другой... Когда-нибудь...

Иногда натурфилософы правильно угадывают реальную действительность. Так, греческий натурфилософ Демокрит правильно угадал, что мир состоит из атомов. Но для науки эта догадка осталась бесплодной – реальных доказательств своей правоты Демокрит привести не мог и, что, может быть, более существенно, не мог предложить программу научных исследований по проверке гипотезы.

Ещё один пример: в 1811 г. немецкий натурфилософ Л. Окен выдвинул гипотезу о том, что все живые организмы построены из кирпичиков, сходных с инфузориями. 28 лет спустя эта гипотеза легла в основу «клеточной теории». Но у Окена идея так и осталась идеей, поскольку не была подкреплена доказательствами и поэтому не превратилась в теорию.

Работы натурфилософов, несомненно, способствуют движению научной мысли, но не приводят к завершённым результатам. Поэтому современные исследователи смотрят на натурфилософов иронически.

Из трудов Ю.Р. Майера выросла популярная в начале XX в. философия энергетизма, согласно которой весь мир рассматривался как совокупность проявления разных форм энергии. Видным представителем этого философского течения был выдающийся немецкий физико-химик В. Оствальд (1853–1932). Он выводил из энергетических представлений даже моральные нормы [6]. Одним из худших человеческих пороков Оствальд считал привычку растрачивать энергию зря.

Как бы то ни было, но Ю.-Р. Майер был выдающимся, может быть, даже великим мыслителем, чьи труды сыграли важную роль в формировании современной научной картины мира.

В 1876 г. было опубликовано последнее сочинение Майера «Об освобождении сил». В этой работе он анализировал условия, при которой скрытые «силы» (потенциальная энергия) могут освободиться из своего скрытого состояния и стать актуальными. Майер обратил внимание на то, что создание условий для освобождения «сил» тоже требует совершения какой-то работы (и затраты энергии).

Это действительно так, хотя во многих случаях эти затраты несопоставимо малы в сравнении с количеством высвободившейся энергии. Много ли энергии нужно затратить для того, чтобы зажечь спичку и бросить её в бочку с порохом? Зато какой будет грохот!

Развивая эти мысли, Майер мог придти к идеям управления потоками энергии с помощью сигналов. Что особенно важно в физиологии. Но времени у него уже не было. В 1878 г. Ю.-Р. Майер умер.

Русский писатель Е.И. Замятин (1884–1937) посвятил Ю.-Р. Майеру небольшую повесть, написанную в 1921 г. [7].

Литература

1. Гельмгольц Г. О сохранении силы М.-Л.: ГТТИ. 1934. 14 с.
2. Дуков В.М. История формулировки закона сохранения энергии // Физика ИД ПС. 2002. № 31 http://fiz.1september.ru/2002/31/no31_1.htm
3. Майер Ю.-Р. Закон сохранения и превращения энергии. Четыре исследования. 1841–1851. М.-Л.: ГТТИ. 1933. 309 с. (Фрагмент см. в ЭП. – *Ред.*)
4. Joule J.P. On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat. In J. P. Joule. Scientific Papers. V. 1 London. Physical Society: 1884 pp. 123–159.

{“The quantity of heat capable of increasing the temperature of a pound of water by one degree of Fahrenheit’s scale is equal to, and may be converted into, a mechanical force capable of raising 838 lb. to the perpendicular height of one foot.” P. 156.]

5. Thomson W. On the dynamical Theory of Heat, with Numerical Results Deduced from Mr. Joule’s Equivalent of a Thermal Unit, and M. Regnault’s Observation on Steam. In W. Thomson Mathematical and Physical Papers. V. 1. Cambridge. The University Press. 1882. pp. 174 – 332.

{“Hence it is convenient to choose a certain state as a standard for the body under consideration, and to use the unqualified term, mechanical energy, with reference to this standard state; so that the “mechanical energy of a body in a given state” will denote the mechanical value of the effects the body would produce in passing from the state in which it is given, to the standard state, or the mechanical value of the whole agency that would be required to bring the body from the standard state to the state in which it is given”. [p. 223]”.

6. Оствальд В.Ф. Насущная потребность /под ред. проф. А.В. Сапожникова; пер. с нем. С. Алексеева; П М.: Типография «Мысль», 1912. 332 с. http://dlib.rsl.ru/01004010771
7. Замятин Е.И. Роберт Майер. Берлин: З.И. Гржебина, 1922. 72 с.

Глобальное потепление – миф или реальность?

Описаны глобальные изменения климата за последние два столетия, представлены их основные причины, показано, что изменения температуры опережают, причём на 500–600 лет, изменения основного парникового газа – оксида углерода, прогнозируется наступление похолодания вслед за текущим резким потеплением и связанными с ним природными катасрофами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глобальное потепление, глобальное похолодание, изменение климата Земли

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

Все замечают, что с погодой что-то происходит. То стоит небывалая жара, то тайфуны и штормы обрушиваются на побережья гораздо чаще, чем раньше, то зимы теплее обычного, да ещё и бесснежные. Ледники в горах начали таять очень быстро, как и лёд в Северном Ледовитом океане, уровень которого, как и везде, медленно, но неуклонно повышается. Говоря о погоде, мы подразумеваем климат, который включает в себя не только атмосферу, но также и сушу, океан, зоны так называемых «вечномёрзлых» пород (криосферу) и, конечно, биоту. Влияет ли на все эти элементы климатической системы антропогенный фактор, которому сейчас придаётся решающее значение? Об этом факторе и об изменении климата сейчас говорят все: учёные, политики и даже не очень сведущие в этих делах широкие массы населения, включая и политических деятелей во многих странах. Давайте сначала обратимся к фактам, которые нельзя опровергнуть. Их интерпретация, вернее причины их вызывающие, далеко не однозначна.

Во-первых, за последние 100 лет средняя температура на земном шаре повысилась на 0,6 °С. Если с 1850 по 1960 гг. средняя температура была относительно низкой по сравнению с 1960–1970 гг., то за последние 40–50 лет она стала стремительно расти (рис. 1). На графике изменения температуры, получившему название «хоккейной клюшки» благодаря климатологу Майклу Манну, хорошо видно некоторое понижение температуры в период «малого ледникового периода» и затем резкий всплеск за последние 100 лет (рис. 2).

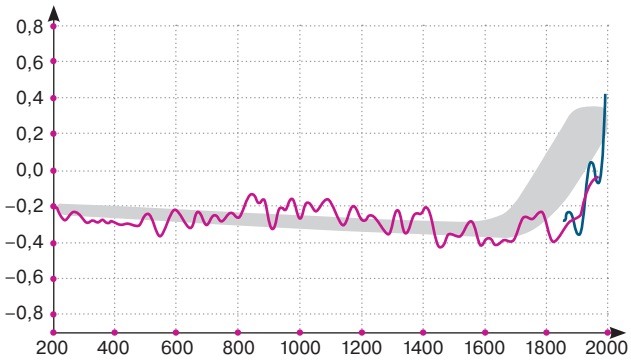


Рис. 2. Изменение приземной температуры за последние 1800 млн лет: Так называемая «хоккейная клюшка»

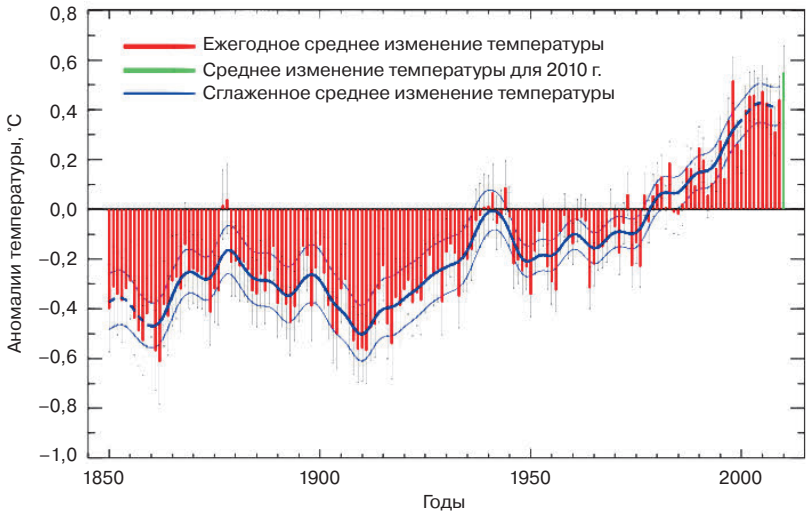


Рис. 1. Глобальное изменение температуры за последние 150 лет (www.metoffice.gov.uk/hadobs)

Во-вторых, в полном согласии с ростом температур находится увеличение содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере (рис. 3), хотя его чуть больше 7%.

В-третьих, быстро повышается средний уровень океана со скоростью около 2,5 мм/год, а также концентрация водяного пара в атмосфере, который является парниковым газом номер один.

Всё это фактические данные, которые вроде бы свидетельствуют о согласованности роста температуры и концентрации CO_2 и CH_4 в атмосфере. Но физик Ричард Мюллер из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли (США) поставил под сомнение корректность выводов о росте температуры, чем вызвал яростную критику со стороны политиков и ряда учёных в США и в Европе [1].

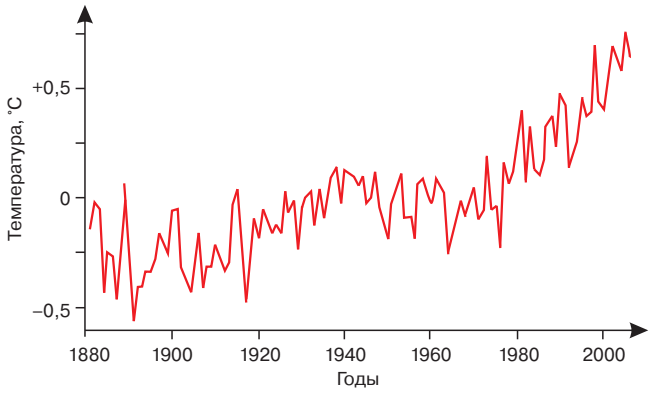


Рис. 3. Изменение температуры за последние 120 лет

Надо сказать, что всех пугает не столько рост температуры и увеличение концентрации CO_2, CH_4 и водяного пара в атмосфере, сколько его темп, действительно очень высокий, намного выше ожидаемого. XX в. стал самым теплым за последние 1000 лет, а 1998 г. – аномально тёплым за всё это время наблюдений. С учетом развития человечества в XX в., сразу же возникает вопрос, а не влияет ли антропогенный или, лучше сказать техногенный фактор, на резкий рост содержания газов и температуры в атмосфере? Вокруг глобального потепления развернулась далеко не шуточная общемировая дискуссия и споры, было созвано много конференций и совещаний. И все пугают страшными последствиями, если тенденция быстрого увеличения температуры и концентрации CO_2 и CH_4 сохранится или, ещё хуже, усилится. Предсказывают, что через 50–70 лет уровень океана поднимется на 7 м, в результате чего окажутся затоплены обширные территории Голландии, Германии, Бангладеш, Венеция, северные районы Европейской России и Западной Сибири и так далее. Будут более частыми экстремальные осадки, наводнения, сильные грозы, смерчи (торнадо), тайфуны, аномально жаркие летние месяцы, засухи, сильнее будут таять льды в Арктике и многолетнемёрзлые породы (криолитозоны), занимающие около 60% территории России, что приведёт к ускоренному выделению метана. Прогнозы, один страшнее другого, появляются постоянно, но их большая часть носит скорее эмоциональный характер дилетантов, далёких от действительно научно обоснованных прогнозов. Климат влияет на всю деятельность человека – сельское хозяйство, экономику и окружающую среду, и поэтому глобальное потепление так обострило восприятие этого процесса.

Вокруг чего ломаются копья? Главное – это причина всех перечисленных выше факторов и большинство видит в ней парниковый эффект, вызванный ростом концентрации диоксида углерода (CO_2) и метана (CH_4) (рис. 4). Растущая экономическая деятельность, в основном, сжигание нефти и газа, повышение концентрации в атмосфере CO_2 больше, чем на 35% по сравнению с периодом слабого развития индустрии. И эта цифра продолжает расти угрожающими темпами. Если содержание CO_2 увеличится в 2 раза, то приземная температура поднимется на 3,0–3,5 °С, а это уже очень много. Надо отметить, что не только диоксид углерода создаёт парниковый эффект, но также и метан (CH_4), закись азота, озон в тропосфере, хлорфторуглероды, которые ещё больше усугубляют ситуацию.

Понятие «парниковый эффект» сводится к получению поверхностью Земли практически постоянного тепла от Солнца, его поглощению и отражению снова в космическое пространство в виде инфракрасного излучения. Газы, отмеченные выше, препятствуют удалению некоторого количества тепла, и приземная температура начинает повышаться. Это и есть парниковый эффект. Если бы его не было вообще, то средняя температура на поверхности Земли была бы не +14 °С как сейчас, а на 30 °С ниже, то есть около –15 °С.

Парниковый эффект атмосферы Земли был открыт в 1824 г. французским физиком Ж. Фурье, в 1860 г. английский физик Дж. Тиндалл доказал, что углекислый газ экранирует тепло, уходящее от Земли, и уже в конце XIX в. шведский химик С. Аррениус высказал идею о возможном потеплении климата в результате деятельности человека.

Современное глобальное потепление – это действительно влияние антропогенного фактора или это естественное природное явление, на которое влияет светимость Солнца, извержения вулканов и другие процессы? Если посмотреть на кривую изменения температур приземного воздуха за последние 1000 лет, то были как понижения, так и повышения температуры, но экстремальный скачок, который наблюдается сейчас, конечно, резко выделяется на фоне колебаний предыдущих эпох.

А фиксируются ли эпохи глобального потепления в древние геологические эпохи, когда никакого антропогенного фактора не было? Да, такие периоды были. Например, 56 млн лет назад общемировая температура поднялась на 5 °С вследствие массового по-

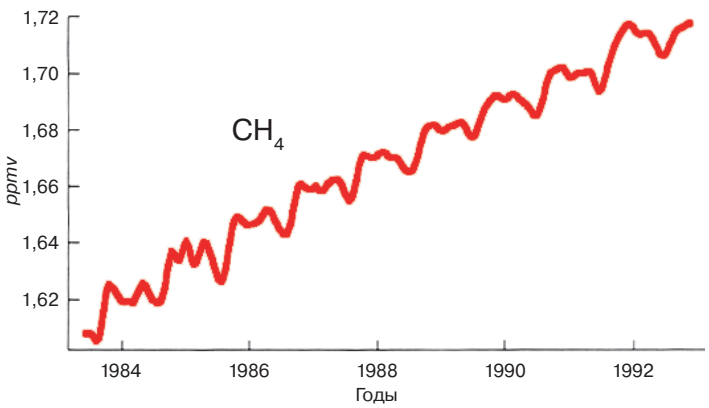


Рис. 4. Изменение объёмного содержания метана (CH_4) за 10 лет

ступления в атмосферу парниковых газов. Этот период известен как палеоцен-эоценовый термальный максимум (*PETM*) [2]. По мнению ряда учёных, эта «тепловая вспышка» была относительно кратковременной, после чего примерно 200 тыс. лет окружающая среда возвращалась к нормальному для того времени состоянию. Откуда же взялись парниковые газы? Ли Камп связывает их с раскрытием северо-восточной Атлантики и появлением огромной массы магматических пород, тепло от которых привело к размораживанию залежей гидратов метана на дне океанов, а метан – гораздо более сильный улавливатель тепла, чем диоксид углерода. Надо отметить, что диоксид углерода в больших объёмах поглощается океанами, в результате чего океанские воды на глубине подкислялись и теряли кислород, что, в свою очередь, вызывало гибель многих организмов. Таким образом, раньше тоже были времена, когда средняя температура повышалась, но не так стремительно, как сейчас. Прогнозы говорят, что если эмиссия парниковых газов будет идти в таким же темпе, то через 200 лет температура может подняться уже на 8 °C и будет так же «жарко», как в *PETM*. Однако в то время рост концентрации парниковых газов был намного более медленным, примерно в 10 раз.

Диоксид углерода, содержание которого в атмосфере 0,03%, вряд ли может являться главным в потеплении, так как содержание водяного пара – газа H_2O – гораздо больше в атмосфере, а, следовательно, он и «утепляет» больше, но о нём говорят как-то мало.

Существует много исследований по палеоклимату, свидетельствующих о том, что периоды потепления и похолодания чередовались без всякого техногенного воздействия. Изотопно-кислородные исследования кернов льда, полученных при бурении скважин в Антарктиде и Гренландии, показали рост глобальной температуры на 2 °C на рубеже 125 тыс. лет назад. В это время в пределах Европейской части России температура летом была также выше современной на несколько градусов [3]. Мы знаем о том, что на рубеже первого и второго тысячелетий нашей эры наблюдалось существенное потепление, во время которого викинги открыли «зелёную страну» – Гренландию и основали там поселения. Но с середины XVI и до середины XIX вв. снова произошло похолодание, так называемый «малый ледниковый период», когда зимы были очень холодные, в Европе замерзали реки. Вспомните картины голландских живописцев, изображавших конькобежцев на каналах. Например, картину Яна Ван Гойена «Конькобежцы», написанную в 1641 г. В то же время походы римлян в Галлию были возможны из-за отсутствия снега и ледников на перевалах в Альпах. Это был климатический оптимум 0–400 г. н. э. Ледники на Кавказе наступали, а Москва-река замерзала в августе.

Таким образом, можно констатировать, что глобальные изменения климата определяются набором факторов: колебаниями состава атмосферы, концентрацией оксида углерода, метана, водяного пара, различных аэрозолей; вулканической деятельностью (выбросами пепла); прецессией земной оси; колебаниями солнечной радиации; распределением океанов и материков и другими. Но сейчас всё внимание сконцентрировано на парниковых газах – оксиде углерода и метана, хотя отмеченные выше факторы могут проявляться в разное время и с разной силой и относительно роли оксида углерода – главного «виновника» глобального потепления, ясности нет. В то же время очевидно, что рост промышленности ведёт к увеличению массовых выбросов в атмосферу углекислоты и метана, и процесс этот остановить невозможно. Несмотря на принятие многими странами (кроме США и Китая) так называемого Киотского протокола, который Россия ратифицировала в 2004 г., требующего уменьшить выбросы в атмосферу промышленных газов, подлинно научное обоснование вреда выбросов отсутствует до сих пор. Полемика вокруг ограничения вредных выбросов в атмосферу ведётся уже 20 лет, а за это время количество выбрасываемых парниковых газов резко возросло. Всё-таки антропогенный стресс влияет на климат и сокращать вредные выбросы в атмосферу необходимо. Вопрос в том, кому и на сколько сокращать, чтобы, по крайней мере, стабилизировать выбросы.

Если глобальное потепление неизбежно, то чем оно всё-таки грозит России? На этот счёт мнения научного сообщества тоже расходятся. Однако даже незначительное потепление приведёт к массовому таянию арктических льдов, что, в общем-то, для нас благоприятно, так как откроется северный морской путь. Но поступившая из-за этого вода поднимет уровень океана примерно на метр в худшем случае, а не на 7 м (рис. 5). В северных районах будет теплее и может начаться таяние многолетнемёрзлых пород в криолитозоне, что усилит выделение метана, одного из парниковых газов. Будут созданы проблемы для наших северных городов – Воркуты, Норильска, Якутска, Салехарда, Ханты-Мансийска и других, а также для нефте- и газопроводов, которые начнут деформироваться.

Уже показано, что температура воздуха за последние 35 лет повысилась на 0,6–0,8 °C на севере Европейской России, в Западной Сибири – до 1,6 °C, в Якутии – на 1,4 °C. И всё это влечёт за собой увеличение температуры в многолетнемёрзлых породах в пределах верхних 10 м, что может вызвать многие опасные процессы – образование оползней, термо-

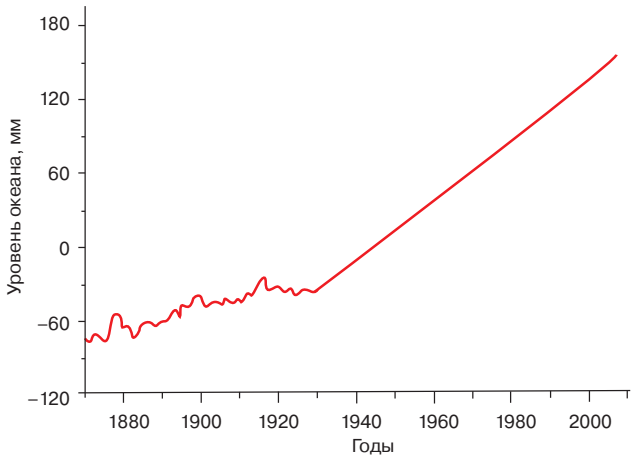


Рис. 5. Изменение уровня океана за последние 120 лет (+2,46 мм/год)

карста, вытаивания льдов и так далее [4]. Увеличение количества осадков вызовет наводнения, особенно экстремальные, грозы и, вместе с тем, периоды засух. Вместе с тем для сельского хозяйства условия станут более благоприятными, как следует из созданных моделей.

Увеличение содержания CO_2 сначала компенсируется его поглощением водой океанов, но когда углекислого газа станет больше, начнется подкисление океанских вод, что приведёт к уменьшению содержания кислорода, т. к. температура глубинных вод повысится. В холодной воде кислорода растворяется больше, а уменьшение его содержания приведёт к катастрофическому вымиранию многих микроорганизмов.

Вместе с тем существуют представления, достаточно обоснованные, что глобальное потепление скоро закончится, если уже не кончилось, а наступает похолодание [5, 6].

Космические снимки показывают, что в Арктике увеличился общий для всего Северного Ледовитого океана покров льда, что привело к закрытию некоторых проливов у берегов Канады, так что несколько яхт и круизный корабль оказались затёрты льдами. Только с помощью ледоколов их освободили. Температура водной массы Тихого океана на востоке понизилась. Возможно, что уменьшение температуры связано с массой аэрозолей из-за выхлопов автотранспорта, которые отражают солнечное тепло. Не исключено и понижение активности Солнца, что происходит циклически.

Возникает проблема с холодным Лабрадорским течением, идущим с севера вдоль восточного побережья Северной Америки, где оно, имея большую плотность воды, проходит под тёплым Гольфстримом, обогревающим всю Западную Европу, где среднегодовая температура на 10 и более градусов выше, чем на той же широте у нас в России. Сейчас плотность холодного Лабрадорского течения лишь на малую долю процента выше, чем плотность воды Гольфстрима в середине Атлантического океана, что позволяет холодной массе воды проходить ниже тёплой. А если эта температурная разница исчезнет? Тогда Европа замёрзнет, и лучше вообще пока не гадать.

Колебания концентрации диоксида углерода в атмосфере являются не *причиной* парникового эффекта, а *результатом* глобальных изменений температуры. Бурение ледникового покрова Антарктиды показало, что изменения температуры опережают изменения содержания оксида углерода в атмосфере на 500–600 лет [5, 7]. С этих позиций раздаётся критика Киотского протокола как не имеющего научного обоснования [8].

Какой же можно сделать вывод из всего сказанного? Сценариев развития глобального потепления очень много, что говорит о нерешённости проблемы. Виноват ли в изменении климата антропогенный фактор? До конца неясно. Надо ли ограничивать вредные выбросы в атмосферу? Безусловно, надо. Следует ли разрабатывать прогнозы изменений климата как для России, так и для всего Мира? Следует, но они должны базироваться на качественной основе, которой часто не хватает. И, наконец, надо быть готовым к стихийным природным катастрофам, которые, если резкое потепление продолжится, будут происходить чаще, или же к наступающему возможному похолоданию.

Литература

1. Лемоник М. Я принадлежу науке (интервью с Р. Мюллером) // В мире науки. 2011. С. 40–44.
2. Ли Камп. Последнее великое глобальное потепление // В мире науки. 2011. № 9. С. 33–38.
3. Величко А.А. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки.// Изв. АН СССР, сер. География. 1991. № 5. С. 5–22.
4. Осипов В.И. Природные катастрофы в центре внимания ученых. // Вестник РАН. 1996. Т. 65. № 6. С. 483–495.
5. Сорохтин О.Г. Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли. М., Ижевск, 2006. 87 с. (Сер. «Науки о Земле».)
6. Landscheidt T. New Little Ice Age Instead of Global Warming?Energy and Environment. 2003. V. 14. P. 327–350.
7. Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. Циклы Миланковича и эволюция характеристик климатического режима и состава атмосферы по данным ледяных кернов с антарктической станции Восток. // Мат-лы гляциол. исслед. 2003. Т. 93. С. 3–8.
8. Губарев В., акад. Израэль Ю.А. Какую погоду ждать на Земле?// Наука и жизнь. 2002. № 1. С. 2–9.

Физика планеты Земля (элементарные основы): элективный курс

Приведены материалы элективного курса «Физика планеты Земля (элементарные основы)», оценивается роль и место курса, его значимость в формировании важных для выпускника школы мировоззренческих компетенций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: элективный курс, планета Земля, естественнонаучное мировоззрение, компетентности

Т.Ю. КУЗЬМИЧЁВА
tyuk2001@mail.ru,
МБОУ лицей, г. Бор,
Нижегородская обл.

Человечество достигло «космического» уровня развития цивилизации. Но удивительно, что в средней **общеобразовательной** школе доля естественнонаучного материала (с 1-го по 11-й классы) составляет **всего 11,8%** от общего числа часов**.** Лишь в 7–9-м классах эта доля возрастает примерно до **20%.** Общая же доля материала со сведениями **о планете Земля** от общего числа учебных часов составляет вообще только **2,3%!** Значит, объём основополагающих элементов научного знания мировоззренческого характера в средней школе средствами естественнонаучного материала, а, тем более, знания о **планете Земля – недостаточен.**

Физический мир планеты Земля, ближнего и дальнего космоса остаётся мало познанным и плохо понятым не только школьниками среднего звена, но и старшеклассниками. На наш взгляд, слабо формируются и даже «уходят» из школьного образования возможности для уверенного формирования таких компетенций, как научное мировоззрение, научно-критическое мышление, способность видеть, понимать и исследовать окружающий мир, решать оценочные задачи.

С этим связана и недостаточная научная грамотность взрослого населения. Например, 28% опрошенных из группы жителей нашей страны считают, что Солнце движется вокруг Земли [1].

Помочь более активному формированию мировоззрения и знаний о нашей планете, её месте во Вселенной, сохранении и развитии жизни как раз и призван элективный курс «Физика планеты Земля (элементарные основы)» (10-й класс, 35/70 ч). Опираясь на знания по основным школьным естественнонаучным предметам, обучающиеся смогут создать стройную картину сведений о Земле, научатся строго рассчитывать и объяснять её физические характеристики, глобальные явления на ней и ближайших небесных телах.

Цель курса: сформировать у обучающихся, в процессе их творческой деятельности, цельную единую картину научных сведений о планете Земля.

Программа курса: • От Вселенной к планетам • Образование планеты Земля • Кинематика движения планеты Земля • Динамика движения планеты Земля • Система Земля–Луна • Магнитное и электрическое поля планеты Земля • Взаимодействие планеты Земля с космическими телами • Особенности планеты Земля.

Практическая составляющая: 27 практических работ, семинары, деловые игры, экскурсии, защита творческих учебно-исследовательских проектов.

Выпущены в пробных экземплярах первая часть книги «Физика планеты Земля (элементарные основы)» и «Проектирование учебного курса» (для учителей, ч. 1).

Согласно опросам слушателей четырёх выпусков курса наибольший интерес вызывают разделы «От Вселенной к планетам», «Образование планеты Земля», «Взаимодействие планеты Земля с космическими телами».

Приведём в качестве примера отрывок из учебного пособия.

§ 9. Поверхность Земли. Высота гор на планетах земной группы.

Какая она, планета Земля – всё же твёрдая или жидкая? Мы уже можем ответить на этот вопрос! Достоверно, что планету покрывает каменная оболочка – земная кора, которую М.В. Ломоносов образно назвал «черепом Земли». Толщина земной коры от 5 до 75 км, то есть по отношению ко всей планете, средний радиус которой 6378 км, это даже не «кожура яблока»!

Горы – планетарная морфоструктура

Важную роль в образовании рельефа земной коры играют не только тектонические движения, деятельность вулканов и текучих вод, но и **масса горных пород, их плотность и состав...**

Печатается в сокращении. Полный текст авторского представления курса, содержание курса, методическое пособие для учителей, текст § 7 «Размеры и форма Земли», а также сценарий урока по этому параграфу и практическая работа к нему «Методы определения радиуса Земли» даны в ЭП. – *Ред.*

К важнейшим земным планетарным морфоструктурам относятся горы:

• на континентальном типе коры: Альпийско-Гималайский, Андийско-Кордильерский и Восточно-Азиатский горные пояса;

• на океаническом типе коры: срединно-океанические хребты Тихого, Атлантического, Индийского океанов.

Самой высокой горой считается Эверест (Джомолунгма, она же Сагарматха), входящая в горную цепь Гималаев, – примерно 8848 м.

http://toprekord.ru/wp-content/uploads/2010/03/everest2.jpg

А каковы горы на планетах? На **Меркурии** высота гор достигает 3 км, на **Венере** – 11 км (вулкан Маат). Но самые высокие во всей Солнечной системе – горы на **Марсе**: Павонис (Павлин) – 14 км, Аскреус – 18 км, Арсия – 19 км, Олимп – 21,2 км.

...Как оценить максимальную высоту гор на планетах?

Сила тяжести, плотность и состав горных пород являются ведущими факторами в образовании гор и их высот на любой планете. А какой вообще может быть высота гор на планетах?

Попробуем оценить предельную высоту гор [2]. Каждое вещество, в том числе и горная порода, характеризуется пределом прочности (механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала) и пределом текучести (напряжение, при котором начинает развиваться пластическая деформация). Пусть предельное давление, которое выдерживает горная порода, составляет p_{max} (ему соответствует напряжение σ_{max}). Пусть гора имеет форму конуса высотой H с основанием площадью S, а её плотность ρ равна плотности планеты. Можем записать:

$$p = F_{тяж}/S = mg/S = p_{max},$$

где g – ускорение свободного падения);

$$m = \rho \cdot V, \text{ где } V = 1/3 \cdot H \cdot S \text{ – объём } \textit{горы};$$

$$H \approx 3p/(\rho \cdot g).$$

Вблизи предела текучести:

$$p = p_{max} = \sigma_{max} = \sigma_{прочн};$$

$$H_{max} \approx 3\sigma_{max}/(\rho \cdot g).$$

Из формулы видно, что чем меньше планета (меньше её масса m и ускорение свободного падения g), тем выше могут быть горы! Это неожиданно! Но важно учитывать ещё и плотность горных пород, и предел их прочности.

Практическая работа № 8. Методы определения предельной высоты гор на планетах.

Цель работы: оценить высоту гор на заданных космических телах и сравнить их с реальными.

Ход работы

1. Используя справочные данные и данные приведённой таблицы, проведите теоретические расчёты предельной высоты гор на космических телах по формуле:

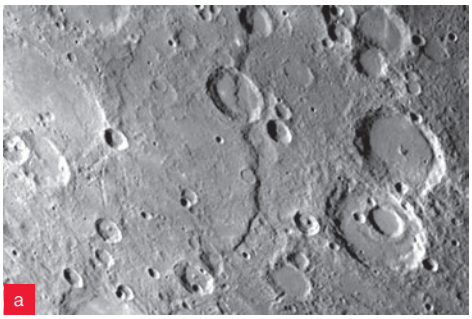
$$H_{max} \approx 3\,\sigma_{max}/(\rho \cdot g).$$

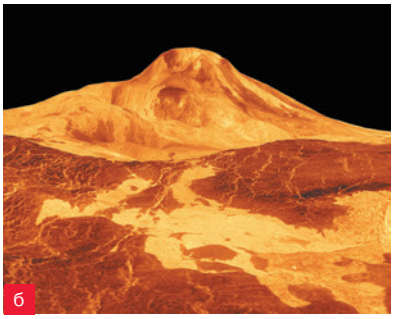
2. Заполните таблицу.

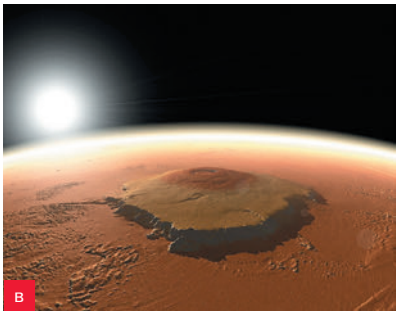
Планета	σ_{max}, Н/м^2	ρ, кг/м^3	g, м/с^2	H_{max}, км	$H_{реал}$, км
Меркурий	Гранит, 10^8	2700			До 2–3
Венера		2700			Максвелл, 12
Земля		2700			Эверест, 8,85
Марс		2700			Олимп, 21,2
Луна	Лунные породы, $3 \cdot 10^7$	2500			Вершина Гюйгенса, 4,7

3. Сравните теоретические данные с реальными. Сформулируйте выводы.

За дополнительной информацией обращайтесь к автору, *Тамаре Юрьевне Кузьмичёвой*, учителю физики и астрономии, Заслуженному учителю России, победителю Всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России-2006».


http://www.astrolab.ru/cgi-bin/img.cgi?i=54.jpg&p=galery
а


http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/113593
б


http://s3092253953962.mirtesen.ru/photos/2006259913
в

Горы на планетах Солнечной системы: Меркурии (*а*), Венере (*б*), Марсе (*в*)

Литература

1. Язев С.А., Комарова Е.С. Уровень астрономических знаний в обществе. URL: http://www.biophys.ru/archive/bulletin/vzn_06_p67.pdf
2. Бялко А.В. Наша планета – Земля. М.: Наука, 1989.

Физические основы нанотехнологий

На доступном для учеников старших классов средней (полной) общеобразовательной школы уровне изложены основные физические принципы и эффекты, лежащие в основе работы устройств наноэлектроники, включая нанооптоэлектронику и спинтронику. Рассмотрены особенности поведения наносистем в электрических и магнитных полях, при поглощении или генерации света.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии, резонансный туннельный диод, баллистическая проводимость, спинотроника, лазеры на квантово-размерных структурах, наногетероструктурные солнечные элементы

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

Лекция 7. Наноэлектроника

7.1 Классификация устройств наноэлектроники. Под наноэлектроникой в широком смысле слова понимается любое использование наноматериалов или нанотехнологий в электронике для создания новых устройств и улучшения характеристик уже существующих (*слайд 1*). Она охватывает не только часть таких традиционных разделов полупроводниковой электроники, как микроэлектроника, оптоэлектроника, электроника СВЧ, но и совершенно новые разделы, такие как молекулярная электроника и спинтроника, которые описывают приборы и устройства, работающие на новых принципах (рис. 7.1). Именно в полупроводниковой электронике применение нанотехнологий даёт наиболее впечатляющие результаты. Развитие технологии полупроводниковых структур по пути всё большей и большей миниатюризации и уменьшения размеров отдельных элементов до наномасштаба привело к созданию приборов с уникальными свойствами: лазеров на квантовых ямах, квантовых точках и сверхрешётках, высокоэффективных фотопреобразователей, одноэлектронных устройств – диодов, транзисторов, генераторов, интегральных микросхем (точнее, наносхем) с высокой степенью интеграции (*слайд 2*) [1–3] .

Переход к наноразмерным элементам позволяет средствами полупроводниковой электроники осваивать новые области применения в биологии и медицине и существенно увеличивать долю электронных компонент в медицинских, биологических, экологических, химических и промышленных технологиях. Наноэлектроника включает в себя среди прочего множество различных приборов медицинского назначения, от биосенсоров до биочипов и нанобиороботов. Эти приборы имеют малые габариты и вес, низкую потребляемую мощность, высокие быстродействие и чувствительность. Благодаря такому сочетанию качеств развитие наноэлектроники идёт стремительно, охватывая всё новые области применения (*слайд 3*). Ожидается, что к 2015 г. мировой рынок наноматериалов и нанотехнологий превысит 1 трлн долларов [1].

Развитие наноэлектроники в XXI в. выступает как ключевой фактор развития экономики. В 2003 г. производство транзисторов в микросхемах составляло 10^{18} штук, а к 2015 г. ожидается ежедневное производство 10 млн транзисторов на каждого жите-

Лекции 1–6 см. в № 2–7_8, 10/2014. 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.*

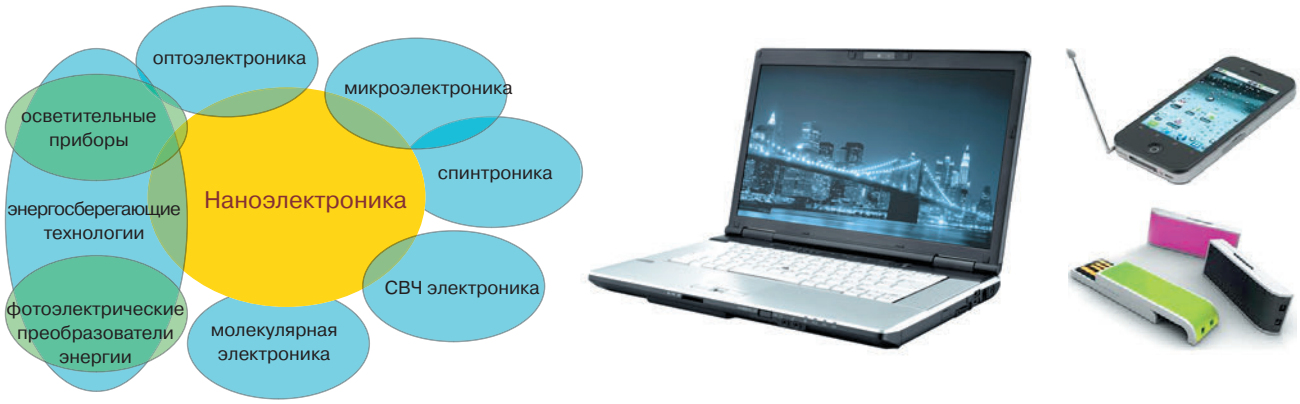


Рис. 7.1. Основные разделы наноэлектроники и наиболее популярные её приложения: ноутбук, мобильный телефон, флешки

ля Земли [3]! Уменьшение размеров элементов электронных схем автоматически ведёт к увеличению их быстродействия и снижению потребляемой мощности. Из-за сверхмалых значений токов, протекающих в наноструктурах, тепловые потери также малы, к тому же при малых габаритах проблема теплоотвода практически не возникает. Более того, во многих случаях потери энергии в наноструктурах просто невозможны – они запрещены квантово-механическими законами.

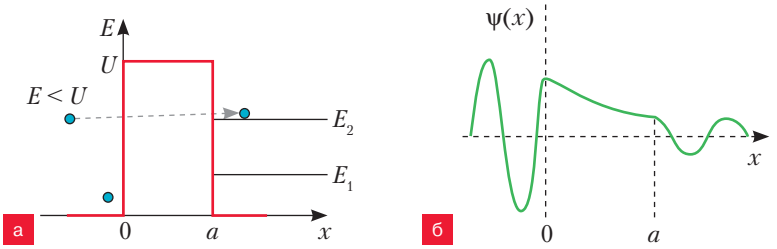


Рис. 7.2. Схема резонансного туннелирования электрона с энергией *E* сквозь потенциальный барьер высотой *U* и шириной *a* на уровень размерного квантования E_2 (*а*); изменение волновой функции электрона в результате туннелирования (*б*) [3]

В основном устройства наноэлектроники базируются на таких физических эффектах в наноматериалах и наностуктурах, как резонансное туннелирование, квантово-размерный эффект, управление спинами электронов, одночастичные и коллективные взаимодействия в ансамблях наночастиц (*слайд 4*).

7.2 Особенности протекания тока в наноразмерных структурах [3–5]**.** Первым прибором наноэлектроники, работающем на новых принципах, считается туннельно-резонансный диод.

Туннельный эффект состоит в возможности частицы пройти сквозь потенциальный барьер, высота которого больше энергии частицы. Вероятность туннелирования тем выше, чем тоньше барьер. В наноразмерных структурах квантование энергетических состояний электронов приводит к тому, что туннелирование через барьер приобретает резонансный характер: просочиться через такую структуру могут лишь электроны с определённой энергией. В системе, где квантовые ямы, в которых есть уровни (или подзоны размерного квантования), разделяет достаточно тонкий (*туннельно-прозрачный*) потенциальный барьер, вероятность туннелирования резко возрастает при совпадении энергии электрона, падающего на барьер, с энергией свободного квантово-размерного уровня в наноструктуре за барьером (рис. 7.2). Резонансное туннелирование сквозь ряд барьеров возможно в том случае, если ширина каждой ямы и барьера имеет порядок длины волны де Бройля для электрона.

На эффекте резонансного туннелирования и основана работа резонансного туннельного диода – первого реального устройства с квантовой ямой и барьерами (*слайд 5*). Он был создан Лео Эсаки и Чангом в 1974 г. Энергетическая диаграмма этого прибора состоит из двух барьеров, разделённых потенциальной ямой, в которой есть один или несколько дискретных уровней размерного квантования (рис. 7.3). Характерная ширина барьеров и расстояние между ними составляют несколько нанометров. Области слева и справа от двойного барьера играют роль резервуаров электронов проводимости, к которым примыкают контакты. Электроны занимают здесь довольно узкий энергетический интервал. Практически такая энергетическая схема реализуется в двойной гетероструктуре, где потенциальную яму образует слой узкозонного полупроводника, расположенный между слоями широкозонного (потенциальные барьеры). Когда энергия электронов, налетающих на барьеры, равна энергии дискретного уровня, туннельная прозрачность резко возрастает. Механизм резонансного туннелирования таков: электрон, проникший в область между барьерами, надолго задерживается там, а в результате многократного отражения от левого и правого барьеров существенно возрастает вероятность туннелирования. Одновременно можно сказать, что при резонансе из-за интерференции волн во внутренней области гасится волна, отражающаяся от двойного барьера. Следовательно, волна, упавшая слева, полностью проходит вправо.

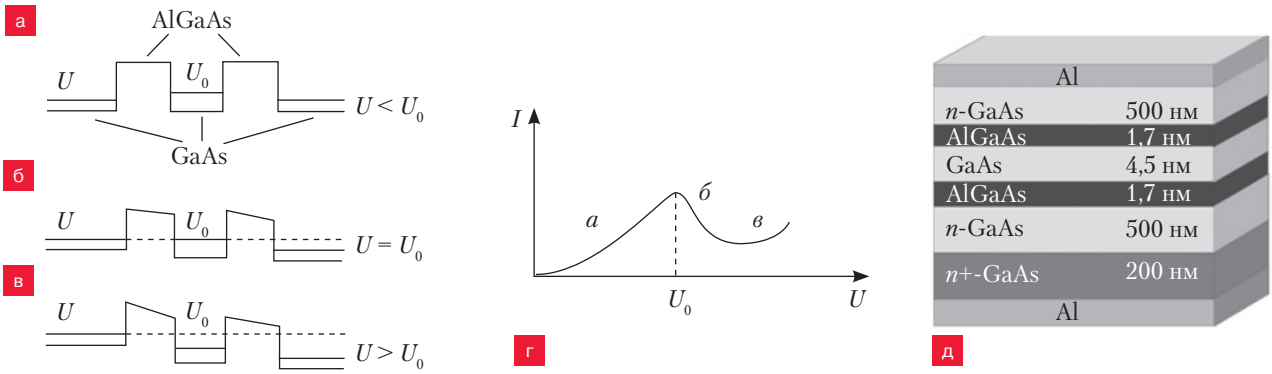


Рис. 7.3. Энергетическая диаграмма резонансного туннельного диода на основе гетеропары GaAs-AlGaAs при различных значениях приложенного напряжения (*а–в*), его вольт-амперная характеристика (*г*) и структура (*д*) [3, 4]

Если приложенное напряжение мало и энергия электронов, налетающих на барьер слева, меньше энергии дискретного уровня, то прозрачность барьера и, следовательно, протекающий ток будет малым (рис. 7.3, *а*). Ток достигает максимального значения при таких напряжениях смещения, когда энергия электронов равна энергии дискретного уровня (рис. 7.3, *б*). При более высоких напряжениях энергия налетающих электронов больше энергии дискретного уровня, и туннельная прозрачность барьера уменьшается (рис. 7.3, *в*). При этом также уменьшается ток. На вольт-амперной характеристике резонансного туннельного диода имеется максимум (рис. 7.3, *г*). Справа от максимума кривая $I(U)$ имеет падающий участок, где ток убывает с ростом напряжения, – такая зависимость соответствует *отрицательному дифференциальному сопротивлению*.

В электронных схемах резонансный диод может выполнять самые разнообразные функции. Общее время прохождения электроном всей многобарьерной структуры обычно не превышает 10^{-10} с. Поэтому такое устройство может использоваться для создания быстродействующих многоуровневых логических элементов, элементов памяти, сверхвысокочастотных генераторов. Если структура включает в себя несколько квантовых ям различной ширины, генератор на резонансном диоде будет иметь несколько рабочих частот. Если к центральной области резонансного диода подвести контакт, управляющий положением дискретного уровня в квантовой яме, получится резонансный туннельный транзистор. Такие транзисторы имеют частоты переключения порядка 10^{12} Гц, что в 100–1000 раз выше, чем у традиционных кремниевых транзисторов из современных интегральных микросхем.

В отличие от приборов микроэлектроники процесс переноса носителей заряда в устройствах наноэлектроники имеет ряд особенностей, обусловленных сверхмалыми размерами структур, точнее говоря, квантовыми эффектами, которые проявляются при таких размерах.

Электропроводность наноразмерных проводников – нанорезисторов – носит *баллистический* характер (от греческого слова βαλλο – бросаю; баллистика – наука о движении артиллерийских снарядов, пуль и тому подобное). Это название отражает тот факт, что электроны движутся через нанорезистор, как выпущенные из пушки снаряды, не сталкиваясь с ионами, находящимися в узлах кристаллической решётки (*слайд 6*). В обычном проводнике траектория движения электрона имеет вид ломаной линии, электрон движется по прямой от соударения до соударения с узлами кристаллической решётки, каждый раз при столкновении передавая им часть своей энергии, то есть разогревая её (рис. 7.4, *а*). Такой характер движения называется *диффузионным*. Чем длиннее проводник, тем больше столкновений испытывает при своём движении электрон, тем больше потери энергии, тем больше электрическое сопротивление проводника.

При баллистическом характере движения носителей заряда электрическое сопротивление проводника не зависит от его длины. Если длина свободного пробега электрона больше длины резистора, то от одного конца резистора до другого электрон пролетает практически по прямой, без столкновения с узлами кристаллической решётки, а значит, и без потерь энергии (рис. 7.4, *б*). Кроме того, если нанорезистор является полупроводником, при низких температурах его электропроводность квантована, то есть изменяется скачком при изменении приложенного напряжения. Минимальная величина скачка G_0 – *квант проводимости* – не зависит ни от приложенного напряжения, ни от каких-либо параметров полупроводника и выражается через фундаментальные константы – заряд электрона e и постоянную Планка h:

$$G_0 = \frac{2e^2}{h} = \frac{1}{12\,900}\ \text{Ом}^{-1}.$$

Квантование сопротивления или проводимости полупроводникового нанорезистора связано с наличием уровней размерного квантования или минизон (подзон) в его свободной зоне, то есть квантованием энергии свободного электрона. Энергия электронов в металлических контактах полупроводникового нанорезистора при низких температурах достаточно мала, а пересечь полупроводник могут только те электроны из контакта, энергия которых совпадает с каким-либо разрешённым уровнем или разрешённой подзоной энергии свободного электрона в полупроводнике. При увеличении приложенного напряжения энергия электронов в металле увеличивается, и как только она достигает разрешённого уровня в полупроводнике, проводимость скачком увеличивается – электроны могут проходить через полупроводник (рис. 7.4, *в*). Следует заметить, что речь идёт об электрическом сопротивлении контактов к полупроводнику, в самом нанорезисторе электроны не встре-

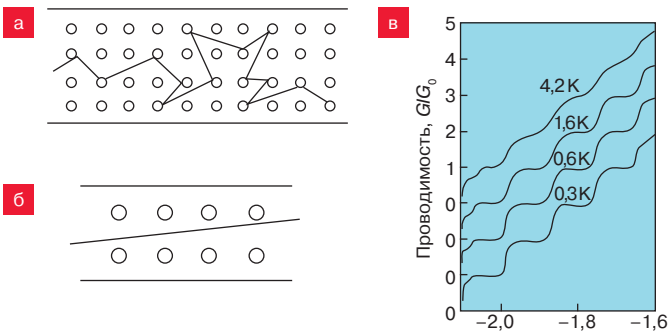


Рис. 7.4. Схема диффузионного (*а*) и баллистического (*б*) движения электрона в проводнике; график зависимости проводимости системы с нанорезистором от приложенного напряжения (*в*) [5]

чают сопротивления своему движению, то есть его электрическое сопротивление равно нулю.

7.3. Спинотроника. *Спинотроникой* называется раздел наноэлектроники, в котором необходимый эффект достигается за счёт управления *спином* — собственным «вращательным» моментом импульса электрона [3, 4].

Строго говоря, спин не связан с движением электрона в пространстве, хотя с английского *spin* переводится буквально как *вращение*. Спин — это внутренняя квантовая характеристика элементарной частицы, которую нельзя объяснить в рамках классической механики. Однако для наглядного объяснения явлений спинотроники удобно представлять электрон как некоторый вращающийся объект, а спин — как момент, связанный с этим вращением. Так как электрон является заряженной частицей, его «вращением», то есть спином, можно управлять при помощи магнитного поля.

Одно из явлений, используемых спинотроникой, это *гигантское магнитосопротивление* (*слайд 7*). Эффект магнитосопротивления (увеличения электрического сопротивления материала при помещении его в магнитное поле) в металлах и полупроводниках объясняется тем, что электроны проводимости в магнитном поле под действием силы Лоренца двигаются по спиральным траекториям, так что их скорость в направлении приложенного электрического поля становится меньше, то есть электрическое сопротивление увеличивается. Магнитосопротивление проявляется в металлах при низких температурах в сильных магнитных полях.

Аналогичный, но гораздо более сильный эффект обнаружен в гетероструктурах, состоящих из чередующихся наноразмерных слоёв магнитных и немагнитных металлов, например, железо–хром, кобальт–медь. При переключении полярности магнитного поля сопротивление таких гетероструктур может изменяться более чем в два раза, что значительно выше, чем изменение обычного магнитосопротивления в металлах при тех же условиях. На рис. 7.5 приведена схема, поясняющая эффект возникновения гигантского магнитосопротивления (ГМС) в трёхслойной гетероструктуре Co–Cu–Co. Если первый и второй ферромагнетик намагничены одинаково, ток через гетероструктуру проходит. Ориентация спинов электронов, поступающих в первый ферромагнетик из внешней цепи, хаотична, но после его прохождения ориентация спинов всех электронов одинакова – она задана направлением магнитного поля первого материала. Как говорят, ток становится спин-поляризованным ($J_{\uparrow}$). Если второй ферромагнетик намагничен в том же направлении, что и первый, такой спин-поляризованный ток через него проходит, сопротивление структуры мало (рис. 7.5, *а*). Если же второй ферромагнетик намагничен в направлении, противоположном магнитному полю первого ферромагнетика, спин-поляризованные электроны отражаются от его границы, сопротивление структуры велико, и ток во внешней цепи очень мал (рис. 7.5, *б*).

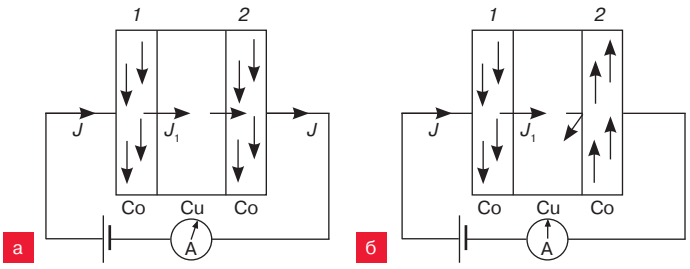


Рис. 7.5. Схема прохождения электронов через гетероструктуру Co–Cu–Co: ферромагнетики *1* и *2* намагничены одинаково (*а*); ферромагнетики *1* и *2* намагничены в противоположных направлениях (*б*) [4]

Таким образом, сопротивление структуры можно существенно изменять переключением внешнего магнитного поля, причём величины переключающего магнитного поля гораздо меньше, чем для обычного магнитосопротивления.

7.4. Лазеры на квантово-размерных структурах [6, 7]**.** Теоретически возможность генерации вынужденного излучения в полупроводниках была предсказана Н.Г. Басовым в 1960 г. Если создать такое распределение электронов по энергиям, что вероятность заполнения ими дна зоны проводимости больше, чем вершины валентной зоны (*инверсная населённость*), то свет, проходя через такую среду, будет усиливаться за счёт вынужденного излучения (*слайд 8*). Создать такое состояние можно либо оптической накачкой, как в твердотельных лазерах на диэлектрических кристаллах и стёклах, либо инжекцией электронов через *p–n*-переход. Последний способ позволяет непосредственно преобразовывать энергию электрического поля в энергию когерентного излучения, то есть электрический сигнал – в оптический. Идея Н.Г. Басова была реализована в 1962 г. для структур на арсениде галлия (GaAs) с *p–n*-переходом. Зеркалами резонатора являлись зеркальные сколы полупроводникового кристалла, перпендикулярные плоскости *p–n*-перехода. Однако надежды не оправдались: когерентное излучение генерировалось только при температуре жидкого азота, то есть требовалась громоздкая охлаждающая аппаратура. Необходимость охлаждения диода диктовалась тем, что лишь малая доля инжектированных через *p–n*-переход электронов участвовала в генерации излучения.

Все преимущества полупроводникового лазера проявились только с появлением так называемых

гетеролазеров. Структура с гетеропереходом для лазерного диода была запатентована группой Ж.И. Алфёрова в 1963 г. и реализована ими же в 1967 г. В гетеролазере активный слой узкозонного полупроводника «заперт» между двумя слоями широкозонного (см. также лекцию 3, № 4/2014. – *Ред.*). Инжекция электронов через гетеропереход со стороны широкозонного материала является односторонней. Концентрация инжектированных электронов определяется высотой потенциального барьера и даже при небольшой его величине достаточна для создания инверсной населённости в активном слое (*суперинжекция*). Широкозонные слои создают и оптическое ограничение, выполняя роль стенок оптического волновода, так как имеют меньший по сравнению с GaAs показатель преломления. Благодаря всем этим эффектам гетеролазеры заработали при комнатной температуре.

Срок службы первых гетеролазеров был мал из-за высокого порогового тока накачки, при котором начиналась генерация лазерного излучения: полупроводник разогревался, что приводило к быстрой деградации диодной структуры. Уменьшить пороговый ток накачки можно было уменьшением толщины активного слоя. Поэтому развитие технологии гетеролазеров шло по пути всё большего уменьшения размеров слоёв и увеличения их количества. При толщине слоёв микрометр и менее начинают проявляться квантово-размерные эффекты. Появились приборы с уникальными свойствами: лазеры на квантовых ямах и квантовых точках (*слайд 9*).

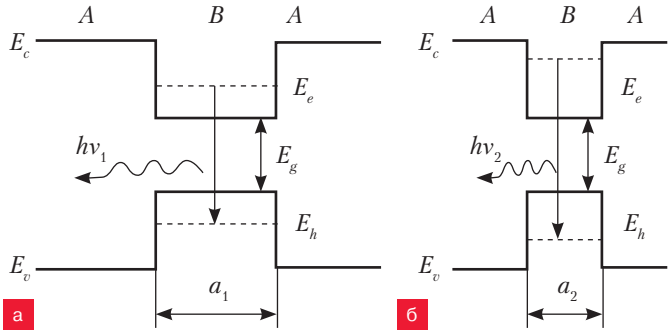


Рис. 7.6. Энергетическая схема лазера на квантовой яме: ширина ям (толщина узкозонных слоёв *B*) равна a_1 (*а*) и a_2 (б). Уменьшение толщины слоя *B* ($a_2 < a_1$) приводит к увеличению энергии излучения ($h\nu_2 > h\nu_1$) [7]

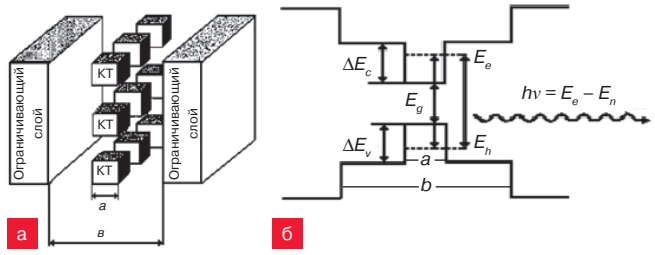


Рис. 7.7. Геометрическая (*а*) и энергетическая (*б*) схемы лазера на квантовых точках (КТ): *a* – ширина активной области, *b* – ширина волновода [7]

В квантовой яме энергетический спектр электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне представляет собой набор подзон. Рекомбинация электрона и дырки из этих подзон может происходить с испусканием фотона (рис. 7.6). Так как положение подзон зависит от толщины слоя, энергия излучаемого фотона также зависит от толщины слоя, то есть длину волны излучения можно изменять простым изменением толщины активной области. Кроме того, в двумерном электронном газе легче создать условия для генерации когерентного (лазерного) излучения, поэтому значения плотности порогового тока для лазеров на квантовых ямах на порядок меньше, чем для лазеров на обычных гетероструктурах и на три порядка меньше, чем для первого полупроводникового лазера (40 А/см^2 против 100 кА/см^2) [8].

Ещё более эффективны лазеры на квантовых точках. Так как движение электрона в зоне проводимости квантовой точки ограничено по всем трём направлениям, его энергетический спектр представляет собой набор дискретных уровней. Рекомбинация электронов и дырок с этих уровней даёт излучение с очень узким, температурно-независимым спектральным пиком. Длина волны излучения, как и в случае квантовой ямы, определяется размерами квантовой точки. Если активный слой гетеролазера образован набором квантовых точек одного размера (рис. 7.7), генерация стимулированного излучения при комнатной температуре наступает при рекордно низких (15 А/см^2) значениях порогового тока, а мощность излучения достигает 1 Вт при характерном размере лазерного диода менее 1 мм! Квантовая эффективность лазеров на квантовых точках равна практически 100%, так как механизмы безызлучательной рекомбинации в них просто отсутствуют. Дополнительные плюсы по сравнению с лазерами на квантовых ямах – высокое быстродействие и существенно более высокий коэффициент усиления.

Подлинное произведение нанотехнологического искусства представляют собой каскадные лазеры на сверхрешётках (*слайд 10*). Они изготавливаются на гетероструктурах, содержащих до 1000 наноразмерных слоёв, при этом толщина всех слоёв выдерживается с атомной точностью! Каждый каскад состоит из инжектора и активной области (рис. 7.8). Активная область – это несколько туннельно-связанных квантовых ям (слоёв узкозонного материала), разделённых тонкими барьерами из широкозонного материала. Классическую лазерную трёхуровневую систему образуют в квантовых ямах три дискретных уровня размерного квантования, положение которых регулируется шириной ямы (толщиной слоя узкозонного материала). Инжекторы представляют собой сверхрешётки из тех же материалов.

Когерентное излучение испускается в квантовых ямах активных областей при переходе электронов с верхнего размерного уровня (*3*), на котором их время жизни достаточно велико, на средний (*2*), откуда они

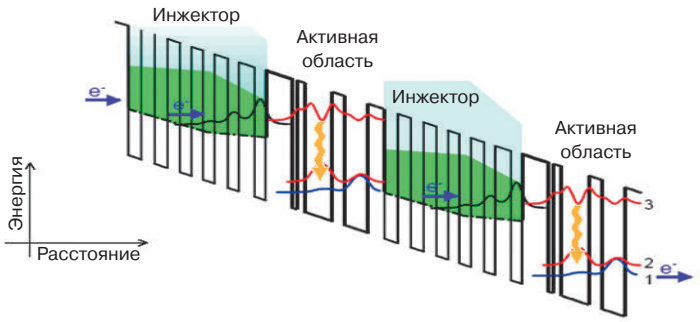


Рис. 7.8. Схема прохождения электрона через два каскада каскадного лазера [7]

безызлучательно «сваливаливаются» на нижний (*1*). С нижнего уровня электроны туннелируют через выходной барьер активной области в сверхрешётку следующего инжектора, пролетают по ней посредством резонансных туннельных переходов и туннелируют на верхний уровень следующей активной зоны. Там происходит накопление электронов до состояния инверсной населённости, после чего процесс испускания когерентного излучения повторяется. Если в каскадном лазере N ступеней, то каждый электрон, пройдя каскад, создаёт N фотонов, по одному на каждой ступени каскада.

7.5. Наногетероструктурные солнечные элементы [9]**.** Прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию с помощью полупроводниковых фотопреобразователей является одним из самых перспективных методов нетрадиционной энергетики. Полупроводниковые солнечные батареи являются основным и почти единственным источником энергоснабжения космических аппаратов и больших орбитальных станций и получают всё большее распространение в наземной энергетике.

Работа полупроводниковых солнечных элементов основана на фотовольтаическом эффекте. При поглощении кванта излучения в полупроводнике появляются свободные носители заряда за счёт перехода электрона в зону проводимости из валентной зоны или с примесного уровня, происходит фотогенерация (*слайд 11*). В объёме полупроводника создаётся такая система потенциальных барьеров, чтобы генерированные свободные носители заряда разного знака разделялись, переходя на противоположные грани кристалла, где есть электрические контакты. Таким образом в полупроводниковом фотопреобразователе возникает фотоЭДС.

Существенным сдерживающим фактором развития фотоэнергетики является довольно высокая стоимость фотоэнергосистем, обусловленная дороговизной как основных полупроводниковых материалов, так и технологического процесса изготовления фотопреобразователя. Солнечные батареи на основе наногетероструктурных каскадных фотопреобразователей и концентраторов солнечного излучения являются наиболее перспективными с точки зрения повышения эффективности преобразования солнечной энергии и снижения его стоимости, поскольку обеспечивают увеличение КПД до 35% и более, а также радикальное снижение расхода полупроводниковых материалов пропорционально кратности концентрирования излучения (до 1000 «солнц») [9].

Увеличение КПД в каскадных наногетероструктурных фотопреобразователях (рис. 7.9, *слайд 12*) достигается за счёт более эффективного преобразования энергии солнечного излучения путём разделения падающего потока света на несколько частей с различной энергией фотонов (спектральных интервалов). Фотоны каждого из этих интервалов погло-

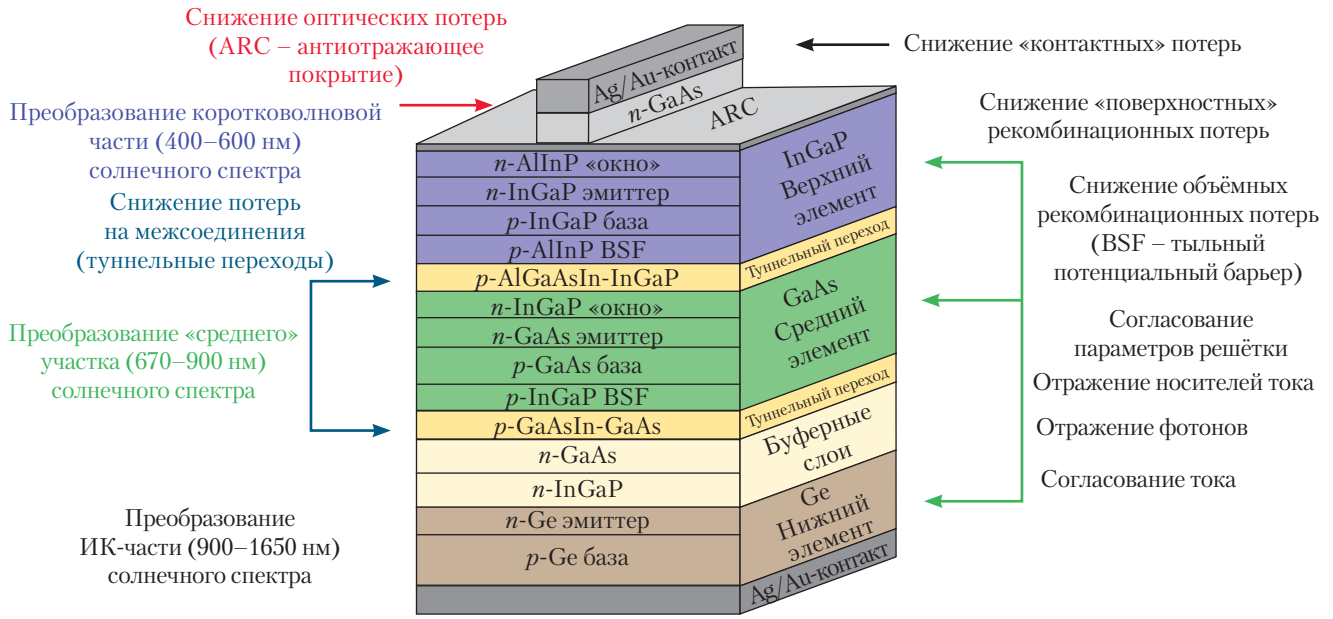


Рис. 7.9. Схематический разрез наногетероструктурного каскадного фотопреобразователя солнечного излучения с указанием функций отдельных слоёв [7]

щаются в определённой части полупроводниковой структуры, где их поглощение наиболее эффективно. Трёхкаскадные фотопреобразователи включают в себя три фотоактивные области, выполненные из трёх полупроводников (GaInP, GaAs, Ge) с шириной запрещённой зоны, уменьшающейся от фронтальной освещаемой поверхности фотопреобразователя. Коротковолновая часть солнечного излучения преобразуется в GaInP-области, средневолновая часть – в GaAs-области и инфракрасная часть – в Ge-области, что обеспечивает КПД преобразования 35–40%. Фотоактивные области разделены туннельно-тонкими барьерами, обеспечивающими за счёт туннельного эффекта беспрепятственное прохождение генерированных светом носителей заряда от одной области к другой вплоть до контакта. На фронтальной поверхности расположено антиотражающее покрытие, снижающее оптические потери. Электрические контакты сделаны из сплава серебра и золота, имеющего высокую электропроводность. Тыльный контакт к тому же выполняет роль отражателя низкоэнергичных фотонов, которые прошли всю структуру без поглощения. При повторном прохождении каскада вероятность их поглощения увеличивается. При большем количестве каскадов возможно увеличение КПД до 45–50%, если использовать тысячекратную концентрацию солнечного излучения (*слайд 13*).

Литература

1. Головин Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала // Природа, 2004, № 1. URL: http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/JOURNAL/NATURE/01_04/NANO.HTM
2. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // Физика и техника полупроводников, 1998. Т. 32. Вып. 1. С. 3–19.
3. Щука А.А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. 464 с.
4. Лозовский В.Н. и др. Нанотехнология в электронике. СПб.: Лань, 2008. 327 с.
5. Богданов К.Ю. Закон Ома для углеродных нанотрубок. / Нанометр. Нанотехнологическое сообщество. Публикации: научно-популярные статьи URL: http://www.nanometer.ru/2008/02/20/12034863405053_6061.html
6. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. 592 с.
7. Сурис Р.А. Квантовые каскадные лазеры / URL: http://www.dynastyfdn.com/downloads/dyn/suris_cascade_1.pdf
8. Онищенко Е. Полупроводниковые гетероструктуры: от классических к низкоразмерным, или «конструктор» от Нобелевского лауреата. URL: http://www.scientific.ru/journal/onisch/onisch.htm
9. Андреев В.А. Нанотехнологии в солнечной энергетике. // Россия и Германия. 2011. № 1. С. 60–63.

Рефераты электронных публикаций

АЛЕКСЕЕВА Е.В. n-ever@ya.ru (ЧУ Первая школа, г. Москва) • **«Физика вокруг нас»** Продолжение пропедевтического учебного курса, 5–6 кл. (второй год обучения), 34 еженедельных получасовых (20–25 мин) занятия во внеурочное время. Пояснительная записка и полный комплект учебного материала к последним темам **блока 7 «Электрические явления»**, изучаемым в ноябре – мультимедийные презентации с видеофрагментами в сопровождении послайдового текста к каждой теме: **7.1. Электрический заряд** (Строение атома. Электризация. Свойства электрического заряда. Электрическое поле); **7.2. Электрический ток** (Проводники и диэлектрики. Действия тока); **7.3. Электрический ток в металлах** (Тепловое действие тока. Лампа накаливания. Явление сверхпроводимости). **7.4. Электрический ток в жидкостях** (Электролиты. Электролиз. Применение электролиза). 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.

БЕЛЮСТОВ В.Н. belyustov@yandex.ru (МОУ БГО Борисоглебская гимназия № 1, г. Борисоглебск, Воронежская обл.). **Юлиус Роберт фон Майер** (25.11.1814–20.03.1878). Краткая биография (и презентация) немецкого врача и естествоиспытателя, одного из первооткрывателей фундаментального закона природы – закона сохранения и превращения энергии.

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 элек-

тивных 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 мировоззрения 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.

КОРПОРАЦИЯ *INTEL*. Пресс-релизы: • Участники Летней школы «Технологии + бизнес» разработали проекты «умных» устройств на базе *Intel® Galileo* • Конкурс технологических идей для участников Молодёжного бизнес-форума «Поволжье» • Проект «Классный возраст»: первые центры по обучению населения компьютерной грамотности подключились к инициативе корпорации *Intel* • *Intel* и ФДЦ «Смена» подвели итоги прошедшего лета и построили планы на будущее.

ПИГАЛИЦЫН Л.В., Народный учитель России levp@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.): • **Новости науки и техники:** Симметрия поможет физикам в создании новых устройств. Нашли пять сотен новых небесных объектов. Вселенная может сжаться в тяжёлый горячий шар. В 5 ч вечера после Большого Взрыва. Исследование природы свечения глубоководных рыб. Самый мощный лазер на свете моделирует условия в ядрах планет-гигантов, сокрушая алмазы. Что происходит внутри космического корабля, сгорающего в атмосфере? Новые 10-гигабитные системы Li-Fi представляют технологии беспроводной передачи данных в новом свете. Новый тип «нанопористой» резистивной памяти позволит хранить терабайт данных на кристалле, размером с почтовую марку. • **МикроЭВМ Ардуино в школьном физическом эксперименте: 7. Ардуино измеряет температуру** (*продолжение, см. № 10–12/2013, 2, 7_8, 10/2014*).

РАДЧЕНКО Т.И. fizika-tehnika@rambler.ru (МОУ СОШ № 26, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания). **Стенгазета «Физика для школьника»: • № 10 (Холодно. Тепло. Горячо) • Презентация «Количество теплоты»** (8 кл.) **• Плакат «Количество теплоты»** (8 кл.) **• Простое и удобное наглядное пособие «Плотность вещества»** (7 кл.)

СОЛОГУБ С.С. olya_omyt@mail.ru (ОУ «Центр образования» для детей инвалидов Забайкальского края, г. Чита). **Электрическое поле.** Сценарий урока объяснения нового материала, 9 кл. (слабослышащие дети). Подробно описаны цели урока для слабослышащих детей (предметные, метапредметные, личностные), коррекционные задачи в обучении и воспитании (коррекция восприятий и представлений, коррекция памяти, коррекция внимания, коррекция самооценки, коррекция мышления, коррекция речи), целеполагание для учеников и для учителя. Использование презентации и составление кластера позволяют решить педагогическую проблему – увеличения словарного запаса и запоминание новых слов.

Светлана Сергеевна Сологуб

Летняя школа «Технологии + бизнес», Нижний Новгород, август 2014 г.

Поздравляем с юбилеем!

20.11.2014

Александра Ивановна Петрова petrovaai20@yandex.ru – старший методист МКУ «Центр развития образования» г. Воронежа, Ветеран труда, почётный работник общего образования Российской Федерации.

Путь в профессию начался в детстве – самой любимой была игра «в школу». Учиться в школе было легко и интересно. Явная склонность к математике и физике определила выбор высшего учебного заведения – Воронежский ГПИ, физико-математический факультет, который успешно был окончен в 1976 г. Осталась бесконечная благодарность преподавателям *Бовину Ивану Трофимовичу*, *Мартыновой Наталье Константиновне*, *Беспамятновой Марии Владимировне* и другим.

Наиболее значимым этапом педагогической деятельности была работа в СОШ № 3 г. Воронежа (1979–2004 гг.). Можно сказать, что в этот период и была реализована мечта – учить детей физике. Сначала непросто складывались отношения с ребятами, которым не нравилась требовательность молодого педагога, хотя все и признавали безусловное владение содержанием предмета. Только со временем пришло понимание, что главное «не с физикой к детям, а с детьми к физике».

Многолетняя работа руководителем РМО открыла новые возможности роста профессионального мастерства. Появился интерес к работе с педагогами. Окрыляло то, что коллеги с уважением и признательностью относились ко всем предложенным начинаниям и коллективно достигали значительных успехов в работе.

Поэтому переход на работу в Центр развития образования был закономерен. Это уникальная организация в г. Воронеже с точки зрения информационно-методической поддержки учителей в условиях введения ФГОС и профессионального стандарта педагога. Вот уже 10 лет через городские мероприятия осуществляется системный показ инновационной деятельности педагогов, исходя из интересов конкретных педагогов, и Александра Ивановна вносит свой вклад в формирование у педагогов города потребности в инновационной деятельности, создаёт условия для стимулирования инновационной деятельности педагогов через общественное признание, ведь её профессиональное кредо: выстраивать позитивные взаимоотношения с каждым педагогом как залог успешности методической работы.

Не только удовлетворённость в профессии, но и согласие в семье позволяет считать себя счастливым человеком. С мужем вырастили дочь, теперь она живёт отдельно и самостоятельно. А главное «хобби» бабушки – занятия с внучкой.

Желаем Александре Ивановне здоровья, оптимизма, успехов и удачи!

Вы блестящий учитель, у Вас прекрасные ученики!

журнал

Физика – Первое сентября

1-е полугодие 2015 года

ПОДПИСКА

на сайте www.1september.ru и в почтовых отделениях РФ

МАП МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПОДПИСКИ

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

ПОЧТА РОССИИ

2015 первое полугодие

Индекс	Название издания	Периодичн. в полугодие	1 месяц		6 месяцев	
			Каталожная цена (руб.)	Подписная цена (руб.)	Каталожная цена (руб.)	Подписная цена (руб.)
Название блока в разделе «Журналы»	**ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ. ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА** (499)249-31-38					
79147	**Физика – Первое сентября. Бумажная версия** С электронными приложениями и презентациями. *В июне не выходит. Подписка на июнь не принимается* *(-) 160 г 64 стр.*	5	340.00		1700.00	
12757	**Физика – Первое сентября. Электронная версия на CD (полная копия бумажной версии)** *В июне не выходит. Подписка на июнь не принимается* (-) *75* г	5	118.80		594.00	
сайт 1september.ru	**Физика – Первое сентября. Электронная версия**	5	–		–	300.00

Подписку принимают во всех отделениях связи Российской Федерации, включая Крым и Севастополь, а также на сайте www.1september.ru

При оформлении подписки на сайте оплата производится по квитанции в отделении банка или электронными платежами on-line

VISA MasterCard QIWI WebMoney

Общероссийский проект

Школа цифрового века

Издательский дом «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ» • Издательство «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Каждый педагогический работник образовательной организации, вошедшей в проект «Школа цифрового века», 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

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

Участие образовательной организации и педагогических работников в проекте удостоверяется соответствующими документами. Для дошкольных организаций предусмотрен свой набор удостоверяющих документов

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

Подробности и прием заявок
от образовательных организаций
на сайте

digital.1september.ru

---

* В течение указанного срока предоставляются без ограничения количества курсов.

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