

ФИЗИКА №2

ISSN 2077-0049

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

16–31 января 2011

основана в 1992 г.

fiz.1september.ru



ГАЗЕТЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Первое сентября – Е.Бирюкова,

Английский язык – А.Громушкина,

Библиотека в школе – О.Громова,

Биология – Н.Иванова,

География – О.Коротова,

Дошкольное

образование – М.Аромштам,

Здоровье детей – Н.Сёмина,

Информатика – С.Островский,

Искусство – М.Сартан,

История – А.Савельев,

Классное руководство

и воспитание школьников – О.Леонтьева,

Литература – С.Волков,

Математика – Л.Рослова,

Начальная школа – М.Соловейчик,

Немецкий язык – М.Бузова,

Русский язык – Л.Гончар,

Спорт в школе – О.Леонтьева,

Управление школой – Я.Сартан,

Физика – Н.Козлова,

Французский язык – Г.Чесновицкая,

Химия – О.Блохина,

Школьный психолог – И.Вачков

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано ПИ № 77-7241 от 12.04.01

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 16.12.10,

фактически 16.12.10 Заказ №

Отпечатано в ОАО «Чеховский

полиграфический комбинат»

ул. Полиграфистов, д. 1,

Московская область,

г. Чехов, 142300

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165

Тел./факс: (499) 249-3138

Отдел рекламы: (499) 249-9870

Сайт: 1september.ru

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

Телефон: (499) 249-4758

E-mail: podpiska@1september.ru

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



Содержание

ВСТРЕЧИ И КОНКУРСЫ

3–5 Т.Ю. Кузьмичёва
«Космические Колумбы»
Международный молодёжный
проект, Москва–Байконур,
03.10.2010 – 11.10.2010

6–8 К.А. Коханов
Кировский турнир
им. М.В. Ломоносова-2010.
7–8-й классы

УЧЕБНЫЕ ЗАНЯТИЯ

9–14 А.И. Сёмке
Работа и энергия. 9 класс

Я ИДУ НА УРОК

15–17 Е.Б. Сазанова
Электричество. 8 класс

17–20 Н.А. Чернобылова
Давление. 7 класс

ИМЕНА

21–22 В.Н. Белюстов
Памятные даты.
Март 2011

40–45 М.А. Бражников
Родом из Симбирска...

НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ

23–26 Проф. В.Г. Довгань
Отечественная лунная одиссея

АБИТУРИЕНТУ

27–29 В.М. Буханов, Е.А. Вишнякова,
А.В. Грачёв и др.
Хочу учиться в МГУ!

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

29–33 М.Ю. Демидова и др.
Тренировочный вариант
ЕГЭ-2010

41–43 Проф. А.А. Богуславский
Яркий луч высоких
технологий

МЕТОДИЧЕСКИЕ СТРАНИЦЫ

34–39 Проф. В.В. Майер
3. Учебная теория
механических колебаний

ЮБИЛЕИ НАШИХ АВТОРОВ

39 Марина Владимировна
Земцова

46 Ирина Валентиновна
Салмина

На обложке: Международный экипаж в составе астронавта С. Келли и лётчиков-космонавтов А. Калери, О. Скрипочки перед стартом космического корабля «Союз–ТМА–01М», который 08 октября 2010 г. в 03 ч 10 мин по московскому времени унёс их к МКС с космодрома Байконур (пусковая площадка – Гагаринский старт). Фото из личного архива генерал-майора В.Г. Довганя
Фото МКС с сайта <http://johnnymackintosh.files.wordpress.com/2009/12/03-iss.jpg>

ФИЗИКА



Научно-методическая газета
для учителей физики,
астрономии и естествознания

Основана в 1992 г.

Выходит два раза в месяц

Газета распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 4000 экз.

Тел. редакции: (499) 249-2883

E-mail: fiz@1september.ru

Internet: fiz.1september.ru

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

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

Роспечать:

инд. -32032; орг. -32596

Почта России:

инд. -79147; орг. -79603

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

Нана
Дмитриевна
Козлова

**Дизайн макета,
обложка:**

И.Е. Лукьянов

Корректура:

И.С. Чугреева

Вёрстка:

Д.В. Кардановская

Набор:

И.С. Чугреева

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н.Д. Козлова (председатель), **А.В. Берков** (к.ф.-м.н., доц. МИФИ), **К.Ю. Богданов** (к.ф.-м.н., д.биол.н., лицей № 1586 ЗАО), **М.А. Бражников** (гимн. № 625 ЮЗАО), **И.Д. Воронова** (к.ф.-м.н.), **В.А. Грибов** (к.ф.-м.н., доц. МГУ им. М.В. Ломоносова), **В.А. Козлов**, **С.Я. Ковалева** (зам. гл. редактора, к.п.н., доц. ПАПО МО), **Н.Ю. Милокова** (строительный колледж № 12 СВАО), **В.М. Чаругин** (проф., д.ф.-м.н., действительный член РАКЦ, МПГУ).

«Космические Колумбы»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: космодром «Байконур»

Международный молодёжный проект, Москва–Байконур, 03.10.2010–11.10.2010

Т.Ю. КУЗЬМИЧЁВА
tyuk2001@mail.ru,
гимн. № 38, г. Дзержинск,
Нижегородская обл.

Этот проект, посвящённый 50-летию полёта в космос Ю.А. Гагарина и 55-летию космодрома «Байконур», был реализован при поддержке: ● Администрации Нижегородской области ● Законодательного Собрания Нижегородской области ● Центрального Совета «Союза ветеранов Космических войск» ● Федерации космонавтики России ● Центра управления полётами ● Мемориального музея космонавтики. Организован он был по инициативе ГОУ «Поволжский центр аэрокосмического образования» Министерства образования Нижегородской области (ГОУ ПоЦАКО), во многом благодаря его руководителю Изабелле Юдимовне Порус. В проекте принимали участие молодёжные делегации победителей тематических конкурсов, олимпиад и выставок Российской Федерации, Казахстана и Белоруссии.

Цели проекта. Юрий Гагарин был назван современниками «Колумбом, открывшим дорогу в космос». Данный проект должен помочь талантливой молодёжи открыть для себя новое в науке, новое в истории космонавтики России и космическом будущем нашей страны, открыть для себя новых друзей и коллег по научно-исследовательской деятельности.



Команда гимназии № 38 г. Дзержинска во главе с руководителем Тamarой Юрьевной Кузьмичёвой, учителем физики и астрономии, засл. учителем РФ (в центре): Кириллова Анастасия, Павлова Ксения, Теплякова Наталья, Свешников Денис, Ерёмин Александр, Ягунова Анастасия, Болотова Наталья. Слева – команда Татарстана



Форма организации проекта: передвижение в трёх железнодорожных вагонах с проведением семинаров, лекций, конкурсов, встречи с космонавтами, ветеранами Байконура, учёными и водителем наших легендарных луноходов генерал-майором В.Г. Довганем.

Проект «Космические Колумбы» был успешно осуществлён. У всех остались неизгладимые впечатления от встреч с учёными и космонавтами, от посещения шести музеев Космонавтики (в том числе Московского, Самарского и Байконурского), музея Самарского государственного аэрокосмического университета, музея комплекса строительства космических ракет «Прогресс», самого комплекса ЦСКБ «Прогресс», космодрома и города Байконура с его Международной аэрокосмической школой-лицеем, от старта космического корабля «Союз» с международным экипажем на борту.

Все подробности, в том числе видеозапись старта ракеты-носителя – в презентации (полностью презентация и видеоролик с записью старта «нашей» ракеты-носителя, доставившей на МКС международный экипаж, дана на диске к № 4/2011), отдельные слайды публикуются в этом номере.

Все иллюстрации – из личного архива В.Г. Довганя



Заместитель командующего космическими войсками полковник Р.А. Калинин вручает нам флаг Космических войск



Наши любимые кураторы – студенты нижегородских вузов, «ПоЦАКОВЦЫ»



В Байконуре у памятника первопроходцу космоса Юрию Гагарину



Именно такой «Союз» совершил полёт на наших глазах...

Наши руководители – В.Г. Довгань и И.Ю. Порус с Генеральным директором Роскосмоса А. Перминовым (в центре)



В мемориальном музее Космонавтики





Команда из Дзержинска с баннером «Космические Колумбы»



Так начинается дорога в Космос



Баннер с символикой международного экипажа Калери–Скрипочка–Kelly



Баннер ПоЦАКО – Поволжского центра аэрокосмического образования – организатора Международного проекта



Космонавты А. Калери, О. Скрипочка и астронавт С. Келли перед стартом

Кировский турнир им. М.В. Ломоносова-2010

Избранные задачи
по физике, 7–8-й классы

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, Кировский турнир им. М.В. Ломоносова, средняя скорость, траектория движения 7–8 классы

К.А. КОХАНОВ
center@extedu.kirov.ru,
ЦДООШ, г. Киров

1. Скорость падения. Оцените среднюю скорость падающего на фоне доски листа бумаги на участке от 40-го до 70-го сантиметра (рис. 1). Каждый кадр снимался практически мгновенно через $1/15$ с после предшествующего.

Решение. Центр листа бумаги преодолел расстояние $s = 70 - 40$ см = 30 см за время съёмки пяти кадров, то есть $t = 5 \cdot 1/15$ с = 0,33 с. Значит скорость

$$v = \frac{s}{t} = \frac{30}{0,33} = 90 \text{ (см/с)}.$$

2. Падение мяча. На рис. 2 показано несколько фотографий мяча, падающего на пол. На рис. 2, *a–в* видно, как мяч подлетает к полу (который находится чуть ниже границы кадра). На рис. 2, *г–ж* показано, как мяч, отскочив, поднимается на некоторую высоту, на рис. 2, *з–л* – как мяч вновь падает на пол. Кадры снимались практически мгновенно через каждые $1/15$ с. Сравните средние скорости мяча при первом (рис. 2, *a–в*) и втором (рис. 2, *з–л*) падениях на пол. Постарайтесь найти, во сколько раз отличаются эти скорости.

Указание. Для проведения измерений по фотографии допускается использовать линейку.

Решение. При первом падении на пол скорость мяча больше. Мяч преодолел расстояние, соответствующее на фотографии перемещению $s_1 \cong 2,5$ см за время $t_1 = 3 \cdot 1/15$ с, а втором – перемещению $s_2 \cong 2$ см за $t_2 = 4 \cdot 1/15$ с. Значит средняя скорость перемещения мяча при первом падении

$$v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{2,5 \cdot 15}{3} = 12,5 \text{ (см/с)}, \text{ а при втором}$$

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{2 \cdot 15}{4} = 7,5 \text{ (см/с)}.$$

Скорости отличаются в $\frac{v_1}{v_2} \cong 1,7$ раза.

*В подборку включены также задачи муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике 2008–2009 гг.

3. Бегущий муравей. На рис. 3 показана траектория движения муравья по миллиметровой бумаге. Определите среднюю скорость движения насекомого, если участок *AB* оно преодолело за 2 с, *BC* – за 1 с и *CD* – за 3 с.

Указание: длина диагонали квадрата примерно в 1,41 раза больше длины его стороны.

Решение. Длина всей траектории:

$$s = AB + BC + CD,$$

$$s = 33 \text{ мм} + 11 \text{ клет.} \cdot 1,41 \text{ мм/клет.} + 36 \text{ мм} + 13 \text{ клет.} \cdot 1,41 \text{ мм/клет.} = 102,6 \text{ мм} \approx 0,103 \text{ м}.$$

Полное время движения $t = 6$ с, средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} = \frac{0,103}{6} = 0,017 \text{ (м/с)}.$$

4. Скорость жителей г. Кирова. Рассчитайте и сравните скорость движения центра Земли вокруг Солнца и скорость жителей г. Кирова вокруг оси Земли.

Полезные сведения: длина орбиты Земли вокруг Солнца равна 940 000 000 000 м; длина окружности, которую описывают жители г. Кирова вокруг оси Земли за сутки, равна 20 000 000 м; в году в среднем 365 суток.

Решение. В обоих случаях скорость рассчитывается по формуле $v = s/t$, где s – путь, пройденный телом за время t . Средняя скорость движения Зем-

ли по своей орбите равна $v_3 = \frac{s_3}{t_3}$;

$$v_3 = \frac{940\,000\,000 \text{ км}}{365 \text{ сут} \cdot 24 \text{ ч}} = 107\,306 \text{ км/ч} \approx$$

$$\approx 30\,000 \text{ м/с} = 30 \text{ км/с}.$$

Средняя скорость движения точек Земли, расположенных на широте г. Кирова, равна $v_{\text{к}} = \frac{s_{\text{к}}}{t_{\text{к}}}$:

$$v_{\text{к}} = \frac{20\,000 \text{ км}}{24 \text{ ч}} = 833 \text{ км/ч} \approx 230 \text{ м/с} = 0,23 \text{ км/с}.$$

Значит, наша скорость движения вокруг Солнца в

$$\frac{30 \text{ км/с}}{0,23 \text{ км/с}} = 130 \text{ раз больше, чем вокруг оси Земли.}$$

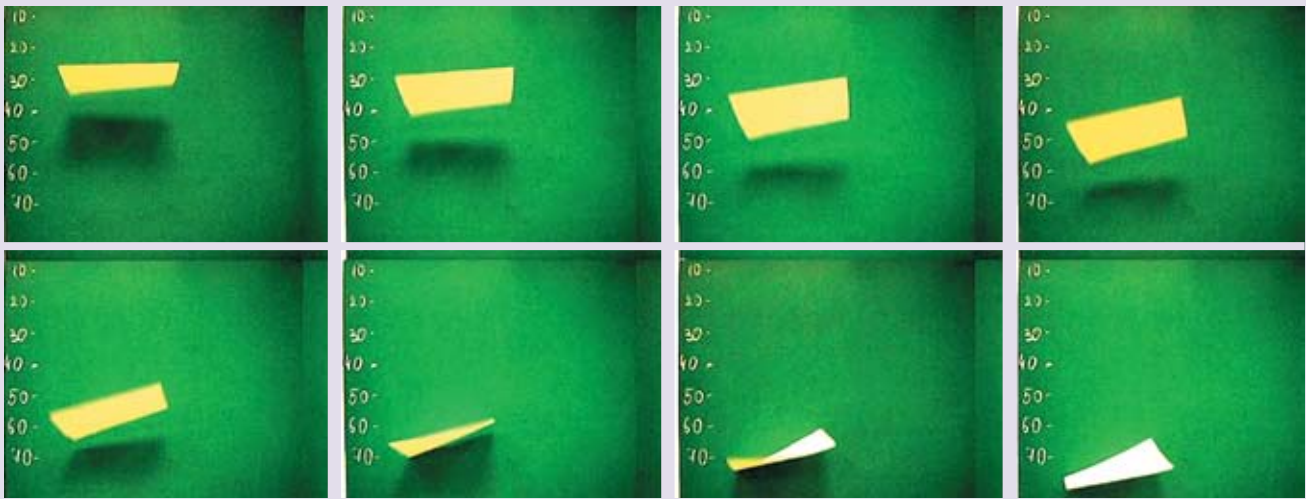


Рис. 1

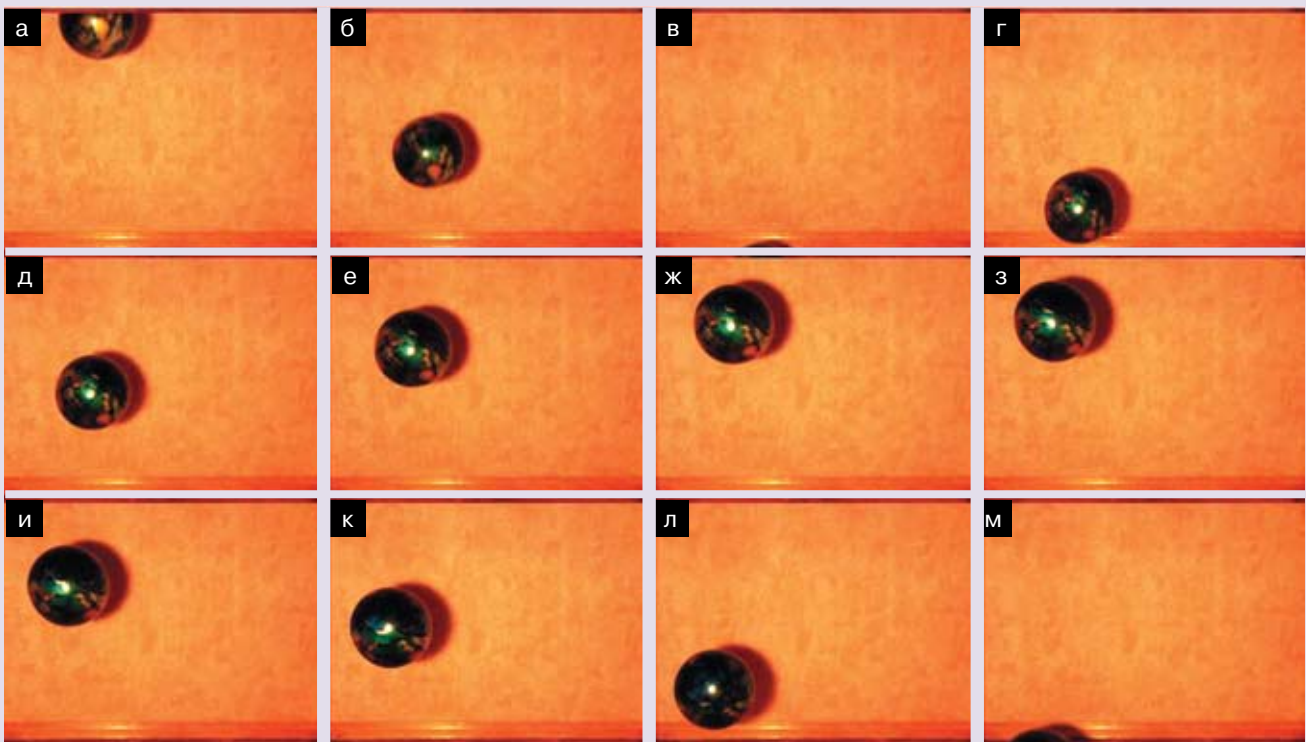


Рис. 2

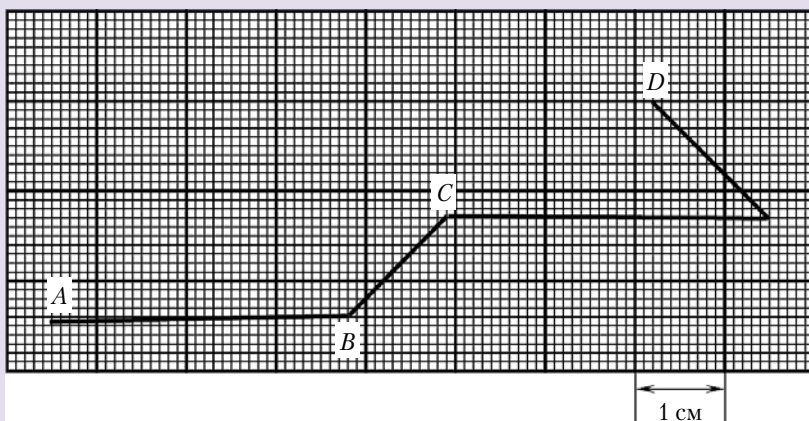


Рис. 3



Рис. 4

5. Полёт бабочки. Полёт бабочки – уникальное явление. По современным представлениям, бабочка для своего порхания в воздухе использует одновременно... реактивную тягу и электростатическое притяжение к воздуху (подобное притяжению расчёсанных волос к гребешку)! Так, схлопывание крылышек в верхнем и нижнем положениях приводит к сжатию попавшего между крылышками воздуха и его выталкиванию через небольшой зазор, образующийся между крылышками сзади. Выходящий сжатый воздух подобно струе из реактивного двигателя самолёта подталкивает бабочку в направлении её движения.

По мнению авторов сайта <http://newfiz.narod.ru/babochka.html>, взмахи крылышек сопровождаются трением чешуек на крыльях о воздух и появлением на крылышках и прилегающих воздушных слоях разделённых электрических зарядов, притяжение которых втягивает бабочку вверх.

Нарисуйте, какой получается траектория движения (или линия, вдоль которой происходит движение) бабочки.

Решение. Траектория полёта бабочки – ломаная линия, например, типа показанной на рис. 4.

6. Катание на автомобиле. По полю, пересечённому прямолинейной грунтовой дорогой, движется автомобиль. Траектория его движения представляет собой ломаную линию. На рис. 5, а показан график зависимости пройденного автомобилем пути s от времени t . Процессы разгона и торможения автомобиля на графике не показаны.

● Постройте график зависимости полной скорости автомобиля v от времени t .

На рис. 5, б показан график зависимости от времени t скорости автомобиля v_d в направлении, параллельном дороге.

Определите с учётом построенного графика $v(t)$, в какие интервалы времени автомобиль двигался не параллельно дороге.

Постройте график зависимости проекции скорости автомобиля на направление, перпендикулярное дороге ($v_{\text{перп}}$), от времени t .

Решение. График зависимости полной скорости автомобиля от времени t показан на рис. 6. Сравни-

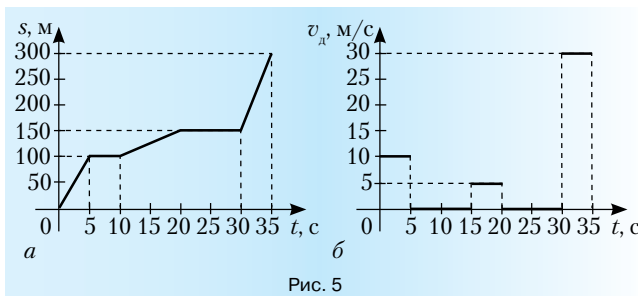


Рис. 5

вая графики зависимости $v_d(t)$ и $v(t)$, можем сделать вывод, что в интервалы времени 0–5 с и 10–15 с полная скорость автомобиля была выше, чем вдоль дороги, значит в эти интервалы времени автомобиль двигался не параллельно дороге, то есть в эти интервалы у автомобиля проекция полной скорости на направление, перпендикулярное дороге, не равна нулю.

По теореме Пифагора, $v_{\text{перп}} = \sqrt{v^2 - v_d^2}$. Следовательно, $v_{\text{перп}}$ равна $v_{\text{перп}} = \sqrt{400 - 100} = 17$ (м/с) в интервале 0–5 с, и $v_{\text{перп}} = \sqrt{25 - 0} = 5$ (м/с) в интервале 10–15 с.

График показан на рис. 7.

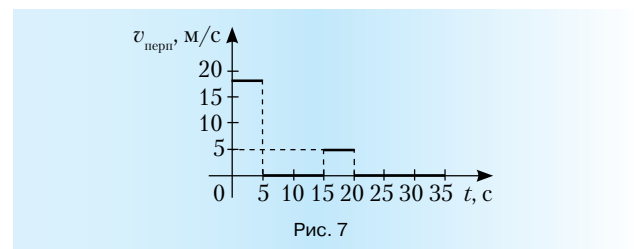


Рис. 7

7. Неодинаковые скорости. Используя графики зависимости пути, пройденного телами 1 и 2 (рис. 8), от времени, найдите с точностью до двух знаков после запятой, во сколько раз отличаются скорости движения первого и второго тела в первые 3 секунды.

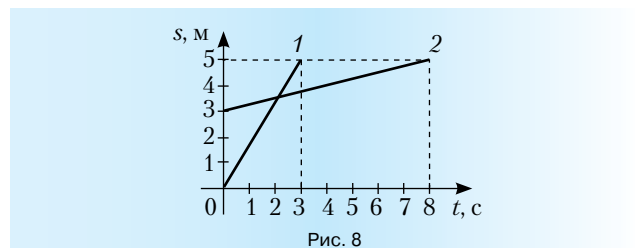


Рис. 8

Решение. Скорости движения тел постоянны и равны $v_1 = (5/3)$ м/с для первого тела и

$$v_2 = \frac{5 \text{ м} - 3 \text{ м}}{8 \text{ с}} = \frac{1}{4} \text{ м/с для второго.}$$

$$\text{Отсюда } \frac{v_1}{v_2} = \frac{5/3}{1/4} = \frac{20}{3} = 6,67.$$

Продолжение следует

Работа и энергия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: урок-исследование, механическая работа, кинетическая и потенциальная энергия, закон сохранения энергии, 9 кл.

История возникновения понятий. Урок-исследование, 9-й класс

А.И. СЁМКЕ
seaniv2006@km.ru,
МОУ СОШ № 11, г. Ейск,
Краснодарский кр.

Цели урока: ● образовательная – знакомство с историей возникновения понятий энергии, работы; закрепление знаний и умений по теме «Работа и энергия», формирование мировоззренческих понятий, установление причинно-следственных связей в окружающем мире ● воспитательная – воспитание любви к природе, чувства товарищеской взаимовыручки, этики групповой работы ● развивающая – развитие самостоятельности мышления, грамотной устной речи, навыков практической работы.

Оборудование: портреты учёных; набор оборудования для практических работ, компьютерные модели; видеофильмы или презентация «Работа и энергия», мультимедийный проектор, компьютеры с выходом в Интернет на каждую группу, источники информации (хрестоматии и энциклопедии по физике, справочники, статьи из истории физики, биографии учёных, занимательная научно-популярная литература, электронные учебники, видеотека, мультимедийные источники).

Оформление класса. На доске тема урока и дата. В кабинете парты расставлены для работы в группах, формируемых по желанию.

ХОД УРОКА

I. Подготовительный этап (1–2 минуты)

Объяснение целей и задач урока. Формирование групп (по желанию). За оговорённое время группы готовят мини-рассказы, иллюстрируя их слайдами, схемами, картинками. Обычно часть группы работает в Интернете (наиболее часто используются сайты [1]–[8]), часть – с литературой [9]–[17].

II. Активизация мыслительной деятельности (до 5 минут)

Ничто из того, что есть, не может быть уничтожено. Всякое изменение есть только соединение и разделение частей.

Демокрит [9]

Учитель. По словарю В. Даля [10], работа – это «...труд, занятие, дело, упражненье, деланье <...>

Египетская работа – тяжкая и долгая. *Чёрная работа, ломовая*, где не нужно знание и умение <...> *Срочная работа*, которую должно кончить к сроку. <...> *Есть работа, есть хлеб*». Сколько раз мы слышали из уст лентяев: «Работа не волк, в лес не убежит». А вот люди трудолюбивые считают, что «без труда не вынешь рыбку из пруда», что «работа мастера боится».

В XIX в. учёные обратили внимание, что различные процессы и явления природы: механические, тепловые, электрические, химические, биологические – взаимосвязаны. Количественной мерой этой связи выступает энергия (греч. *ἐνέργεια*, от *ἐνεργέω* – действую, совершаю (на деле), позднелат. *actus*) – общая мера видов движений и взаимодействий: кинетическая (от греч. *κίνημα* – движение) – энергия движения; потенциальная (от лат. *potentia* – сила, мощь) – энергия покоя. Сохранение энергии во всех без исключения процессах природы является фундаментальным законом.

Движение есть жизнь! Поэтому люди придумывают устройства, позволяющие запасти энергию в результате совершения работы, а потом расходовать её постепенно, как, например, в механических часах, или всю разом, как в стрелковом оружии. Сегодня человек активно использует энергию ветра, текущей воды, научился превращать в механическую работу внутреннюю энергию топлива, энергию атомных ядер. Исследуем возникновение в физической науке понятий «кинетическая» и «потенциальная» энергии, «работа». (*Учитель даёт темы исследований: 1-я группа – «Кинетическая энергия», 2-я группа – «Работа», 3-я группа – «Потенциальная энергия», 4-я группа – «Закон сохранения энергии». Группы приступают к проведению теоретических исследований. Спустя 15–18 минут представители групп делают 2–3-минутные мини-доклады. Остальные конспектируют информацию в рабочих тетрадях и с активным участием учителя обсуждают услышанное. После 2-го и 3-го докладов группы выполняют экспериментальные задания, а после 4-го – зачитывают найденную занимательную информацию.*)

III. Информационный поиск и отчёты исследовательских групп (около 20 минут)

Исследование группы 1. Кинетическая энергия

Термин «энергия» был введён в физику в 1807 г. английским учёным Томасом Юнгом.

* См. также авторский сайт <http://seaniv2006.narod.ru/ug4.html>. – Ред.

Рене Декарт ввёл понятие «импульс» («количество движения»). Понятие «кинетическая энергия» ввёл голландский физик и математик Христиан Гюйгенс, которого называли великим сам Исаак Ньютон. Изучая соударение упругих шаров, Гюйгенс пришёл к выводу, что «при соударении двух тел сумма произведений из их величин на квадраты скоростей остаётся неизменной до и после соударения». С современных позиций, открытие Гюйгенса не что иное, как частный случай проявления закона сохранения энергии. «Прекрасно дисциплинированный гений, уважающий свои способности и стремящийся использовать их в полной мере», – писал о нём Я. Голованов [11].

В 1686 г. Готфрид Лейбниц опубликовал статью «Краткое доказательство примечательной ошибки Декарта и других относительно закона природы, согласно которому Бог всегда сохраняет одно и то же количество движения и которым неправильно пользуются, между прочим, в механической практике». Декарт не приписывал импульсу (произведению массы на скорость) никакого направления и обращался с ним, как с обычным скаляром. В простейших задачах, когда тела двигались в одном направлении до столкновения и после, это не приводило к ошибке. Но в остальных случаях импульс тела не сохранялся, именно на это и обратил внимание Лейбниц. Учёный писал, что основной закон природы «состоит в том, что необходимо сохранять одно и то же количество двигательной деятельности, которое означает совсем не то, что понимают картезианцы (последователи учения Декарта) под количеством движения» [12].

Лейбниц нашёл замену декартовой мере движения. Произведение массы на квадрат скорости учёный назвал *живой силой*. Живая сила выражает то количество двигательной деятельности, которое сохраняется в природе.

Спор о «мере движения» продолжался в течение нескольких десятилетий. Итогом стало признание двух физических величин: векторной – импульса и скалярной – кинетической энергии.

В современной механике кинетическая энергия определяется как физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости $E_k = \frac{mv^2}{2}$ – половина «живой силы» Лейбница.

Разделить её на 2 предложил французский механик Гюстав Кориолис. Основанием для этого послужила теорема о кинетической энергии, доказанная французским математиком Лазаром Карно.

Теорема о кинетической энергии: работа сил, действующих на тело, равна изменению его кинетической энергии.

Доказательство. Пусть на тело действует постоянная сила, и тело движется равноускоренно. Если сила и перемещение сонаправлены, то работу силы можно представить в виде $A = Fs$. Поскольку по второму закону Ньютона $F = ma$, то $A = mas$. В то же время известно из кинематики равноускоренного движения, что $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$.

Подстановка этого выражения в формулу работы даёт, что работа сил, действующих на тело, равна изменению его кинетической энергии: $A = E_{k2} - E_{k1}$.

Кинетическая энергия – это энергия движения. Кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью v , равна работе A , которую должна совершить сила F , приложенная к покоящемуся телу, чтобы сообщить ему эту скорость.

- Хорошим примером использования кинетической энергии является кальмар. Огромная скорость делает кальмаров особенно опасными морскими хищниками. Втянув воду в полость тела, моллюск с силой выбрасывает струю через воронкообразный канал и устремляется вперёд, как торпеда, готовая взорваться. Такой «биореактивный» двигатель позволяет развивать скорость до 20 м/с. Выскакивая из воды, молодой кальмар способен запрыгнуть на палубу судна, возвышающуюся над водой на 5–8 м [13].

- Самым «крылатым государством» является Дания. Там ветроустановки действуют уже более 100 лет, сейчас их уже более 4000, и они удовлетворяют 4–5% потребности в электроэнергии. Предполагается, что к 2030 г. эта доля возрастёт до 25–30%. Экспорт ветроустановок в США, ФРГ, Китай, Австралию, Бразилию, Грецию, Египет, Индию, Иорданию, Пакистан, Таиланд, Зимбабве приносит значительный доход «крылатому» государству.

Исследование группы 2. Работа

Первые простейшие устройства (рычаг, клин, колесо, наклонная плоскость и прочие) появились в древности. Первое орудие человека – палка, это рычаг. Каменный топор – сочетание рычага и клина. Колесо появилось в бронзовом веке. Несколько позже стала применяться наклонная плоскость [14].

В афинской армии уже в V в. до н. э. (Пелопоннесская война) применялись стенобитные машины – тараны, метательные приспособления – баллисты и катапульты. Строительство плотин, мостов, пирамид, судов и других сооружений, а также ремесленное производство способствовали изучению механических явлений и накоплению новых знаний.

Вывод теоремы о кинетической энергии стал новым словом в практической механике. Произведение силы на перемещение и косинус угла между ними французский учёный Гюстав Кориолис назвал *работой* [12] (вслед за своим коллегой Жаном Понселе, который и ввёл термин «работа» в 1826 г.).

Работой A , совершаемой постоянной силой, называется физическая величина, равная произведению модуля силы на модуль перемещения и на косинус угла α между векторами силы и перемещения: $A = |\mathbf{F}| \cdot |\mathbf{s}| \cdot \cos\alpha$.

Работа является скалярной величиной. Она может быть как положительной ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$), так и отрицательной ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$). При $\alpha = 90^\circ$ работа, совершаемая силой, равна нулю. В системе СИ работа выражается в джоулях (Дж).

Джоуль равен работе, совершаемой силой 1 Н на перемещение 1 м в направлении действия силы. Если проекция силы на направление перемещения не остаётся постоянной, работу следует вычислять для малых перемещений Δs_i и суммировать результаты.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

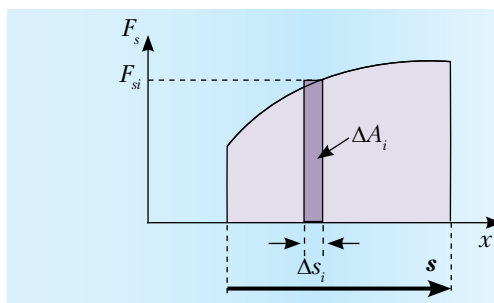
Джеймс Прескотт Джоуль родился 24 декабря 1818 г. в местечке Санфорд близ Манчестера в семье владельца пивоваренного завода. Он получил неплохое домашнее образование – в течение нескольких лет его учил математике, философии и химии английский физик Дж. Дальтон.

Экспериментальные исследования Джоуль начал рано, в 19 лет, под влиянием знакомого любителя естествознания.

Ознакомившись с работами Фарадея, Джоуль в 1840 г. обратился к изучению тепловых эффектов тока. В 1843 г. перед учёным встала новая проблема: доказательство существования количественного соотношения между силами разной природы, приводящими к выделению тепла. Джоулю удалось впервые определить механический эквивалент теплоты. Многочисленные опыты привели его к убеждению, что «могучие силы природы, созданные велением Творца, неразрушимы и что во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точно эквивалентное количество теплоты».

Джоуль не отличался крепким здоровьем, напряжённая научная работа подорвала его силы. В последние годы жизни он тяжело болел и почти не мог работать. Учёный умер 11 октября 1889 г.

Графически работа определяется по площади криволинейной фигуры под графиком зависимости силы от перемещения: $A = \sum_i \Delta A_i = \sum_i F_i \cdot \Delta s_i$



- Поистине «чёрной» работой является рытьё колодцев в Туркменистане. В юго-восточных Каракумах грунтовые воды находятся особенно глубоко. Поэтому колодцы в 200–240 м глубиной здесь не редкость. Речь идёт не об артезианских колодцах, а о колодцах, выкопанных руками человека с помощью элементарных орудий труда. Самым глубоким в мире был колодец глубиной 270 м. Утверждение, что в колодезном мастерстве сочетаются знания горняка, учёного и удачливость кладоискателя, совершенно справедливо.

- В Лаосе, где Меконг – «отец рек» – плавно несёт свои воды, находится Гора чудес, 328 ступеней ведут на вершину горы Пхуси. Подъём под палящими лучами солнца – серьёзное испытание. Но при этом совершается чудо: паломник избавляется от груза мирских забот и приобретает полную уверенность в себе. Стоящая на вершине пагода воздвигнута, по преданию, по личному указанию Будды на месте, где начинался проход к центру Земли.

(Экспериментальные исследования 1, 2, см. ч. IV.)

Исследование группы 3. Потенциальная энергия

Важный шаг в развитии понятия энергии сделал в 1847 г. немецкий учёный Герман Гельмгольц. Изучая движение тел под действием сил, которые постоянны или зависят от расстояния, он обратил внимание на то, что работа сил всегда равна разности значений некоторой величины, характеризующей взаимодействие рассматриваемых тел. Поскольку новая величина имела такую же размерность, что и «живая сила», Гельмгольц назвал её «напряжённой силой». Впоследствии она была переименована в потенциальную энергию. Потенциальная энергия определяется взаимным положением тел (например, положением тела относительно поверхности Земли^{*}). Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия. Понятие потенциальной энергии можно ввести только для сил, работа которых не зависит от траектории движения тела и определяется только начальным и конечным положениями. Такие силы называются *консервативными*. Работа консервативных сил на замкнутой траектории равна нулю.

- Потенциальная энергия тела, на которое действует сила тяжести $E_n = mgh$.

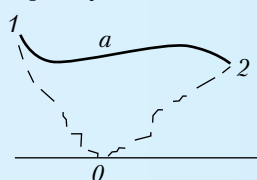
^{*} К сожалению, далее чётко не оговаривается выбор нулевого уровня для других видов потенциальной энергии. – Ред.

ТЕОРЕМА О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Силы, которые рассматривал Гельмгольц при введении понятия потенциальной энергии, обладают важной особенностью: их работа по перемещению тела не зависит от формы траектории, соединяющей эти точки. Силы, способные совершать работу и обладающие такими свойствами, принято называть потенциальными.

Теорема. Работа потенциальных сил равна изменению потенциальной энергии, взятому с обратным знаком.*

Доказательство. Рассмотрим движение тела из произвольной точки 1 в какую-либо точку 2 по некоторой траектории a . Обозначим работу, совершаемую при этом потенциальными силами, через A . Однако работа потенциальных сил не зависит от формы траектории. Следовательно, такая же работа будет совершена и в том случае, если тело станет перемещаться по любой другой траектории, например, проходящей через нулевое положение (0).



Таким образом, $A = A_{102}$. Но работа A_{102} складывается из работы на участке $1-0$ и работы на участке $0-2$. Поэтому $A = A_{10} + A_{02}$ или (если заметить, что работа A_{02} при перемещении тела из точки 0 в точку 2 равна по модулю и противоположна по знаку работе A_{20} при перемещении тела в обратном направлении: $A = A_{10} - A_{20}$. Работа же A_{10} – это потенциальная энергия тела в точке 1, а работа A_{20} – потенциальная энергия тела в точке 2.

Получается $A = E_{п1} - E_{п2} = -\Delta E_{п}$, что и требовалось доказать.

* В традиционном школьном курсе сначала показывается независимость работы силы тяжести от траектории, а потом вводится понятие потенциальной энергии тела в поле тяготения Земли. Аналогично вводится и понятие потенциальной энергии упруго деформированной пружины. – Ред.

- Потенциальная энергия тела, на которое действует сила упругости, равна $E_{п} = \frac{kx^2}{2}$.

- Потенциальная энергия тела, на которое действует сила всемирного тяготения $E_{п} = \frac{GMm}{R}$.

- Ярким примером изменения потенциальной энергии являются водопады. Водопады возникают, когда русло реки пересекает каменный уступ. Постепенно, подтачивая более мягкие породы, вода круто низвергается вниз. Самый высокий водопад в мире – Анхель. Он находится в Венесуэле, его высота 1054 м. Крупнейший по водности водопад – Ниагарский, его ширина 914, высота около 50 м. Водопад Виктория на реке Замбези в Африке имеет ширину 1800 м и высоту 120 м. Огромной, колоссальной энергией обладает падающая вода, сегодня человек, перегораживая реки, использует потенциальную энергию воды для получения энергии.

- В 1344 г. настоятель одного из афинских монастырей Койновитис перебрался со своей общиной в Метеору. Здесь, на просторной плоской вершине одной из скал (она так и называется – Широкая), монахи построили Большой Метеорский монастырь – первый из монастырей в долине Пинея. Монашеская обитель на скале надёжно защищала её от любых незваных гостей, поскольку добраться до неё можно было только по верёвочной лестнице, поднимавшейся в случае опасности. В конце XIV в. в Метеоре было уже 24 монастыря. Поскольку взбираться по лестницам, а тем более поднимать грузы было непросто, впоследствии для подъёма стали использовать сети на блоках.

(Экспериментальное исследование 3, см. ч. IV.)

Исследование 4. Закон сохранения энергии

Новой вехой промышленной революции в XVIII в. стал переход от использования мышечной силы людей и животных, а также энергии воды и ветра к повсеместному внедрению паровых машин. Водяные и ветряные мельницы уже не могли обеспечивать нужды быстро растущей горнорудной и металлообрабатывающей промышленности. Пытались соорудить огромные водяные колеса, но и это не спасало положения. Да и обязательная привязка мануфактур к водяным мельницам на реках была крайне неудобной. Для дальнейшего развития промышленности требовался надёжный и дешёвый источник энергии. Им стал универсальный паровой двигатель, изобретённый английским инженером-механиком Джеймсом Уаттом. В Британии паровая машина стала главным источником энергии в промышленности. Паровой двигатель Уатта мог не только откачивать воду, но и приводить в движение станки, корабли, экипажи.

На его памятнике в Вестминстерском аббатстве начертано: «Не для того, чтобы увековечить имя, которое будет жить, пока процветают мирные искусства, но чтобы показать, что человечество воздаёт почести тем, кому обязано благодарностью, король, его слуги, а также многочисленные дворяне и граждане королевства воздвигли этот памятник Джеймсу Уатту. Его гению удалось путём опыта усовершенствовать паровую машину. Благодаря этому он умножил богатство своего отечества, увеличил мощь людей и поднялся до высоких ступеней среди великих деятелей науки, этих истинных благодетелей человечества» [12].

Так было на практике, в теории обратиться к установлению закона сохранения и превращения энергии

Роберта Майера побудил следующий эпизод, совершенно случайный. В 1840–41 гг. он в качестве судового врача принимал участие в экспедиции в Индонезию. Во время стоянки на Яве ему приходилось не раз прибегать к традиционному в то время средству лечения – кровопусканию. Он заметил, что из вены течёт кровь столь яркого цвета, какой обычно имеет только артериальная кровь. Тёмный цвет венозной крови есть результат окислительного процесса в организме. Следовательно, чем меньше разница между температурами тела и окружающей среды, чем меньше теплообмен, тем менее интенсивно идут в организме окислительные процессы, тем меньше потребляется кислорода. А поэтому между потребляемым количеством теплоты и производимой организмом работой есть определённое соотношение: уменьшается один процесс – ослабляется и другой. Это открытие, а также другие наблюдения, в частности, рассказ старого матроса о том, что во время шторма море нагревается, возбудили в нём, как пишет Майер, «мысли, пронизавшие, подобно молнии, и навели на новые предметы». Впоследствии Майер так сформулировал идеи, составляющие содержание закона сохранения и превращения энергии: «Движение, теплота, электричество представляют собой явления, которые могут быть сведены к одной силе, которые измеряются друг другом и переходят друг в друга по определённым законам». Майеру пришлось упорно бороться за признание своих идей от неприятия и непонимания до травли. Но, несмотря на все жизненные невзгоды, он сохранил оптимизм. Одну из своих публичных лекций он закончил так: «В новейшее время потребность в пище хотели возвести в принцип под названием “борьбы за существование”. Подобная борьба за существование, конечно, не существует. Но не голод, не война, не ненависть поддерживает мир, его поддерживает любовь». Как современны эти слова! [15].

Другим путём шёл к открытию закона сохранения английский учёный Джеймс Прескотт Джоуль, человек практического склада ума. Его занимали мысли о создании экономного двигателя. Он изготовил гальванический элемент и запустил от него простейший электромотор. Проводя опыты, Джоуль обнаружил нагревание проводников, по которым протекал ток. В 1841 г. он открыл закон, позже названный законом Джоуля–Ленца.

После этого около 40 лет Джоуль проводил опыты и измерял механический эквивалент тепла. Он был настолько увлечён проверкой своей идеи о том, что механическое движение не исчезает, а убывает на столько, на сколько возрастает тепловое движение, что даже во время свадебного путешествия в Швейцарию не только любовался красотой Альп, но и измерял высоту водопада и разницу температур воды перед сбросом и в конце падения, чтобы и здесь оценить соотношение работы и количества

теплоты. В результате своей экспериментальной работы Джоуль получил закон сохранения энергии из точно установленного экспериментального соотношения между совершаемой механической работой и изменением внутренней энергии [11].

Может показаться, что после работ Майера и Джоуля по законам сохранения наступила полная ясность. Однако новые идеи очень нелегко овладевают умами. Надёжные экспериментальные данные были получены Джоулем, но строгого математического выражения идея сохранения не имела. В 1847 г. Герман Гельмгольц выступил в Берлине на заседании Физического общества с докладом «О сохранении силы», который, по словам Макса Планка, «останется навсегда одним из замечательных и поучительных памятников в истории развития принципа сохранения энергии». Идеи 26-летнего автора были настолько новы, что многие авторитетные научные журналы отказались их опубликовать. Гельмгольц исходил из того, что невозможно создать движение из ничего, и считал, что выражением этой идеи в математической форме является постоянство суммы кинетической энергии «живой силы» и потенциальной энергии «напряжённых сил» во всех тех случаях, когда между телами системы действуют центральные силы, работа которых не зависит от формы пути [16].

- В пустынях американского Запада живут кенгуровые мыши. Как вы думаете, почему их так назвали? Пользуясь хвостом в качестве руля, эти мыши почти под прямым углом делают в воздухе такие повороты, которые помогают им бросаться в любую сторону. Убегая от опасности, эта мышь способна подпрыгнуть до полуметра, и за секунду удалиться от преследователя на 5 м. Какие законы физики используются при этом? (*Ответ.* Законы сохранения энергии и импульса.)

- Представьте себе банку из-под кофе или какао. Вы кладёте её на пол и толкаете. Она проходит некоторое расстояние и останавливается. Но сразу после остановки начинает катиться обратно. Как устроена «банка-бумеранг»? (*Ответ.* Внутри банки находится груз на резинке. Когда банка катится, кинетическая энергия переходит в энергию закручивания резины – банка останавливается. После остановки резина раскручивается и снова приводит банку в движение.)

IV. Экспериментальное исследование (групповая работа)

1 (выполняется около 5 минут группами 1 и 2 раздельно после доклада группы 2). Определение работы силы тяжести при подъёме твёрдого тела.

Приборы и материалы: динамометр, 3–4 предмета, линейка.

Задание: поднимите (равномерно, без рывков) предметы с пола на парту, на стул, на высоту своего роста. Измерьте силу, действующую на них, и их перемещение. Рассчитайте работу силы тяжести.

Опыт №	Сила тяжести $F_{\text{т}}$, Н	Перемещение s , м	Работа силы тяжести A , Дж
1			
2			
3			

2 (выполняется около 5 минут группами 3 и 4 раздельно после доклада группы 2). Экспериментальное определение работы силы трения.

Приборы и материалы: динамометр, линейка, деревянный брусочек, деревянная дощечка, резиновая полоса, кусок оргстекла.

Задание: равномерно перемещая деревянный брусочек по разным горизонтальным поверхностям, измерьте силу трения и перемещение. Рассчитайте работу силы трения.

Опыт №	Сила трения $F_{\text{тр}}$, Н	Перемещение s , м	Работа силы трения A , Дж
1			
2			
3			

3 (выполняется около 5 минут группами 1 и 2 раздельно после доклада группы 3). Измерение потенциальной энергии силы тяжести.

Приборы и материалы: рычажные весы, разновесы, линейка, 3–4 тела.

Задание: измерьте массу тела и высоту, на которой оно находится, от пола. По этим данным рассчитайте потенциальную энергию силы тяжести.

Опыт №	Масса m , кг	Высота h , м	Потенциальная энергия $E_{\text{п}}$, Дж
1			
2			
3			

4 (выполняется около 5 минут группами 3 и 4 раздельно после доклада группы 3). Измерение потенциальной энергии силы тяжести.

Приборы и материалы: пружина известной жесткости, динамометр, набор грузов, линейка.

Задание: измерьте удлинение пружины. По этим данным рассчитайте потенциальную энергию силы упругости.

Опыт №	Жёсткость пружины k , Н/м	Удлинение Δl , м	Потенциальная энергия $E_{\text{п}}$, Дж
1			
2			
3			

V. Познавательные страницы
(занимательная информация от групп, до 1 минуты)

VI. Завершение урока (2–3 минуты)

Учитель. Таким образом, окончательное установление закона сохранения и превращения энергии в середине XIX в. связано с именами Майера, Джоуля и Гельмгольца. Можно считать, что Майер дал философско-теоретическую основу, Джоуль подтвердил экспериментально, а Гельмгольц выразил закон математически.

Законы сохранения составляют фундамент всей современной физики. Пока никто, нигде и никогда не наблюдал нарушения этих законов. Глубокая вера в законы сохранения заставляют физиков решительно отвергнуть реальность некоторых современных мифов. Невозможно, чтобы человек был способен передвигать предметы взглядом (телекинез), летать и перемещаться в пространстве (левитация) без особых аппаратов. Конечно, «учёные отдадут себе отчёт, что в мире гораздо больше непознанного, чем изученного. Но они и больше других ценят крупницы истинного знания о мире, полученные с большим трудом в течение веков лучшими умами человечества, и не допустят легкомысленного отношения к ним [17].

Литература

- URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
- URL: fiz.1september.ru
- URL: www.edu.yar.ru
- URL: class-fizika.narod.ru/7_rabota.htm
- URL: <http://dic.academic.ru/contents.nsf/bse>
- URL: www.physics.ru
- URL: www.physbook.ru/index.php/Kvant._Импульс_и_энергия
- URL: www.fieldphysics.ru/kinetic_energ/
- § 2.1. Атомизм. Демокрит // Тимкин Сергей Леонидович. Курс лекций «История естествознания». URL: <http://aleho.narod.ru/Timkin/index.html#>
- Даль В. Толковый словарь живого великорусского языка. М.: Русский язык. 1980 г. [Электронный ресурс] URL: http://slovari.yandex.ru/~книги/Толковый_словарь_Даля/РАБ/
- Мощанский В.Н., Савёлова Е.В. История физики в средней школе. М.: Просвещение, 1981.
- Соколовский Ю.И. Понятие работы и закон сохранения энергии. М., 1962.
- Сайт Спрашивайте!!!! Кракен. <http://otvet.mail.ru/question/20810684/>
- Сёмке А.И. Простые механизмы // Физика-ПС, 2007, № 7. Электронный вариант: URL: <http://fiz.1september.ru/article.php?ID=200700703>
- Гельфер Я.М. Законы сохранения. М.: Наука. 1967.
- Дерябин В.М. Законы сохранения в физике. М.: Просвещение, 1982.
- Балашов М.М. Физика. 9 класс. М.: Просвещение, 1994.

Электричество

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», тема «Электричество», учебный эксперимент, групповая работа, 8 класс

Урок экспериментальных физических задач на смекалку, 8-й класс

Е.Б. САЗАНОВА
salen-12@rambler.ru,
МОШИ Кадетская школа-интернат,
г. Воткинск,
Удмуртская Респ.

Урок проводится после изучения темы «Электричество». Учащиеся усвоили основные понятия, познакомились с законом Ома для участка цепи, последовательным и параллельным соединением проводников, выполнили лабораторные работы.

Цели урока: ● обобщить и систематизировать знания по теме «Электричество» ● совершенствовать навыки решения задач различного типа ● расширить кругозор учащихся.

Оформление класса: на боковых досках развешены плакаты с русскими народными пословицами и поговорками: «Одна голова хорошо, а две лучше», «Если сила не возьмёт, смекалка выручит», «Ум и смекалка – что брат с сестрой», «Что одному не под силу, то легко коллективу», «Что одному с трудом даётся, то коллективом легко берётся».

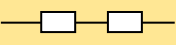
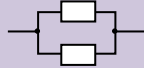
I этап: организационный (5 минут)

(Учащиеся входят в класс, делятся по желанию на группы по 4–6 человек и рассаживаются за столы для работы в командах. Желательно чтобы в группе было чётное число учеников. На столах расставлены измерительные приборы: амперметры, вольтметры, линейки.)

Учитель. Ребята, какую тему мы закончили изучать?

Учащиеся. «Электричество».

Учитель. На доске представлены цветные и белые карточки, составьте из них пары. (Учащиеся выполняют задание.)

Цветные карточки	Белые карточки
$I = \frac{U}{R}$	Закон Ома для участка цепи
$R = \rho \frac{l}{S}$	Формула сопротивления
	Последовательное соединение проводников
	Параллельное соединение проводников

Вы умеете собирать электрические цепи по схеме?

Учащиеся. Да.

Учитель. А решать задачи с применением закона Ома?

Учащиеся. Да.

Учитель. Сегодня вам предстоит заняться экспериментальными задачами. Это необычные задачи, для решения которых потребуется ещё и смекалка. Что необходимо для выполнения опытов и экспериментов?

Учащиеся. Физические приборы.

Учитель. У вас на столах линейки, амперметры и вольтметры. Определите, пожалуйста, цену деления и погрешность измерения этих приборов.

(Учащиеся выполняют расчёты в тетрадях. Ответы записываются на доске:

- Цена деления линейки 0,1 см/дел., погрешность измерения 0,05 см.
- Цена деления амперметра 0,1 А/дел., погрешность измерения 0,05 А.
- Цена деления вольтметра 0,2 В/дел., погрешность измерения 0,1 В.

Каждому ученику выдаются тексты задач.)

Задача 1 [1]. Сколько электронов проходит через поперечное сечение спирали электрической лампы за 1 минуту, если её сопротивление 2 Ом?

Оборудование: источник тока, вольтметр, электрическая лампочка, ключ, соединительные провода.

Задача 2 [2]. Определите сопротивление резистора.

Оборудование: вольтметр, резистор известного сопротивления, резистор неизвестного сопротивления, источник тока, ключ, соединительные провода.

Задача 3 [1]. Определите массу железной проволоки, из которой изготовлен реостат.

Оборудование: источник тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, ключ, реостат, линейка.

Задача 4 [3]. Найдите длину медного провода (диаметр провода 0,1 мм), из которого сделана катушка электромагнита.

Оборудование: источник тока, вольтметр, амперметр, катушка, соединительные провода.

Задача 5 [2]. Определите сопротивление резистора.

Оборудование: амперметр, резистор известного сопротивления, резистор неизвестного сопротивления, источник тока, ключ, соединительные провода, реостат.

Учитель. Каждой группе предстоит решить одну из предложенных задач. Кому какая задача достанется, определим по жребию. Условие задачи запишите в тетрадь. Работу следует выполнять в такой последовательности (посмотрите каждый в свою памятку): 1) составить план выполнения работы; 2) выполнить измерения и вычисления; 3) составить таблицу и записать в неё все измеренные, справочные и вычисленные величины.

Первые 12–14 минут работаем в парах. Затем объединяемся в группы и готовим общий отчёт, в котором принимает участие каждый учащийся. Выступления групп состоятся в конце урока.

Если пара встретится с затруднением, можно воспользоваться подсказкой. Но приветствуется и поощряется самостоятельная работа. Рекомендуется использовать таблицы «Плотность твёрдых тел», «Удельное сопротивление», «Некоторые физические постоянные» [1]. Каждая пара получает необходимое оборудование.

II этап: работа в группах (20 минут)

(Учащиеся работают над своей задачей сначала в парах, затем в группах, учитель координирует работу. К каждой задаче у учителя имеется по три подсказки, которые напечатаны на отдельных листочках.)

Подсказки* к задаче 1

1. Количество электронов, проходящих через поперечное сечение проводника, $N = q/e$.
2. Собрать электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых источника тока, ключа и лампочки. Параллельно лампочке подключить вольтметр и измерить напряжение.
3. Воспользоваться законом Ома для участка цепи, а также формулой $I = q/t$.

Подсказки к задаче 2

1. Воспользоваться соотношением $I = \frac{U}{R} = \frac{U_x}{R_x}$.
2. Собрать электрическую цепь, состоящую из источника тока, ключа и двух последовательно соединённых резисторов.
3. Параллельно каждому из резисторов подключить вольтметр и измерять напряжение на них.



* Раздаточный материал, подсказки и подробные отчёты всех групп представлены на диске № 4/2010. – Ред.

Подсказки к задаче 3

1. Масса провода $m = \rho_1 V = \rho_1 l S$, $S = \pi d^2/4$, диаметр провода определить методом рядов.
2. Сопротивление проводника $R = \rho l/S$, $l = ?$
3. Собрать электрическую цепь, состоящую из источника тока, ключа, реостата, амперметра, соединённых последовательно. Параллельно реостату подключить вольтметр. Перевести ползунок реостата в крайнее положение и измерить напряжение. Воспользоваться законом Ома для участка цепи.
(Аналогично для задач 4, 5.)

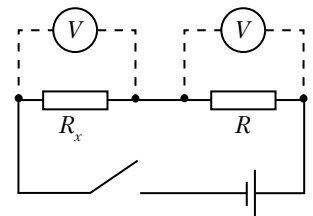
III этап: отчёты групп (18 минут)

Учитель. Сейчас каждая группа расскажет о своей работе. Ребята, слушайте друг друга внимательно и кратко записывайте ответы. Это необходимо для успешного выполнения домашнего задания, за которое вы получите оценку.

Примеры отчётов групп

Задача 1*: ● 1. Соединяем последовательно источник тока, лампу и ключ. Параллельно лампе включаем вольтметр ● 2. Измеряем напряжение на лампе ● 3. По закону Ома вычисляем силу тока $I = U/R$ ● 4. По определению, сила тока $I = q/t$ ● 5. Заряд, протекающий через лампу, $q = I \cdot t$, заряд электрона $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл ● 6. Количество электронов, проходящих через поперечное сечение спирали лампы, $N = q/1,6 \cdot 10^{-19}$.

Задача 2: ● 1. Собираем электрическую цепь по схеме ● 2. Измеряем напряжение U на резисторе R ● 3. Измеряем напряжение U_x на резисторе R_x ● 4. Исходим из того, что сопротивления R и R_x много меньше сопротивления вольтметра ● 5. Применяя закон Ома для участка



цепи, можно записать $I = \frac{U}{R} = \frac{U_x}{R_x}$ ● 6. $R_x = R \frac{U_x}{U}$.

Примечания для учителя. 1. Желательно, чтобы R и R_x были одного порядка. 2. Сопротивление вольтметра должно быть значительно больше сопротивлений резисторов R и R_x .

Задача 3: ● Считаем число витков проволоки N на длине L и определяем её диаметр $d = L/N$ ● Вычисляем площадь поперечного сечения проволоки по формуле $S = \pi d^2/4$ ● Собираем электрическую цепь, состоящую из источника тока, ключа, реостата, амперметра, соединённых последовательно. Параллельно реостату подключаем вольтметр. Переводим ползунок реостата в крайнее положение ● Измеряем силу тока и напряжение. Используя закон Ома для участка цепи, рассчитываем сопротивление реостата $R = U/I$ ● Сопротивление проводника $R = \rho l/S$; $l = RS/\rho$; масса провода $m = \rho_1 V = \rho_1 l S$ ● Удельное сопротивление же-

леза $\rho = 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Плотность железа $\rho_1 = 7800 \text{ кг/м}^3$; $m = \rho_1 R S^2 / \rho$.
(Аналогично для задач 4, 5.)

IV этап: домашнее задание (2 минуты)

Учитель. Спасибо всем группам за работу. Вы замечательно справились с заданиями. Молодцы! Домашняя работа: 1) оформите решение своей задачи на отдельном листе по памятке, которую вы получили в начале урока; 2) в письменной форме представьте планы решения остальных задач.

Пример оформления таблицы к задаче
Задача 1

Напряжение U , В	Сила тока, I , А	Электрический заряд q , Кл	Заряд электрона q_e , Кл	Число электронов N

Литература

1. Лукашик В.И., Иванова Е.В. Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 2004.
2. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Сборник экспериментальных заданий и практических работ по физике. 9–11 классы. М.: АСТ; Астрель; Транзиткнига, 2005.
3. Ланге В.Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку. М.: Наука, 1979.



Елена Борисовна Сазанова – учитель физики первой квалификационной категории, окончила Воткинский филиал Ижевского механического института в 1983 г. по специальности «Инженер-механик». Общий педагогический стаж 22 года,

из них учителем физики 17 лет. С 2004 г. работает в Кадетской школе-интернате, где учатся только мальчики, мечтающие о военной карьере. Ученики постоянно участвуют в городских и школьных научно-практических конференциях, неоднократные победители и призеры. Задача педагога на сегодняшний день – внедрение информационных технологий в учебный процесс. В свободное время увлекается разведением крупноплодной земляники. Замужем, сын Дмитрий проходит срочную военную службу на Дальнем Востоке.

Давление

Урок творческого изучения темы,
7-й класс

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тема «Давление», конкурс «Я иду на урок», урок-путешествие, 7 класс

Н.А. ЧЕРНОБЫЛОВА

LICEY21-shodnya@yandex.ru,
лицей № 21, г. Химки,
Московская обл.

Цели: ● сформулировать понятие давления ● научить находить в окружающем мире примеры проявления давления и объяснить их ● научить решать задачи на расчёт давления твёрдых тел по формуле ● продолжить формирование умения конструировать опорный конспект.

Оборудование: столик с четырьмя ножками, гиря, противень с песком, пакет с водой, бутылка с надувным воздушным шариком, лист писчей бумаги, соломинка для коктейлей, бумажные цветы, вода в миске, бумажные конструкции для демонстрации давления; тексты задач, опорные конспекты, листы оценок.

Ход урока

I. Актуализация знаний (13 минут)

Учитель. Сегодня мы вместе с вами, ребята, отправимся в удивительное путешествие по Планете оценок. Вы должны быть очень внимательными, активными, культурными, добрыми. Возьмите, пожалуйста, в руки лист оценок со стихотворением. Давайте прочитаем его.

Отправьтесь в путешествие
На планету, где всё интересно,
Где каждое мгновение
Приводит в изумление,
Для ума, дающего знания,
Потребуется ключик «внимание».
Поможет вам мыслить, как гениям,
Ключик «воображение».

Наше путешествие пройдёт в три этапа. Мы посетим с вами страны Повторение, Изучение и Закрепление. Во время путешествия вы будете выполнять задания. За каждое правильно выполненное задание вы получаете жетон и на своём листе оценок ставите «+». Сколько жетонов – столько и «плюсов». А я вам буду об этом напоминать.

Итак, мы отправляемся в страну Повторение. Первое задание (устно): какие силы вы изучили?

Учащиеся. Вес, силы тяжести, упругости, трения.

Учитель. Перечисленные силы кроме числового значения – модуля – имеют ещё и что?

Учащиеся. Направление.

Учитель. Следовательно, силы – векторные величины. А теперь получаем задания – ленту формул, по одной на ряд, заполняем её по очереди – и рабочий

лист для каждого с заданиями, в которых надо написать ответы, и расчётными задачами. Выполняем их, ставим свою фамилию.

ЛЕНТА ФОРМУЛ

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow s = v \cdot t \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow$$

$$\rightarrow P = F \cdot t \rightarrow F_T = m \cdot g \rightarrow m = \frac{P}{g} \rightarrow$$

$$\rightarrow t = \frac{V}{v} \rightarrow g = \frac{F_T}{m} \rightarrow v = \frac{s}{t} \rightarrow \dots$$

Задание «Допиши ответы: ● Молекула вещества... (это мельчайшая частица данного вещества) ● Между молекулами происходит... (взаимное притяжение и взаимное отталкивание) ● Жидкость меняет свою форму... (но сохраняет объём) ● Твёрдое тело имеет... (собственную форму и объём) ● Газы занимают... (весь предоставленный им объём).

Расчётные задачи

1. Вычисли силу тяжести, действующую на кота Васю массой 2 кг.
2. Известно, что на космонавта, высадившегося на Луну, действует сила тяжести 120 Н. Вычисли массу космонавта.
3. Колибри, самая маленькая птица на Земле, имеет массу всего 1,7 г. Вычисли силу, с которой колибри действует на ветку, когда сидит неподвижно.
4. Апельсин подвесили к динамометру. Он показал 2 Н. А что покажут весы, если на них положить этот апельсин?
5. Под тяжестью висящей обезьяны в лиане возникла сила упругости 400 Н. Вычисли массу обезьяны.

Коэффициент g:

на Земле.....	9,81 Н/кг
на Луне.....	1,62 Н/кг
на Марсе.....	3,86 Н/кг
на Юпитере.....	23 Н/кг
на Сатурне.....	9,4 Н/кг

(Дети выполняют задания. Учитель обсуждает с классом ответы, дети ставят заработанные в стране Повторение «плюсы».)

II. Изучение нового материала (10 минут)

Учитель. Ребята, вы показали, что багаж знаний у вас достаточный, чтобы отправиться путешествовать в страну Изучение. Тема нашей творческой деятельности – давление. Хорошим помощником для вас будет опорный конспект, который лежит у вас на столах. Запишите, пожалуйста, в своих тетрадях число и тему. В ходе урока делайте в тетрадях дополнения к опорному конспекту (см. с. 19).

Глядя в опорный конспект, прочитаем о природных явлениях. Как вы думаете, почему они перечислены в данной теме? *(Дети отвечают.)* Правильно. Все эти явления связаны с давлением.

Демонстрации (с фронтальным обсуждением): ● столик на ножках + песок + гиря (*давление в твёрдых телах*) ● пакет с водой (*давление в жидкостях*) ● бутылка + воздушный шарик (*давление в газах*).

Фронтальная беседа: по опорному конспекту зачитывается определение давления, дети записывают его в тетради, а также словесное, а затем и буквенное выражение формулы давления, единицы давления – паскаль и другие.

III. Развитие знаний (10 минут)

Задача 1. Определите давление станка весом 800 Н на пол, если площадь его опоры 0,1 м².

Дано: P = 800 Н, S = 0,1 м ² .	$p = \frac{F_1}{S}$ $p = \frac{P}{S}$	Решение = $p = \frac{800 \text{ Н}}{0,1 \text{ м}^2} =$ = 8 000 Па = = 8 кПа.
Ответ. p = 8 кПа.		

Задача 2. Как создать давление 50 кПа, действуя силой всего лишь 100 Н?

Дано: F = 100 Н, p = 50 кПа = = 50 кН/м ² .	$p = \frac{F}{S}$ $S = \frac{F}{p}$	Решение $S = \frac{100 \text{ Н}}{50 000 \text{ Н/м}^2} =$ = 0,002 м ² = 20 см ² .
Ответ. S = 20 см ² .		

Творческие задачи

● Вызываем ученика: оказывает ли он давление? *(Да, на пол.)* Как увеличить давление в 2 раза? *(Встать на одну ногу.)*

● Вызываем ученика, даём ему иглу, гвоздь и ткань, просим проткнуть ткань сначала иглой, потом гвоздём. Спрашиваем: когда легче? *(Иглой, так как площадь иглы очень мала.)*

● Зачитываем из опорного конспекта информацию «Это интересно!»:

● Вызываем смелого ученика, просим лечь на пол. Спрашиваем: Удобно лежать? *(Нет! Долго лежать больно.)* Почему? *(Площадь опоры мала. Всего несколько сотен квадратных сантиметров.)* А на пуховой перине? *(Мягко!)* Почему? *(Площадь опоры больше.)* Правильно, площадь опоры примерно 5000 см², давление уменьшается в 40 раз.

ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ К ТЕМЕ «ДАВЛЕНИЕ»

Явления в природе:

- Движение воздуха в атмосфере – ветер.
- Движение воды в океанах.
- Фонтаны, гейзеры.
- Сокодвижение, особенно сильное весной.
- Звуковые явления – гром.
- Образование горных пород в литосфере – оболочке Земли.

Все эти явления связаны с давлением твёрдых тел, жидкостей и газов.



Величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется давлением.

$$\text{Давление} = \frac{\text{Сила}}{\text{Площадь}}, \text{ или } p = \frac{F_{\perp}}{S}, \text{ где}$$

p – давление;

F_{\perp} – сила, действующая на поверхность;

S – площадь поверхности.

Единица давления: *паскаль*, в честь французского учёного (XVII в.) Блеза Паскаля.

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2.$$

Другие единицы давления: $1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}$;
 $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$; $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$.

Способы увеличения давления:

$$F = \text{const}, S_1 > S_2 \Rightarrow p_1 = \frac{F}{S_1}, p_2 = \frac{F}{S_2}; \Rightarrow p_2 > p_1.$$

Способы уменьшения давления:

$$S = \text{const}, F_1 > F_2 \Rightarrow p_1 = \frac{F_1}{S}, p_2 = \frac{F_2}{S}; \Rightarrow p_1 > p_2.$$

ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ (ОБОРОТ)

Это интересно! Знаете ли вы, что:

...втыкая пальцем иглу в ткань, мы создаём давление $100\,000\,000 \text{ Па}$?

...на Венере атмосферное давление 100 атм , на Марсе – $0,006 \text{ атм}$;

...в результате давления атмосферы на каждый 1 см^2 нашего тела действует сила 10 Н ?

...тяжёлый гусеничный трактор производит на почву давление $50\,000 \text{ Па}$, а это в 2000 раз меньше, чем давление иглы на ткань?

Приборы для измерения давления:

Объяснение экспериментов

1. Количество воды в растительных клетках регулируется так называемым тургорным давлением. Если воды достаточно, то стебли, листья распрямляются, а лепестки цветка раскрываются благодаря повышению тургорного давления. Движение воды происходит благодаря капиллярному эффекту – подъём воды в трубках очень маленького диаметра. Как и в бумаге, в растениях есть канальца, через которые может двигаться вода. Вьюнок относится к тем немногим цветам, движения лепестков которого, обусловленные изменениями тургора, происходят быстро, в течение $1\text{--}2$ секунд.

2. Бутылка наполнена воздухом. Когда мы надуваем шарик, объём этого воздуха уменьшается, его давление повышается и препятствует дальнейшему раздуванию шарика.

3. Когда мы давим на крупинки риса, они, как и крупинки песка, движутся во всех направлениях. Сейсмические волны движутся гораздо медленнее через песок, чем через плотную породу, потому что энергия, которую несут волны, расходуется на перемещение частичек песка.

4. Если земное притяжение будет больше силы сопротивления опоры, вес книги раздавит опору. Открытый бумажный цилиндр оказался самой прочной из всех фигур, потому что вес равномерно распределяется по его стенкам.

5. До того как вы начали дуть через соломинку, на лист бумаги действует одинаковое давление воздуха и сверху, и снизу. Когда скорость потока воздуха под листом увеличивается, давление уменьшается, а с другой стороны листа остаётся тем же, так что лист прогибается вниз.

● Вызываем ученика. Просим выдуть мыльный пузырь – один большой, второй маленький. Где давление больше? (*В пузыре меньшего диаметра.*)

● На обратной стороне конспекта (или в тетради) записываем приборы для измерения давления: ● барометр – для измерения атмосферного давления ● манометр – для измерения разности давлений ● высотомер – для измерения давления и высоты (в авиации, при подъёме в горы).

● Спрашиваем: что происходит с давлением, когда высота ↑? (*p↓.*) А температура кипения? (*Тожe. Вода кипит при $t < 100$ °С.*)

IV. Закрепление материала (7 минут)

Учитель. Ну а теперь, ребята, проставьте свои «+» на листе оценок в стране Изучение, и мы отправляемся в страну Закрепление. (*По очереди показыва-ет разложенные на столе предметы – шприц, два тюбика зубной пасты, склеенные бумажные конструкции, пульверизатор, грушу, пипетку, «лягуш-ку», медицинскую банку, телефонную трубку, наду-тый воздушный шарик, – спрашивая, на чём основан принцип «работы»? на действии давления в какой среде – в жидкости? газе? твёрдом теле? Дети от-вечают, соревнуясь, – чей ряд быстрее.*)

Посмотрим опыты: опускаем бумажный цветок-вьюнок в воду, пробуем надуть воздушный шарик в бутылке, пробуем «ходить» пальцами по кучке риса, кладём пачку книг на разные бумажные кон-струкции, дуем на бумажный лист через соломинку. Что происходит? (*Фронтальное обсуждение с про-чтением объяснений на обороте ОК.*) Итак, от каких физических величин зависит давление?

Отвечаем устно на вопросы: ● Борона – это сель-скохозяйственное приспособление, которое име-ет зубья для рыхления земли. Какая борона раз-рыхлит почву быстрее: с 20-ю зубьями или с 60-ю? ● Почему легче резать острым ножом, а не тупым? ● В атмосфере есть слои – тропосфера и стратос-фера. В какой из них давление воздуха больше? ● Если тело, подвешенное на крючке динамометра, опустить в воду, что мы будем наблюдать? ● Какую роль играет давление при дыхании человека.

Проставьте свои «+» на листе оценок в стране За-крепление.

V. Итоги (5 минут)

Учитель. На этом уроке мы повторили силы, формулы для определения физических величин. Изучили новую физическую величину давление. Давление зависит от ..? Давление возникает ..? До-рогие ребята! Наше путешествие закончилось. По-кидая Планету оценок, подведём итоги, кто же больше всех набрал жетонов? Молодцы, получаете «5». Передайте свои листы оценок с подписанными фамилиями вперёд, а опорный конспект возьмите с собой для работы дома.

Домашнее задание. По [1]: § 33, 34; упр. 20 (1, 4); по [2] № 11; в своих ОК выполните рис. 86, 91, 98 из учебника. Продолжайте заполнять страничку «Это интересно».

ЛИСТ ОЦЕНОК

Отправьтесь в путешествие
На планету, где всё интересно,
Где каждое мгновение
Приводит в изумление,
Для ума, дающего знания,
Потребуется ключик «внимание».
Поможет вам мыслить, как гениям,
Ключик «воображение».

Творческое изучение темы «Давление»

Мой вклад на Планете оценок

1. В стране Повторение: _____
2. В стране Изучение: _____
3. В стране Закрепление: _____

Моя оценка моего участия в творчестве:

1. Я был (а) очень активен (активна)
2. Я был (а) активен (активна)
3. Мне надо ещё потрудиться, чтобы быть активным (активной).

Литература

1. Пёрышкин А.В. Физика. 7 класс: учеб. для обще-образоват. учреждений. М.: Дрофа, 2008.
2. Лукашик В.И., Иванова Е.В. Сборник задач по физике. 7–9 классы. М.: Просвещение, 2002.



Нина Алексеевна Чернобылова – учитель физики высшей квалификационной категории, окончила Тамбовский институт химического машиностроения в 1977 г., педагогический стаж 20 лет. Рабо-тала инженером-конструктором в ЦКБ «Алмаз», учителем физики в школе № 1692 г. Зеленограда. Сейчас работает в школе № 21 г. Химки. В этом году работала по совместительству в 10–11-х клас-сах зеленоградской школы № 602, и её выпускники по результатам ЕГЭ вошли в первую десятку го-рода. Семья: муж, дочь, сын, трое внуков. Любит заниматься краеведением, экологией, домашней кулинарией.

Памятные даты. Март 2011

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сергей Иванович Вавилов, эффект Вавилова–Черенкова, фотолюминесценция, Роберт Вильгельм Бунзен

В.Н. БЕЛЮСТОВ

Belyustov@yandex.ru,
БЦО, г. Борисоглебск,
Воронежская обл.

24 марта 1891 г. родился советский физик, один из основателей отечественной научной школы физической оптики, государственный и общественный деятель, академик *Сергей Иванович Вавилов*. Его детство прошло в Москве. По окончании Московского коммерческого училища (1909) он успешно выдержал вступительные экзамены и был зачислен на физико-математический факультет Московского университета. Свои первые научные эксперименты, посвящённые фотометрии разноцветных источников и выцветанию красителей под действием тепла, второкурсник С. Вавилов начал в лаборатории профессора П.Н. Лебедева под руководством приват-доцента П.П. Лазарева. Выполненные им работы были отмечены Золотой медалью Общества любителей естествознания. Окончив университет в мае 1914 г. с дипломом первой степени кандидата физматнаук, в августе отправился на фронт и 3,5 года в чине прапорщика служил в сапёрных частях и радиодивизионе особой армии (кстати, придумал метод обнаружения вражеских радиостанций по силе их приёма (1916), исследовал частоту колебаний нагруженной антенны) [1].

После войны Вавилов начал в Институте физики и биофизики эксперименты по поглощению и испусканию света элементарными молекулярными системами и обнаружил (совместно с В.Л. Лёвшиным, 1926) нелинейный оптический эффект – отступление от закона Бугера при возбуждении свечения ураниловых стекол мощной конденсированной искрой. Позднее (1950) ввёл термин «нелинейная оптика». Оригинальным визуальным методом измерения предельно малых



С.И. Вавилов (1891–1951)

<http://www.ras.ru/presidents/3821713b-077a-4959-8480-cab-4b856e8a85.aspx#>

интенсивностей света вместе с сотрудниками провёл экспериментальные исследования квантовых флуктуаций света (1932–1941), обеспечив с помощью оригинальной установки главное – кратковременность световых вспышек, небольшие размеры изображения на сетчатке глаза и строгую фиксацию его положения. Обработка полученного огромного материала показала, что световые флуктуации действительно существуют и носят статистический характер – квантовая природа световых явлений получила непосредственное, наглядное и убедительное подтверждение, что привело к важным выводам в области физиологической оптики.

Для исследования природы свойств элементарных излучателей Вавилов предложил два остроумных и чувствительных метода. Первый был основан на наблюдении интерференции световых лучей, расходящихся от источника под очень большим углом, а затем сходящихся вместе. В случае одинаковой интенсивности лучи при подходящей разности фаз полностью гасили друг друга. Расчёты показали, что интерференционные картины для дипольного и квадрупольного излучений должны резко различаться, что позволяет определить природу элементарного излучателя [2].

Второй метод был основан на сравнении поляризации свечения элементарных излучателей неодинаковой природы (1940). По виду поляризационных диаграмм, как назвал их Вавилов, можно было безошибочно определять природу элементарного излучателя.

Мировую известность и признание как учёного принесли работы по люминесценции, проводимые в течение 30 лет. Он первым обнаружил, что энергетический выход люминесценции для растворов может достигать 80%, открыл (1927) зависимость квантового выхода фотолюминесценции (отношения числа излучаемых квантов к числу поглощённых) от длины волны возбуждающего излучения (*закон Вавилова*). Им были заложены основы теории поляризации флуоресценции, впоследствии подробно развёрнутой В.Л. Лёвшиным. С.И. Вавилов открыл (1929) периодическую зависимость поляризации от длины волны возбуждающего света – *поляризационный спектр*. Установил различие между продольным и поперечным эффектами по отношению к направлению распространения возбуждающего света. Сконструировал и построил импульсный электрический фосфороскоп с вращающимся зеркалом, позволяющий изучать послесвечение, начиная с 10^{-5} с после освещения (1926) и нашёл принципиальное отличие флуоресценции от фосфоресценции; изучил законы затухания свечения на растворах ураниловых солей; обнаружил возможность длительного свечения жидкостей.

По аналогии с теорией сходных явлений в газах построил теорию тушения люминесценции, основанную на предположении об «ударах второго рода»; получил формулы, связывающие поляризацию, выход и среднюю длительность возбуждённого состояния молекул с концентрацией раствора; развил общую теорию свечения

растворов (1940), сформулировал (1944) определение люминесценции, введя критерий длительности излучения. Его многолетние исследования нашли самое широкое практическое применение – это люминесцентный анализ, люминесцентная микроскопия, создание высокоэкономичных люминесцентных источников света, экранов и многое другое [3].

В 1933 г. С.И. Вавилов предложил своему аспиранту П.А. Черенкову исследовать механизм люминесценции ураниловых соединений, возбуждаемой жёсткими γ -лучами. Черенков обнаружил помимо обычной люминесценции солей другое слабое свечение, энергия которого возрастала по мере продвижения в сторону коротких длин волн. Учёные установили, что: ● голубое свечение возникает в любых прозрачных жидкостях и твёрдых телах ● его интенсивность при одинаковых условиях возбуждения совершенно не изменялась ● спектральный состав излучения не зависел от химической природы облучаемого вещества ● оно было поляризовано вдоль направления возбуждающего пучка и распространялось только вперёд в виде конуса с полостью посередине под некоторым углом к направлению пучка γ -лучей ● его не удавалось потушить, как это делалось с люминесценцией ● оно не ослабевало при сильном нагреве вещества. Другими словами, ни одним из свойств, присущих люминесценции, это свечение не обладало.

С.И. Вавилов в 1934 г. пришёл к выводу, что свечение вызывается не γ -лучами, а свободными электронами и возникает при движении заряженной частицы в веществе, если скорость частицы v превышает фазовую скорость c/n электромагнитных волн (то есть скорость света) в этом веществе (n – показатель преломления). (1934). Это предположение подтвердилось на опыте с отклонением светового пучка в магнитном поле. Новый вид оптического свечения получил название *излучения Вавилова–Черенкова*. Объяснение этого явления в 1937 г. дали И.Е. Тамм и И.М. Франк, удостоенные в 1958 г. совместно с П.А. Черенко-



Эффект Вавилова–Черенкова в реакторе АЭС

вым Нобелевской премии по физике. Ранее, в 1946 г., Вавилов, Черенков, Тамм и Франк получили за это Сталинскую премию.

С открытием излучения Вавилова–Черенкова возник новый раздел современной физики – *оптика сверхсветовых излучателей*. С его помощью можно определять скорость элементарных частиц высоких энергий, устанавливать их природу. Благодаря этому излучению Э. Сегре открыл антипротон. Счётчики Вавилова–Черенкова нашли широкое применение в космической технике. Созданы специальные спектрометры для определения энергии γ -лучей при работе ускорителей. Эффект используется в астрофизике и в решении проблемы управляемых термоядерных реакций [4].

В годы Великой Отечественной войны С.И. Вавилов был назначен уполномоченным Государственного комитета обороны страны по оптической промышленности и продолжал руководить работой эвакуированных ГОИ (г. Йошкар-Ола) и ФИАНа (г. Казань). В 1943–1945 гг. широко использовались на фронте разработанные под его руководством дальномеры, стереотрубы, объективы для аэрофото съёмки, полётные очки для военных лётчиков, светящиеся люминесцентные составы, первые опытные образцы люминесцентных ламп для подводных лодок, новые составы стекла, средства для оптического контроля маскировочных покрытий, методы маскировки военных кораблей и другие. В 1945 г. учёный был избран Президентом Академии наук СССР.

Как историк и популяризатор науки С.И. Вавилов известен своими ра-

ботами, посвящёнными И. Ньютону и М.В. Ломоносову. Он написал более 150 научно-популярных книг и статей («Глаз и Солнце», «О тёплом и холодном свете» и другие), основал серию «Классики науки» (1934), многое сделал для научного книгоиздания в стране. Сергей Иванович обладал энциклопедическими знаниями не только в любимой им физике, но и в искусстве, литературе и истории; хорошо владел немецким, английским, французским, итальянским и польским языками; был библиофилом. Его личная библиотека насчитывала свыше 37 тысяч книг, среди которых было много редких [5].

Сергея Ивановича Вавилова не стало в ночь с 24 на 25 января 1951 г. Он скончался в Москве от инфаркта миокарда во время редактирования очередной статьи для Большой Советской энциклопедии, не дожив двух месяцев до своего 60-летнего юбилея. Президиум Академии наук увековечил его память учреждением Золотой медали им. С.И. Вавилова (1951). В честь выдающихся учёных – братьев Николая Ивановича и Сергея Ивановича Вавиловых – названы сдвоенный кратер на обратной стороне Луны (Братья Вавиловы) и малая планета 2862.

Литература

1. URL: library.istu.edu/hoe/personalia/vavilov.pdf
2. Основатели советской физики. – М.: Просвещение, 1970.
3. URL: <http://vivovoco.rsl.ru/VV/BOOKS/VAILOV/VAILOV.HTM>
4. Сергей Иванович Вавилов. Очерки и воспоминания. М.: Наука, 1991. [Электронный ресурс] URL: <http://www.edu.delfa.net/Interest/biography/biblio.htm>
5. Келер В.П. Сергей Вавилов. М.: Молодая гвардия, 1975. [Электронный ресурс] URL: <http://lib.rus.ec/b/185272/read>

• **31 марта 1811 г.** родился немецкий химик-экспериментатор и физик *Роберт Вильгельм Бунзен*.



Полные тексты и презентации см. на диске-вложении к № 4/2011. – *Ред.*

Отечественная лунная одиссея

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: передвижная научная лаборатория, экипаж лунохода, пункт управления луноходом, посадочная ступень, луноход

Продолжение. См. № 22/2010



Посадка космического комплекса «Луна-17»

Академик ПАКЦ, АМТН,
В.Г. ДОВГАНЬ
vgdovgan-svkv@mail.ru, г. Москва

ПЕРВАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ «ЛУНОХОД-1»

10 ноября 1970 г. в 17 ч 44 мин боевыми расчётами РВСН (ракетных войск стратегического назначения) с космодрома Байконур осуществлён старт РН «Протон-К» с ЛКА «Луна-17». Главная задача пуска – доставка на поверхность Луны первой передвижной научной лаборатории «Луноход-1».

Председателем Государственной комиссии был Г.А. Тюлин, её техническим руководителем – Г.Н. Бабакин, а его заместителями – А.Л. Кемурджян и В.П. Пантелеев. Силы и средства КИПов (командно-измерительных пунктов), принимавшие участие в этой работе, обеспечили измерения параметров полёта РН с «Луной-17», непрерывно осуществляя телеконтроль бортовых систем. Математическая обработка результатов показала их близость к расчётным. 12 ноября на расстоянии 223 тыс. км от Земли был проведён сеанс коррекции. Параметры новой траектории оказались полностью соответствующей расчётной, что позволило отказаться от одного из двух запланированных манёвров на орбите ИСЛ (искусственных спутников Луны). В результате достигалось увеличение активной работы лунохода на Луне в течение первого лунного дня.

В программу полёта были внесены изменения по прицельной точке в районе Луны и време-

ни прилёта в эту точку. Чтобы к моменту посадки «Луны-17» след орбиты ИСЛ проходил через вновь выбранную точку посадки, 14 ноября провели вторую коррекцию на расстоянии 356 тыс. км от Земли. Обработка полученных результатов траекторных измерений подтвердили высокую точность исполнения коррекции, а обработка телеметрических измерений – незначительные энергетические затраты.

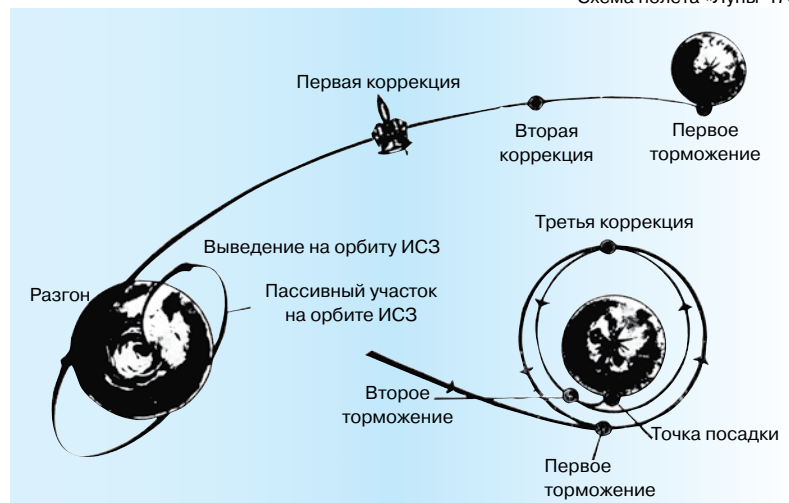
15 ноября «Луна-17» достигла окрестностей Луны и после включения тормозных двигателей перешла на круговую орбиту её спутника. В дальнейшем была успешно решена сложная задача формирования предпосадочной орбиты с низким периселением (самой низкой точкой околослунной орбиты – Селеной (Σελήνη), одной из богинь греческой мифологии, называли Луну древние греки.

16 ноября было проведено маневрирование в околослунном пространстве. После корректировки орбиты минимальное удаление ЛКА от поверхности Луны составило 19 км.

17 ноября был начат один из наиболее ответственных этапов полёта – подготовка мягкой посадки. В 4 ч 15 мин перед началом сеанса торможения была закрыта панель солнечной батареи. Кстати, в процессе полёта её четыре раза открывали и ориентировали на Солнце с помощью грубых солнечных датчиков для подзарядки буферных батарей.

В 6 ч 41 мин 13,8 с согласно переданной на борт программе включился основной двигатель, и станция перешла на траекторию снижения и торможения. На высоте около 20 м система управления выключила этот двигатель и включила двигатели малой тяги. В непосредственной близости от поверхности Луны они были отключены, и в 6 ч 46 мин 50 с посадочная ступень «Луны-17» совершила мягкую посадку в районе Моря Дождей в точке с селенографическими координатами 38° 17' с. ш. и 35° 00' з. д. [1]

Схема полёта «Луны-17»



По циркулярной громкоговорящей связи (ГГС) в Симферопольском Центре дальней космической связи (ЦДКС) объявили 30-минутную готовность. На пункт управления луноходом (ПУЛ) прибыло руководство во главе с Г.А. Тюлиным, Г.Н. Бабакиным. Накануне Государственная комиссия для ведения первого сеанса связи с луноходом утвердила расчёт экипажа первой смены в составе: Н.М. Ерёмченко (командир), Г.Г. Латыпов (водитель), Н.Н. Козлитин (оператор ОНА), К.К. Давидовский (штурман) и Л.Я. Мосензов (бортинженер). В.И. Чубукину было поручено вести записи в бортовом журнале.

Не было только двух членов экипажа – командира И.Л. Фёдорова и автора этой статьи, водителя В.Г. Довганя, которые находились в Москве. Во время перелёта «Луны-17» они представляли «московскую группу» от экипажа для информирования высшего военного руководства о ходе проводимого научного эксперимента. Узнав об этом, Г.Н. Бабакин настоял на их срочном возвращении к первому сеансу. Из-за непогоды пришлось выезжать поездом, так что об успешном прилунении долгожданного лунохода они узнали на ст. Джанкой.

Рабочие места у своих пультов заняли дежурные расчёты командной радиолинии, телеметристы, телевизионщики, селенологи и другие специалисты. Все переговоры членов экипажа и его командира со всеми службами транслировались по ГГС и записывались на магнитофон.

И вот, в 7 ч 20 мин по московскому времени на ПУЛ поступил сигнал об установлении связи с луноходом! Сеанс № 101 («1» – первый лунный день, «01» – первый сеанс связи с луноходом) начался. После телеметрической проверки состояния всех агрегатов и систем «Лунохода-1», поступили первые доклады бортинженера: «Температура в отсеке лунохода – 18°, давление – 750 мм рт. ст., крен – минус 2, дифферент – минус 3».

Уточнив положение посадочной ступени, по команде командира экипажа специалисты выдали первую серию радиокоманд на открытие трапов для схода лунохода и отделения его от посадочной ступени. Это был самый волнующий момент. Прошло ещё несколько минут, и включились астротелефотометры. На принимаемой панораме чётко видны фрагменты трапов и колёс лунохода, а также установленные на посадочной ступени Государственный флаг СССР и барельеф В.И. Ленина. Анализ панорамы показал, что в районе посадки поверхность ровная, условия для схода с ПС аппарата хорошие. Включилась центральная телекамера – «Луноход-1» готов к первому рейсу.

Командир Николай Ерёмченко так вспоминал об этом первом сеансе: «Когда «Луна-17» благополучно совершила посадку, после раздавшихся аплодисментов и многочисленных поздравлений, к нам подошёл Бабакин и спросил:

– Братцы, вы готовы?

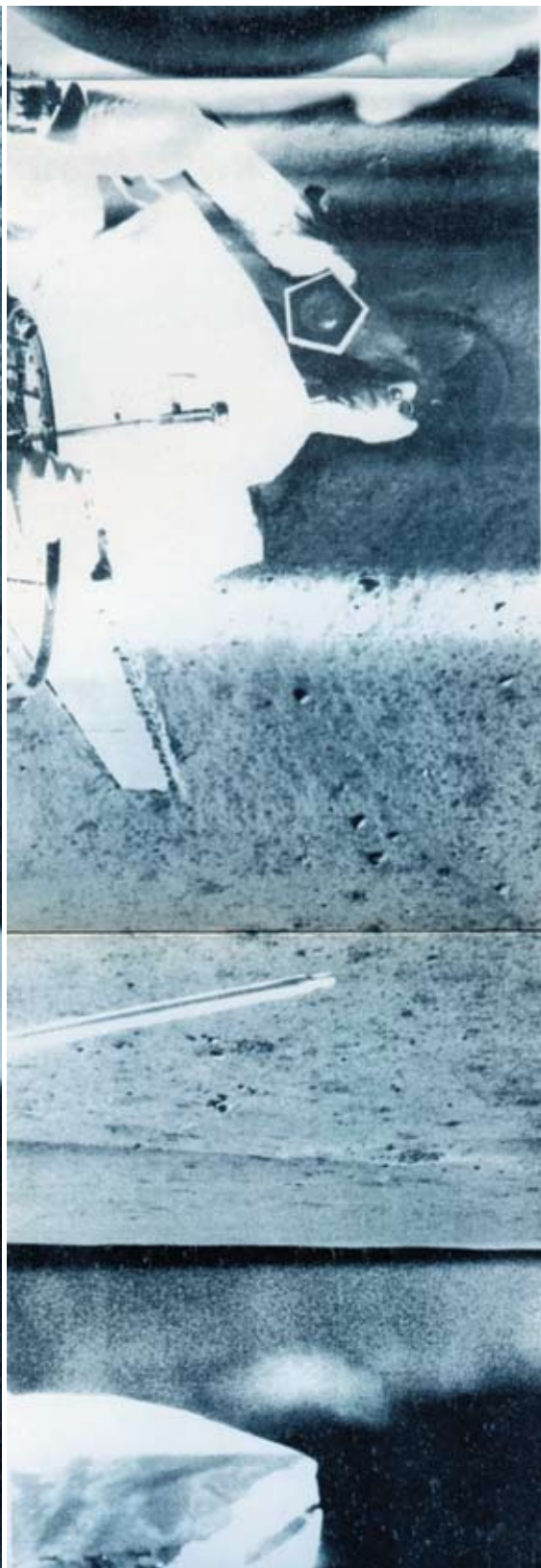
– Так точно, – сдерживая волнение, отпарторовал я.



«Луна-17» с первым инопланетным транспортным средством благополучно села в Море Дождей (красный вымпел)



Первые панорамы с борта «Лунохода-1» перед съездом на Слва – передняя половина развёртки: штыревая антенна, флаг СССР, слева от него – переднее колесо; внизу – оптические вертикали. Справа – задняя половина развёртки: камера в по правому борту «Лунохода-1»; пятиугольный вымпел с ба под ним опора станции «Луна-17», слева от него – заднее колесо штыревая антенна, узкая полоса горизонта, фрагменты обшивки вакуумной теплоизоляции).



поверхность Луны.
трап, Государственный
нечский датчик лунной
ертикальной развёртки
рельефом В.И. Ленина;
олесо, нижние кадры –
шивки ЭВТИ (экранно-



Первый в мире водитель
внеземного транспортного
средства Габдулхай Гимадутинович
Латыпов: «Первая, вперёд!»

– Тогда, по коням!

Мы заступили на первую в истории космонавтики такую необычную вахту. Полученные с помощью фототелевизионных камер панорамы приблизили к нам далёкую и загадочную поверхность Луны. Она простиралась впереди и сзади лунохода, относительно ровная, очень похожая на один из участков нашего искусственного лунодрома, десятки раз переезженного нами. Георгий Николаевич был сосредоточен и молчалив. Штурманская группа, возглавляемая Непоклоновым, предложила вариант схода – вперёд. Я посмотрел на Бабакина, будто спрашивая его разрешения, а потом произнёс: «Сход – вперёд!» Затем: «Первая, вперёд!» [2]

Послушный воле человека – водителя Г. Латыпова, – луноход двинулся вниз по трапам...

– Луноход коснулся поверхности Земли! – разнёсся по ГГС левитановский голос бортиженера Мосензова. Он тоже волновался. Конечно же – речь шла о поверхности Луны.

«Луноход-1» начал отпечатывать свою первую колею, удалившись от посадочного устройства на 20 метров». Команда «Вперёд-1» была выдана в 9 ч 27 мин 7 с, а команда «Стоп» – через 20 с. Движение лунохода проходило в старто-стопном режиме, но команда «Стоп», тем не менее, дублировалась водителем в определённое время. Так были пройдены первые двадцать метров.

«Выдать вторую серию по программе!» – звучит по ГГС голос командира экипажа Н. Ерёмченко. Команды следуют одна за другой. Их исполнение транслируется бортиженером.

- Есть вращение привода солнечной панели!
- Панель полностью открыта, встала на замок!
- Температура в отсеке лунохода 18 градусов.
- Температура колёс: минимальная –5, максимальная +60.
- Токи колёс – в норме.
- Есть ход штампа... Есть усилия на штампе... Есть вращение... Ход штампа вверх... Штамп в исходном положении.
- По результатам пенетрирования (пенетрирование – определение качества, в том числе твёрдости, грунта. Измеряется с помощью пенетрометра – прибора, оснащённого погружаемым в грунт щупом. – В.Д.) – движение не ограничено.
- Первая, вперёд!

И снова – вперёд, удаляясь от посадочной ступени. Следует первый поворот на месте – «Направо 20», снова – вперёд, ещё раз – «Направо 20» и «Стоп». Включается правый боковой телефотометр, и на снимке появляется первая колея на Луне, проложенная нашим советским луноходом.

Слева виден прибор – определитель лунной вертикали. Справа – фрагмент посадочной ступени, от которой ведут следы лунохода. Это – первая колея, проложенная советской передвижной научной лабораторией. Солнце находит-

ся слева и сзади лунохода, его лучи падают на поверхность под довольно большим углом. Поэтому тени короткие и пологие формы рельефа слабо различимы.

После сеанса, который закончился в 10 ч 37 мин, в конференц-зале было назначено совещание оперативно-технического руководства, в котором приняли участие члены Государственной комиссии, ГОГУ (Главной оперативной группы управления), конструкторы, руководители различных служб Центра, селенологи, члены экипажа лунохода. В дальнейшем это стало традицией.

Итоговые совещания Георгий Николаевич Бабакин обычно вёл сам. Анализировалась работа во время минувшего сеанса, уточнялась программа на следующий. Часто возникали споры. Селенологи требовали одно, геохимики и физики – другое, конструкторы шасси – третье... И Георгий Николаевич всегда поражал своей эрудицией, глубоким знанием и геологии Луны, и физики космических частиц, и методики экспериментов, и систем лунохода. Его доводы были всегда аргументированы.

В 16 ч 00 мин состоялся девятиминутный телеметрический сеанс связи. Проверено состояние систем, элементов конструкции лунохода и научных приборов. В 21 ч 30 мин с «Луноходом-1» вновь установлена связь. На этом сеансе присутствуют прибывшие в ЦДКС М.В. Келдыш, М.Д. Миллионщиков, А.П. Виноградов, М.С. Рязанский, лётчик-космонавт СССР В.Ф. Быковский, журналисты.

В 23 ч 00 мин рабочие места за пультами занял расчёт экипажа в составе: И. Фёдоров (командир), В. Довгань (водитель), Н. Козлитин (оператор ОНА), В. Самаль (штурман) и А. Кожевников (бортинженер). А рядом с ними – «горячий резерв»: Н. Ерёмченко, Г. Латыпов, В. Сапранов, К. Давидовский и Л. Мосензов. Невдалеке от пульта водителя расположился и В.Ф. Быковский, заинтересованно наблюдая за его действиями.

Сеанс начался. В процессе работы проводились отработка методов управления движением лунохода, панорамный обзор местности и её характерных участков, а также запланированные научные эксперименты. При выполнении команды «Поворот 20» бортинженер А. Кожевников доложил о повышенном энергопотреблении мотор-колёсами. По его мнению, причина была в том, что лунный грунт оказался очень тяжёлым, и колёса испытывали повышенное сопротивление. Позже специалисты установили, что все восемь мотор-колёс оказались заблокированы тормозными колод-

ками не только на стоянке, но и во время движения. А это могло, как минимум, привести к существенному снижению проходимости «Лунохода-1», а в худшем – к полной потере подвижности. Анализ сложившейся ситуации показал, что произошёл отказ электромагнитов управления фрикционными дисковыми тормозами мотор-колёс. Но разработчики шасси, учитывая факторы риска и недостаточность достоверных данных об условиях эксплуатации, заложили в электромеханический привод мотор-колёс солидный резерв по крутящему моменту, поэтому «Луноход-1» практически не «заметил» дополнительной нагрузки – тормозного момента. Только при преодолении подъёмов свыше 15° ток электродвигателей кормовых, наиболее нагруженных колёс превысил номинальное значение. Таким образом, повышенное энергопотребление в процессе движения явилось практически единственным отрицательным следствием отказа тормозов.

Сеанс продолжался 4 ч 40 мин. Через два часа работы была проведена первая смена расчётов экипажа.

Трасса проходила по относительно ровной поверхности, имевшей впадины и возвышения с углами наклона до 10°. Попавшиеся на пути камни и кратеры небольшого размера были преодолены, как и невысокая гряда. На различных участках измерялись механические свойства грунта и параметры проходимости шасси. За сеанс пройдено 96 м.

18 ноября 1970 г. все газеты Советского Союза и зарубежная печать опубликовали сообщение ТАСС, в котором, в частности, говорилось: «Передвижение по Луне самоходного аппарата осуществляется с помощью восьмиколёсного шасси... Управление движением «Лунохода-1» производится из Центра дальней космической связи с использованием телевизионной информации о положении аппарата и характере рельефа окружающей лунной поверхности...».

Литература

1. Передвижная лаборатория на Луне и «Луноход-1». М.: Наука, 1971. 128 с.
2. Ивановский О.Г., Довгань В.Г., Долинин А.И. Луноход и люди. 50-летию отечественной лунной программы посвящается // Неделя Подмосковья, 2008. С. 21–29.

Все иллюстрации – из личного архива В.Г. Довганя



Первая колея на Луне, проложенная советской передвижной научной лабораторией «Луноход-1» 17.11.1970 г.

Хочу учиться в МГУ!

Задачи вступительных испытаний и олимпиад по физике
в МГУ им. М.В. Ломоносова

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

Продолжение. См. № 1/2011



В.М. БУХАНОВ,
Е.А. ВИШНЯКОВА, А.В. ГРАЧЁВ,
О.С. ИВАНОВА,
проф. С.Н. КОЗЛОВ,
С.Ю. НИКИТИН,
И.П. НИКОЛАЕВ, С.В. ПАЦАЕВА,
В.А. ПОГОЖЕВ, Н.Б. ПОДЫМОВА,
М.С. ПОЛЯКОВА,
проф. П.А. ПОЛЯКОВ,
проф. В.С. РУСАКОВ,
С.С. ЧЕСНОКОВ,
Н.И. ЧИСТЯКОВА

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

1. Дайте определение идеального газа. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

Задача. На металлическую пластинку напыляют серебряное покрытие, используя пучок атомов серебра, направленный перпендикулярно пластинке. С какой скоростью v_0 растёт толщина покрытия, если атомы серебра оказывают на пластинку давление $p = 0,1$ Па? Кинетическая энергия одного атома серебра в пучке $E = 10^{-17}$ Дж, молярная масса серебра $M = 108$ г/моль, его плотность $\rho = 10,5$ г/см³. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Решение. На площадке пластинки площадью S за время τ осаждается масса серебра $M_0 = mN_0S\tau$, где m – масса атома серебра, N_0 – число атомов, попадающих на единичную площадку в единицу времени. С другой стороны, $M_0 = \rho v_0 S\tau$. Из этих выражений

находим, что $v_0 = \frac{mN_0}{\rho}$. Давление, оказываемое

атомами, осаждающимися на пластинке, равно $p = muN_0$, где u – скорость атомов, летящих к пластинке. Следовательно, $v_0 = \frac{p}{\rho u}$.

Учитывая, что $u = \sqrt{\frac{2E}{m}}$ и $m = \frac{M}{N_A}$, получаем:

$$v_0 = \frac{p}{\rho} \sqrt{\frac{2EN_A}{M}} \approx 9 \cdot 10^{-8} \text{ см/с.}$$

2. Дайте определение внутренней энергии термодинамической системы. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию?

Задача. В двух одинаковых сосудах, соединённых между собой короткой тонкой трубкой с краном, находится гелий. Средняя квадратичная скорость теплового движения атомов гелия в первом сосуде равна v_1 , а во втором – v_2 . Пренебрегая теплообменом гелия с окружающими телами, найдите отношение давления p_k , которое установится в сосудах после открывания крана, к начальному давлению p_1 в первом сосуде, если масса гелия во втором сосуде была в n раз больше, чем в первом.

Решение. Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории:

$$p = \frac{1}{3} nm_0 v^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot m_0 v^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{mv^2}{V}, \text{ где } p \text{ – давление}$$

гелия, m_0 – масса атома гелия, n – их концентрация, v – средняя квадратичная скорость атомов гелия, m – масса гелия, V – объём сосуда. После установления равновесия внутренняя энергия гелия, по условию, должна быть равна сумме первоначальных внутренних энергий гелия в первом и

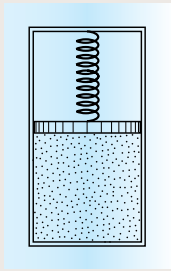
во втором сосудах, то есть $\frac{(m + nm)v_k^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{nmv_2^2}{2}$,

где v_k – средняя квадратичная скорость атомов гелия в конечном состоянии. Отсюда $v_k^2 = \frac{v_1^2 + nv_2^2}{n+1}$ и окончательно:

$$\frac{p_k}{p_1} = \frac{(1+n)v_k^2}{2v_1^2} \Rightarrow \frac{p_k}{p_1} = \frac{1}{2} \left(1 + n \frac{v_2^2}{v_1^2} \right).$$

3. Дайте определение количества теплоты. Сформулируйте первый закон термодинамики.

Задача. В закрытом цилиндрическом сосуде под невесомым тонким поршнем находится идеальный



одноатомный газ. В пространстве над поршнем создан вакуум. Поршень удерживается в равновесии пружиной жёсткостью $k = 100$ Н/м, помещённой между поршнем и крышкой цилиндра. Пружина не деформирована, если поршень располагается у дна цилиндра. В начальном состоянии расстояние между поршнем и дном сосуда составляет $h = 0,2$ м. Найдите количество теплоты ΔQ , которое нужно сообщить газу, чтобы расстояние между поршнем и дном сосуда удвоилось. Теплоёмкостью сосуда, теплообменом с окружающей средой и трением можно пренебречь.

Решение. В соответствии с первым законом термодинамики $\Delta Q = \Delta U + A$, где $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R(T - T_0)$ – изменение внутренней энергии газа, $A = \frac{k}{2}(4h^2 - h^2)$ – работа газа, равная изменению потенциальной энергии упругой деформации пружины. Из уравнения Клапейрона–Менделеева, записанного для начального и конечного состояний газа, находим:

$$p_0 V_0 = \frac{kh}{S} h S = kh^2 = \nu R T_0, \quad p V = \frac{k \cdot 2h}{S} 2h S = 4kh^2 = \nu R T.$$

Следовательно, $\Delta U = \frac{9}{2} kh^2$. Поскольку $A = \frac{3}{2} kh^2$, получаем ответ: $\Delta Q = 6kh^2 = 24$ Дж.

4. Что такое насыщенный водяной пар? Дайте определение влажности и относительной влажности воздуха.

Задача. Стакан объёмом $V_0 = 290$ см³ перевернули вверх дном и медленно погрузили в воду на глубину $h = 5$ м. При этом объём воздуха в стакане оказался равным $V_1 = 194$ см³. Найдите парциальное давление p водяного пара, находящегося в стакане, считая его насыщенным. Относительная влажность атмосферного воздуха $\varphi = 60\%$, атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, плотность воды $\rho = 1$ г/см³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Температуру воздуха в стакане считать постоянной. Размером стакана по сравнению с глубиной его погружения можно пренебречь.

Решение. До погружения в воду в стакане находилась смесь воздуха и водяного пара, причём давление этой смеси $p_0 = p_b + p_n$, где p_b – парциальное давление воздуха, $p_n = \varphi p_n / 100\%$ – парциальное

давление пара. Отсюда $p_b = p_0 - \frac{\varphi}{100\%} p_n$.

После медленного погружения стакана в воду пар в стакане достиг насыщения, и давление газовой смеси в стакане стало равным $p_1 = p'_b + p_n$, где p'_b – парциальное давление воздуха, $p_1 = \rho g h + p_0$ – давление воды на глубине h . Для парциального давления воздуха справедливо уравнение $p'_b V_1 = p_b V_0$. Объединяя записанные выражения, находим давление насыщенного водяного пара:

$$p = p_n = \frac{\rho g h V_1 - p_0 (V_0 - V_1)}{V_1 - V_0 \varphi / 100\%} = 5 \text{ кПа.}$$

5. Дайте определение коэффициента полезного действия (КПД) теплового двигателя. Чему равно максимальное значение КПД?

Задача. Определите массу M воды с начальной температурой $t = 0$ °С, которая превратится в лёд при той же температуре за $\tau = 2$ ч работы холодильной машины, если температура радиатора холодильной машины $T = 373$ К. Холодильная машина работает по циклу Карно. Мощность её двигателя $N = 0,6$ кВт. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334$ Дж/г.

Решение. По определению, КПД тепловой машины $\eta = \frac{A}{Q_n} = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_n}$, где A – работа, совершённая машиной за цикл, Q_n – количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя за цикл, Q_x – количество теплоты, отданное рабочим телом холодильнику за цикл.

Для цикла Карно $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_n}$, где T_n – температура

нагревателя, а T_x – температура холодильника. Поскольку цикл Карно обратим, его можно провести в обратном направлении. При этом рабочее тело будет проходить те же состояния, что и в тепловой машине, но в обратном порядке, и теплота будет передаваться не от нагревателя к холодильнику, а наоборот, за счёт совершённой работы – от холодильника к нагревателю. Поскольку $A = N\tau$, то для количества теплоты, полученного от холодильника, справедливо выра-

жение: $Q_x = \frac{N\tau T_x}{T_n - T_x}$. При этом, в соответствии с

условием задачи, $T_x = t + 273$ и $T_n = T$. По уравнению теплового баланса, $Q_x = \lambda M$. Решая записанную систему уравнений относительно искомой массы воды, получаем:

$$M = \frac{N\tau(t + 273)}{(T - t - 273)\lambda} \approx 35 \text{ кг.}$$

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

Задача. В цилиндре под поршнем находятся воздух, водяной пар и вода. Число молей воздуха в $n = 3$ раза превышает число молей водяного пара, а масса воды равна массе водяного пара. Объём смеси изотермически увеличивают до тех пор, пока вся вода не испарится. Определите отношение давлений в цилиндре в конечном и начальном состояниях.

Решение. Считая, что воздух и насыщенный водяной пар подчиняются уравнению Менделеева–Клапейрона, запишем уравнения начального состояния этих веществ:

$$pV_0 = \nu_v RT, \quad p_n V_0 = \nu_n RT,$$

где p и p_n – парциальные давления воздуха и насыщенного пара в смеси, R – универсальная газовая постоянная, T и V_0 – абсолютная температура и начальный объём смеси, ν_v – число молей воздуха, ν_n – число молей водяного пара в начальном состоянии, причём, по условию, $\nu_v = n\nu_n$. Отсюда:

$$p = \frac{n\nu_n RT}{V_0}, \quad p_n = \frac{\nu_n RT}{V_0}.$$

По закону Дальтона, начальное давление смеси воздуха и водяного пара

$$\text{в цилиндре } p_0 = p + p_n = \frac{(n+1)\nu_n RT}{V_0}.$$

Поскольку масса воды в цилиндре равна начальной массе пара, то для того чтобы вся вода испарилась, объём смеси нужно увеличить в 2 раза. При этом давление воздуха в ци-

линдре станет равным $\frac{p}{2}$, а давле-

ние пара не изменится. Следовательно, конечное давление смеси в цилиндре

$$p_k = \frac{p}{2} + p_n = \frac{(n+2)\nu_n RT}{2V_0}.$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_k}{p_0} = \frac{n+2}{2(n+1)} = \frac{5}{8} = 0,625.$$

Тренировочный вариант ЕГЭ по физике. 2011 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, ЕГЭ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Автор-составитель М.Ю. Демидова <demidovaktv1@yandex.ru> (ФИПИ, МИОО, г. Москва) и др. – Ред.

Константы

Число π 3,14
 Ускорение свободного падения на Земле g 10 м/с^2
 Гравитац. постоянная G $6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
 Универс. газовая постоянная R ... $8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
 Постоянная Больцмана k $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
 Постоянная Авогадро N_A $6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
 Скорость света в вакууме c $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
 Коэффициент пропорциональности в законе

Кулона k $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$

Модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд) e $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
 Постоянная Планка h $6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

Температура: $0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$;
 Атомная единица массы: $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$;
 1 а. е. м. эквивалентна $931,5 \text{ МэВ}$;
 1 электронвольт: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Масса частиц

Электрон $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а. е. м.}$
 Протон $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а. е. м.}$
 Нейтрон $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

Плотность, кг/м^3		Подсолнечное масло	
Вода	1000		900
Древесина (сосна)	400	Алюминий	2700
		Железо	7800
Керосин	800	Ртуть	13 600

Удельная теплоёмкость, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Вода	$4,2 \cdot 10^3$	Алюминий	900
Лёд	$2,1 \cdot 10^3$	Медь	380
Железо	460	Чугун	500
Свинец	130		

Удельная теплота, Дж/кг

Парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$
Плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$
Плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$

Нормальные условия:

давление 10^5 Па , температура $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

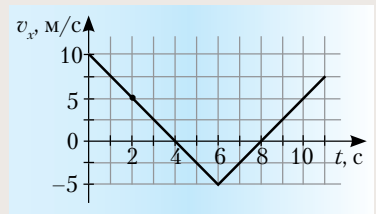
Молярная масса, кг/моль

Азот	$28 \cdot 10^{-3}$	Кислород	$32 \cdot 10^{-3}$
Аргон	$40 \cdot 10^{-3}$	Литий	$6 \cdot 10^{-3}$
Водород	$2 \cdot 10^{-3}$	Молибден	$96 \cdot 10^{-3}$
Воздух	$29 \cdot 10^{-3}$	Неон	$20 \cdot 10^{-3}$
Гелий	$4 \cdot 10^{-3}$	Углекислый газ	$44 \cdot 10^{-3}$

ЧАСТЬ 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Тело движется по оси x . По графику зависимости проекции скорости тела v_x от времени t установите, какой путь прошло тело за время от $t_1 = 0$ до $t_2 = 4 \text{ с}$.



- 1) 10 м; 2) 15 м; 3) 45 м; 4) 20 м.

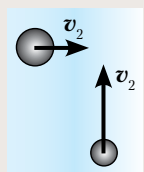
A2. Подковообразный магнит массой m поднесли к массивной стальной плите массой M . Сравните величину силы действия магнита на плиту F_1 с величиной силы действия плиты на магнит F_2 .

- 1) $F_1 > F_2$; 2) $F_1 < F_2$; 3) $F_1 = F_2$; 4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$.

A3. Пружина жёсткости $k = 10^4 \text{ Н/м}$ под действием силы 1000 Н растянется на:

- 1) 1 м; 2) 1 см; 3) 10 см; 4) 1 мм.

A4. Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно упругий?



- 1) \rightarrow ; 2) \swarrow ; 3) \nearrow ; 4) \uparrow .

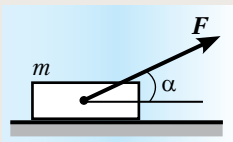
A5. Ящик тянут по земле за верёвку по горизонтальной окружности диаметром $D = 20 \text{ м}$ с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 3,0 \text{ кДж}$. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли?

- 1) 150 Н; 2) 48 Н; 3) 24 Н; 4) 0.

A6. Звуковой сигнал, отразившись от препятствия, вернулся обратно к источнику через 5 с после его испускания. Каково расстояние от источника до препятствия, если скорость звука в воздухе 340 м/с ?

- 1) 850 м; 2) 425 м; 3) 3400 м; 4) 1700 м.

A7. Массивный брусок движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 12$ Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{\text{тр}} = 2,8$ Н. Чему равна масса бруска?

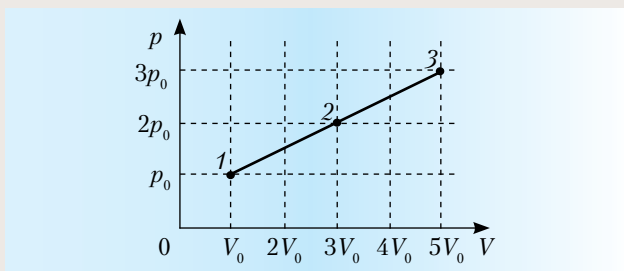


- 1) 1,4 кг; 2) 2,0 кг; 3) 2,4 кг; 4) 2,6 кг.

A8. В комнате в одном сосуде находится водород, а в другом – азот. Средние значения кинетической энергии поступательного теплового движения молекулы водорода и молекулы азота одинаковы, в том случае, если у этих газов одинаковы значения:

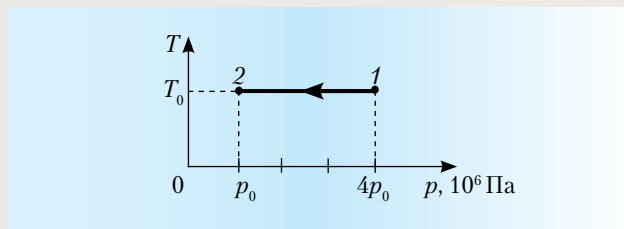
- 1) температуры; 2) объёма;
3) массы; 4) концентрации частиц.

A9. На рисунке показан график процесса, проведённого над 1 молем идеального газа. Найдите отношение температур T_2/T_1 .



- 1) 6; 2) 5; 3) 3; 4) 15.

A10. На T, p -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил количество теплоты 3 кДж. Работа, совершённая газом, равна:



- 1) 0 кДж; 2) 1 кДж; 3) 3 кДж; 4) 4 кДж.

A11. В процессе эксперимента внутренняя энергия газа увеличилась на 30 кДж, и он получил от нагревателя количество теплоты, равное 10 кДж. Следовательно, газ:

- 1) сжался, совершив работу 20 кДж;
2) сжался, совершив работу 40 кДж;
3) расширился, совершив работу 20 кДж;
4) расширился, совершив работу 40 кДж.

A12. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 20°C находится $1,12 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

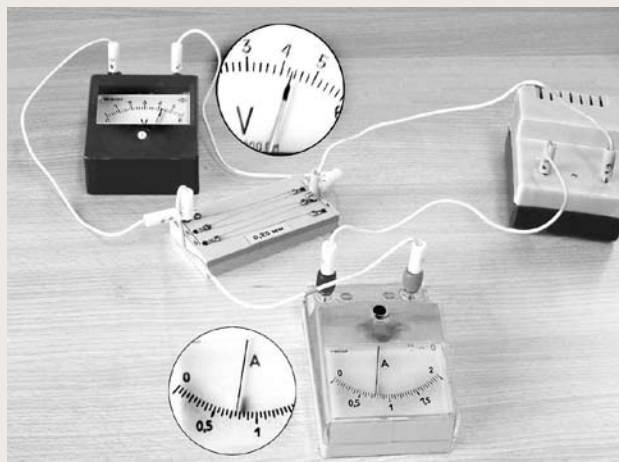
$t^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20
$\rho, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73
$t^\circ\text{C}$	21	22	23	24	25
$\rho, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) 100%; 2) 75%; 3) 65%; 4) 55%.

A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, а один из зарядов уменьшили в 3 раза. Сила электрического взаимодействия между ними:

- 1) не изменилась;
2) уменьшилась в 3 раза;
3) увеличилась в 3 раза;
4) уменьшилась в 27 раз.

A14. На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нём. Для того чтобы через резистор протекал ток силой 1 А, напряжение на нём должно быть равно:



- 1) 0,2 В; 2) 3,4 В; 3) 5,7 В; 4) 7,6 В.

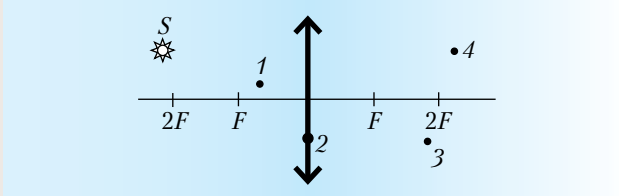
A15. Прямолинейный проводник длиной L с током I помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции B . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если силу тока уменьшить в 2 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 4 раза?

- 1) уменьшится в 4 раза;
2) уменьшится в 2 раза;
3) увеличится в 4 раза;
4) увеличится в 2 раза.

A16. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 3$ пФ и $C_2 = 4$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора период собственных колебаний контура T будет наименьшим?

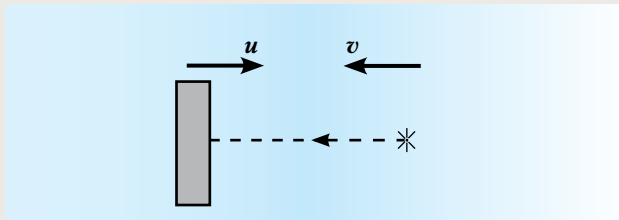
- 1) L_1 и C_1 ; 2) L_2 и C_2 ; 3) L_2 и C_1 ; 4) L_1 и C_2 .

A17. Изображением точки S , которое даёт тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием F (см. рисунок), является точка:



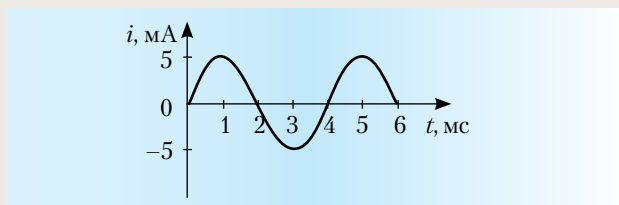
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

A18. В инерциальной системе отсчёта свет распространяется в вакууме со скоростью c . В этой системе отсчёта источник света движется со скоростью v , а зеркало – со скоростью u навстречу ему (см. рисунок). С какой скоростью в этой системе отсчёта распространяется свет, отражённый от зеркала?



- 1) $c - v$; 2) c ; 3) $c + v$; 4) $c + v + u$.

A19. На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединённых конденсатора и катушки, индуктивность которой равна 0,2 Гн. Максимальное значение энергии магнитного поля катушки равно:



- 1) $2,5 \cdot 10^{-6}$ Дж; 2) $5 \cdot 10^{-6}$ Дж;
3) $5 \cdot 10^{-4}$ Дж; 4) 10^{-3} Дж.

A20. Энергия фотона в первом пучке света в 2 раза больше энергии фотона во втором пучке. Отношение длины электромагнитной волны в

первом пучке света к длине волны во втором пучке равно:

- 1) 1; 2) 2; 3) $\sqrt{2}$; 4) $\frac{1}{2}$.

A21. Ядро атома содержит 16 нейтронов и 15 протонов, вокруг него обращаются 15 электронов. Эта система частиц представляет собой:

- 1) ион фосфора $^{31}_{15}\text{P}$; 2) ион серы $^{31}_{16}\text{S}$;
3) атом серы $^{31}_{16}\text{S}$; 4) атом фосфора $^{31}_{15}\text{P}$.

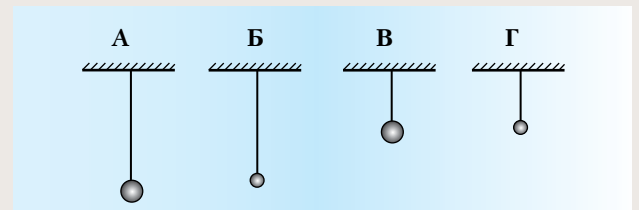
A22. Из какого ядра после одного α -распада и одного β -распада образуется ядро $^{211}_{83}\text{Bi}$?

- 1) $^{216}_{84}\text{Po}$; 2) $^{219}_{86}\text{Rh}$; 3) $^{211}_{80}\text{Hg}$; 4) $^{215}_{84}\text{Po}$.

A23. Детектор полностью поглощает падающий на него свет с длиной волны $\lambda = 400$ нм. Поглощаемая мощность $P = 1,1 \cdot 10^{-14}$ Вт. За какое время детектор поглотит $N = 4 \cdot 10^5$ фотонов?

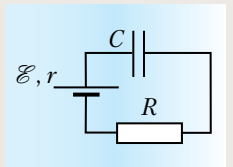
- 1) 96 с; 2) 32 с; 3) 18 с; 4) 18 мин.

A24. Грузы маятников – медные шарики. Какую пару маятников (см. рисунок) надо выбрать, чтобы экспериментально выяснить, зависит ли период малых колебаний математического маятника от длины нити?



- 1) А и Б; 2) А и В; 3) А и Г; 4) Б и В.

A25. Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором $R = 10$ кОм (см. рисунок). Результаты измерений напряжения между обкладками конденсатора представлены в таблице. Точность измерения напряжения $\Delta U = \pm 0,1$ В.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U, \text{В}$	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

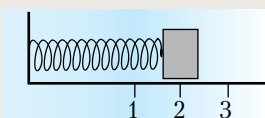
Оцените силу тока в цепи в момент $t = 2$ с. Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

- 1) 220 мкА; 2) 80 мкА; 3) 30 мкА; 4) 10 мкА.

ЧАСТЬ 2

Ответом к каждому из заданий **B1–B2** будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

B1. Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3.

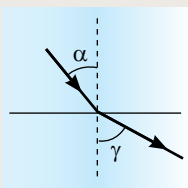


Как меняются кинетическая энергия груза маятника, скорость груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Скорость груза	Жёсткость пружины

B2. Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне, скоростью их распространения, длиной волны?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

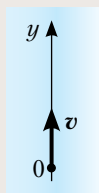
Частота	Скорость	Длина волны

B3. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и формулами, которыми они описываются (N – число частиц, p – давление, V – объём, T – абсолютная температура, Q – количество теплоты.) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ	ФОРМУЛЫ
А) Изобарный процесс при $N = \text{const}$.	1) $\frac{p}{T} = \text{const}$; 2) $pV = \text{const}$; 3) $\frac{V}{T} = \text{const}$; 4) $Q = 0$.
Б) Изотермический процесс при $N = \text{const}$.	

А	Б

B4. Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью v (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 – время полёта). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А)	1) координата шарика; 2) проекция скорости шарика; 3) проекция ускорения шарика; 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик.
Б)	

Критерии оценивания и ответы

Часть 1

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл. Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

Коды ответов

A1	4	A9	1	A17	3
A2	3	A10	3	A18	2
A3	3	A11	1	A19	1
A4	3	A12	3	A20	4
A5	2	A13	4	A21	4
A6	1	A14	3	A22	4
A7	2	A15	4	A23	3
A8	1	A16	1	A24	2
				A25	2

Часть 2

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях **B1–B4** правильно указана последовательность цифр. За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

Коды ответов: **B1** (223); **B2** (311); **B3** (32); **B4** (23).

Продолжение следует

3. Учебная теория механических колебаний

Школа профессора
В. Майера

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теория механических колебаний

Продолжение. См. № 20/2010

Проф. В.В. МАЙЕР
varaksina_ei@list.ru,
ФГОУ ГГПИ, г. Глазов,
Удмуртская Респ.

Основным недостатком изложения темы «Механические колебания» в школьных учебниках [1, 2]* является значительная оторванность сообщаемых в них теоретических сведений от доступного учащимся физического эксперимента. В результате у школьников отсутствуют умения, связанные с использованием основ метода научного познания в физике. Они испытывают значительные трудности при мысленном переходе от эксперимента к теории и наоборот. Уменьшается потребность в наблюдении и объяснении физических явлений повседневности. Снижается уровень понимания физики. Теряется интерес к физической науке и естественнонаучному познанию.

В этой статье кратко рассмотрен один из возможных вариантов учебной теории механических колебаний, построенный в соответствии с теоретическим циклом научного познания: *факты* → *модель* → *следствия* → *эксперимент*.

3.1. Экспериментальные и теоретические факты, относящиеся механическим колебаниям

Факты, которые используются для построения теоретической модели физического явления, делятся на две группы: 1) непосредственные результаты физического эксперимента; 2) следствия физических и математических теорий. Рассмотрим факты, лежащие в основании учебной теории механических колебаний.

Экспериментальные факты. Существуют механические движения, повторяющиеся или почти повторяющиеся, их называют *колебаниями*. Например, колебания нитяного маятника начинаются при выведении его из положения равновесия и затем продолжают без внешних воздействий. Движение груза происходит периодически возле положения равновесия, плавно, через равные промежутки

времени замедляясь и ускоряясь. Маятник на мгновение останавливается в крайних точках и проходит точку равновесия с наибольшей скоростью.

Теоретические факты. Можно считать, что движение маятника описывается периодической функцией $f(t)$, аргументом которой является время t . Если T – период этой функции, то, по определению,

$$f(t + T) = f(t) \quad (1)$$

при любом значении t . Зависимость смещения маятника от времени напоминает известную из математики гармоническую функцию, также периодическую, плавную, модуль которой медленно меняется при максимальных значениях и быстро при минимальных.

3.3. Теоретическая модель механических колебаний

На основе фактов, полученных при непосредственных наблюдениях, построим теоретическую модель явления. Она должна состоять из двух компонентов: физической модели, представляющей собой идеализацию реального явления, и математической модели, которая содержит уравнения, описывающие идеальную физическую модель.

Физическая модель. Для простоты тело маятника заменим материальной точкой массой m и будем считать, что колебания происходят по прямой вдоль оси x , начало которой O совпадает с положением равновесия маятника (рис. 3.1). Говоря о силах, скоростях и ускорениях, будем подразумевать их проекции на ось X .

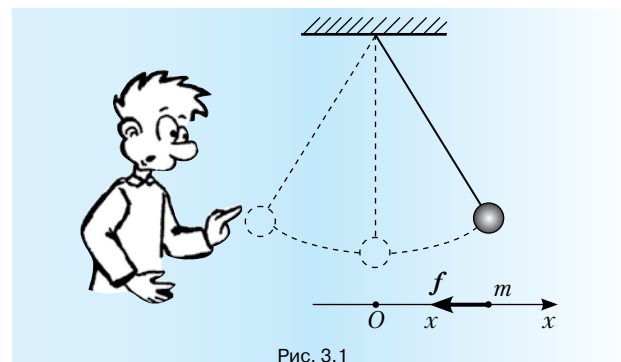


Рис. 3.1

Чтобы выведенное из положения равновесия тело стремилось к этому положению, на тело должна действовать *возвращающая сила* f , направленная к поло-

* Лекция 2 «Механические колебания» в школьном учебнике, посвящённая критике учебника «Физика-11» Г.Я. Мякишева, Г.Г. Буховцева (12-е изд. М.: Просвещение, 2004. 336 с.) размещена на диске к № 4/2011. – Ред.

жению равновесия. Наблюдения показывают, что эта сила должна быть тем больше, чем больше *смещение* x из положения равновесия. Наиболее простое предположение относительно возвращающей силы заключается в том, что она пропорциональна смещению:

$$f = -kx. \quad (2)$$

Знак «минус» в этой формуле означает, что векторы перемещения и силы направлены в противоположные стороны. Такая сила похожа на упругую, поэтому называется *квазиупругой*, совершаемая ею работа равна

$$A = \frac{kx^2}{2}. \quad (3)$$

Математическая модель. Для её построения нужно записать уравнение движения маятника и найти его решение.

3.3.1. Уравнение механических колебаний. Согласно второму закону Ньютона, произведение массы тела на его ускорение равно действующей на тело силе $ma = f$. Так как, по определению, ускоре-

рение $a = \frac{d^2x}{dt^2} = x''$ и квазиупругая возвращающая

сила $f = -kx$ (2), то второй закон Ньютона представляет собой *уравнение движения*:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \quad \text{или} \quad mx'' + kx = 0. \quad (4)$$

3.3.2. Гармонические колебания. Вспоминая факты, предположим, что колебания, описываемые уравнением (4), происходят по гармоническому закону, то есть смещение x маятника изменяется со временем t в соответствии с выражением

$$x = X \sin(\omega t + \varphi), \quad (5)$$

где X – *амплитуда*, $\psi = \omega t + \varphi$ – *фаза*, ω – *круговая* или *циклическая частота*, t – текущее время, φ – *начальная фаза*.

Гармоническая функция (5), график которой изображён на рис. 3.2, периодична, её наименьший *фазный период* равен 2π . Это значит, что если к её аргументу (или к фазе ψ) прибавить эту величину, то значение функции не изменится. Но аргументом гармонической функции (5) является также время t . Поэтому согласно (1) наименьший *временной период*, или *период колебания* T , определяется условием $\omega(t + T) + \varphi = (\omega t + \varphi) + 2\pi$, откуда $\omega T = 2\pi$, следовательно

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu, \quad (6)$$

где ν – *частота* колебания.

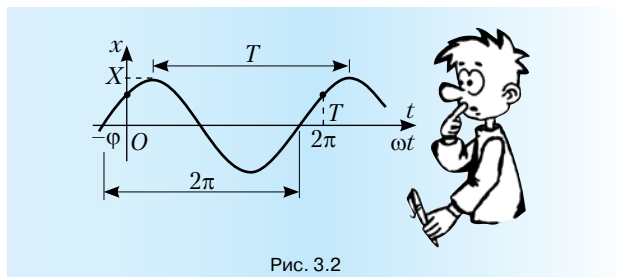


Рис. 3.2

3.3.3. Решение уравнения механических колеба-

ний. Скорость тела $v = \frac{dx}{dt} = x'$, поэтому при гармонических колебаниях из формулы (5):

$$v = x' = \omega X \cos(\omega t + \varphi).$$

Ускорение тела $a = \frac{d^2x}{dt^2} = x''$, поэтому при гармо-

нических колебаниях из предыдущей формулы с учётом (5):

$$a = x'' = -\omega^2 X \sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x.$$

Подставляя это выражение в уравнение (4), получаем $-m\omega^2 x + kx = 0$, откуда и из формулы (6):

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{и} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (7)$$

Таким образом, функция (5) действительно является решением дифференциального уравнения (4), так как её подстановка превращает уравнение (4) в тождество, если значение ω даётся выражением (7).

3.3.4. Энергия гармонических колебаний. Полная энергия колеблющегося тела в любой момент равна сумме его потенциальной и кинетической энергий, что с учётом выражения (3) даёт:

$$W = W_{\text{п}} + W_{\text{к}} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (8)$$

Отсюда следует, что при гармонических колебаниях полная энергия равна максимальным значениям потенциальной и кинетической энергии тела:

$$W = \frac{kX^2}{2} = \frac{mV^2}{2}. \quad (9)$$

3.3.5. Векторное представление гармонического колебания. Построим вектор \mathbf{X} , модуль которого равен амплитуде колебания X (5) так, чтобы он был направлен под углом φ к горизонтальной оси (рис. 3.3). Будем вращать этот вектор вокруг его начала O с постоянной угловой скоростью ω против часовой стрелки. Проекция вращающегося вектора на вертикальную ось x выражается соотношением

$x = X \sin(\omega t + \varphi)$, которое совпадает с функцией (5). Если по оси абсцисс откладывать не t , а ωt , то график функции (5) будет иметь вид, показанный на рис. 3.3 справа. Таким образом, гармоническое колебание может быть представлено в тригонометрическом, графическом и векторном виде. Все эти представления совершенно равноправны, в каждом конкретном случае используется то из них, которое наиболее удобно.

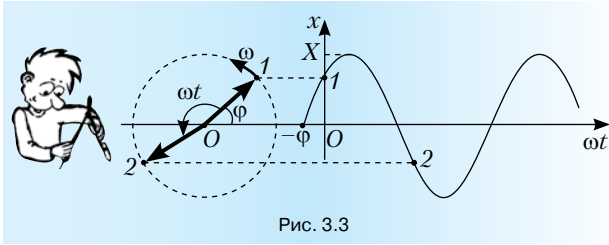


Рис. 3.3

3.3.6. Сложение гармонических колебаний одинаковых частот. Пусть требуется сложить два гармонических колебания одинаковой частоты, но разных амплитуд и фаз: $x_1 = X_1 \sin \omega t$ и $x_2 = X_2 \sin(\omega t + \Delta\varphi)$, где $\Delta\varphi$ – разность фаз колебаний. Очевидно, результирующее колебание также должно быть гармоническим и иметь ту же частоту, что и складываемые колебания: $x = x_1 + x_2 = X \sin(\omega t + \varphi)$.

Во многих случаях начальная фаза φ результирующего колебания не представляет интереса. Для нахождения его амплитуды X воспользуемся *методом векторных диаграмм*. Произвольно нарисуем вектор X_1 для первого колебания и из его конца – повернутый относительно него на угол $\Delta\varphi$ вектор X_2 , изображающий второе колебание (рис. 3.4). Тогда результирующее колебание будет изображаться вектором X , проведённым из начала первого в конец второго вектора. Квадрат модуля результирующего вектора найдём по теореме косинусов:

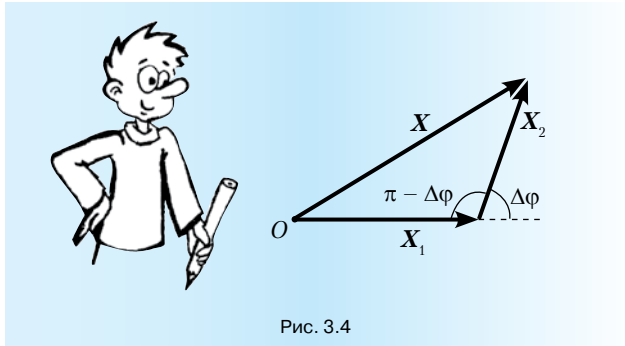


Рис. 3.4

$$X^2 = X_1^2 + X_2^2 + 2X_1X_2 \cos \Delta\varphi . \quad (10)$$

Извлекая из этого выражения корень, получим значение амплитуды результирующего колебания.

3.3.7. Энергия суммы гармонических колебаний. Из формулы (9) следует, что полная энергия

гармонического колебания пропорциональна квадрату амплитуды его смещения. Тогда согласно выражению (10) энергия суммы двух гармонических колебаний выражается соотношением

$$W = W_1 + W_2 + 2\sqrt{W_1W_2} \cos \Delta\varphi . \quad (11)$$

Из полученной формулы следует, что энергия результирующего колебания зависит от разности фаз между складываемыми колебаниями: она максимальна, если разность фаз $\Delta\varphi = 0$, и минимальна, если $\Delta\varphi = \pi$.

3.3. Следствия теоретической модели механических колебаний

Нам на каждом шагу встречаются разнообразные колебательные системы. Подвешенный на проволоочной цилиндрической пружине груз будем называть *пружинным маятником*. Груз, расположенный на одном конце гибкой упругой полоски, второй конец которой закреплён, назовём *изгибным маятником*. Груз, висящий на тонкой практически нерастяжимой нити, представляет собой *нитяной маятник*. Груз, закреплённый на твёрдом стержне, имеющем ось вращения, назовём *физическим маятником*. Наконец, имеет смысл включить в перечень и *маятник на растяжимой нити*. Выясним, как построенная выше теоретическая модель колебательного движения описывает колебания этих маятников.

3.3.1. Пружинный маятник (рис. 3.5).

На свободно висящую цилиндрическую пружину пренебрежимо малой массы подвесим груз массой m . Пружина растянется на величину l , определяемую условием, что по модулю сила упругости f равна силе тяжести mg . По закону Гука, имеем:

$$f = kl = mg.$$

Отсюда $k = \frac{mg}{l}$ и,

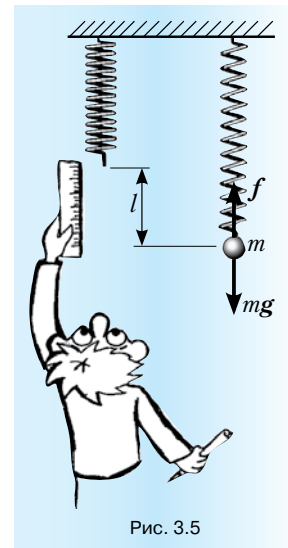


Рис. 3.5

согласно формуле (7), период колебаний пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} . \quad (12)$$

3.3.3. Изгибный маятник (рис. 3.6) представляет собой упругую полоску, один конец которой закреплён неподвижно, а на другом конце полоски

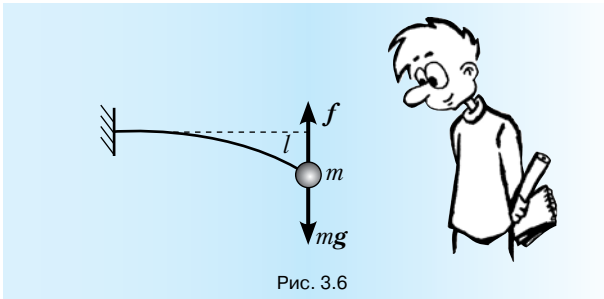


Рис. 3.6

находится груз массой m . Сила тяжести mg , действующая на груз, вызывает смещение его вниз на величину l относительно положения конца недеформированной полоски. При этом для модуля силы упругости, по закону Гука, справедливо равенство $f = kl = mg$. Ситуация в принципе ничем не отличается от рассмотренной выше, поэтому для изгибного маятника, как и для пружинного, справедлива формула (12).

3.3.3. Нитяной маятник (рис. 3.7). Колебания тела происходят по дуге окружности. Ограничиваясь малыми амплитудами, дугу можно заменить отрезком прямой. Направим по этому отрезку ось X и совместим начало координат O с положением равновесия маятника.

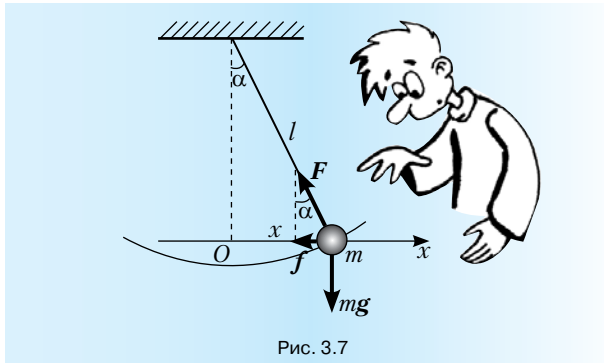


Рис. 3.7

При малых углах α сила натяжения нити маятника F по модулю *приближённо* равна силе тяжести mg и справедливы *приближённые* соотношения:

$$\sin \alpha \approx \alpha = \frac{x}{l}.$$

Поэтому для возвращающей силы f , направленной вдоль оси X к положению равновесия O маятника, получаем:

$$f = -F\alpha = -mg\frac{x}{l}.$$

Сравнивая это выражение с формулой (2), для нитяного маятника вновь имеем $f = -kx$, где $k = \frac{mg}{l}$.

Подставляя это значение в формулу (7), ещё раз получаем формулу (12), которая справедлива в приближении малых колебаний нитяного маятника.

4. Маятник на растяжимой нити (рис. 3.8). Пусть нить маятника начальной длиной l_0 растягивается так, что возникающая сила упругости пропорциональна длине нити $F = kl$. При отклонении маятника по горизонтали на угол α имеем:

$$F' = kl' = k \frac{l}{\cos \alpha}.$$

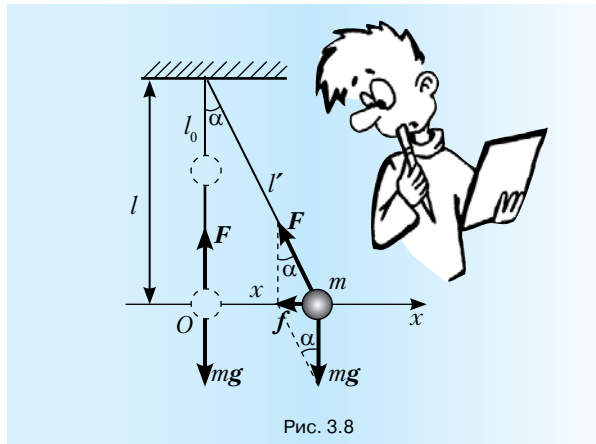


Рис. 3.8

Так как $\cos \alpha = \frac{mg}{F}$, то из предыдущей формулы

получаем $mg = kl$, откуда вновь $k = \frac{mg}{l}$ и, с учётом

формулы (7), снова приходим к формуле (12), но теперь уже не приближённой, как в предыдущем случае, а в рамках выполнимости условий задачи точной.

Таким образом, период и частота собственных колебаний всех рассмотренных маятников выражается одной и той же формулой (12). Это неожиданное следствие построенной теоретической модели нуждается в экспериментальной проверке.

3.4. Эксперимент, подтверждающий следствия теоретической модели механических колебаний

Чтобы обосновать теоретическую модель, экспериментом нужно подтвердить все следствия теории. Фактически нужно на опыте показать, что для нитяного, пружинного и изгибного маятников, а также для маятника на растяжимой нити, выполняется соотношение (12). Это будет означать, что построенная теоретическая модель в области своей применимости соответствует действительности. Перечислим идеи учебных опытов, которые могут подтвердить следствия учебной теории.

Опыт 1. Пружинный маятник. На штативе за верхний конец закрепим цилиндрическую пружину и к нижнему концу её подвесим груз. Измерим величину l , на которую растянулась пружина. Оттянем груз вниз и отпустим. Секундомером измерим период колебаний. Подставим результаты измере-

ний в формулу (12). Тогда с учётом погрешностей эта формула должна превратиться в тождество.

Опыт 3. Изгибный маятник. В лапке штатива закрепим конец тонкой упругой линейки так, чтобы она была расположена горизонтально. На втором конце линейки расположим груз и измерим величину l , на которую отклонился этот конец. По формуле (12) вычислим период колебаний, приведём маятник в колебательное движение и секундомером измерим период колебаний. При этом экспериментальный результат должен в пределах погрешности совпасть с теоретическим.

Опыт 3. Нитяной маятник. Измерив длину l маятника, по формуле (12) вычислим период его колебаний. Измерим период колебаний этого маятника в эксперименте. Теоретическое и экспериментальное значения должны оказаться равными.

Опыт 4. Маятник на растяжимой нити. На резиновой нити подвесим груз определённой массы. Оттянем его в сторону строго по горизонтали и отпустим. Будем изменять массу груза до тех пор, пока получившийся маятник на растяжимой нити не станет колебаться по горизонтальной прямой. Измерив длину l растянутой нити этого маятника и период T его колебаний, подтвердим, что они соответствуют формуле (12).

3.5. Прямая экспериментальная проверка теории механических колебаний

Поскольку теория механических колебаний достаточно проста, она допускает непосредственную экспериментальную проверку. Для этого нужно снять в эксперименте зависимость смещения маятника от времени и показать, что эта зависимость выражается гармонической функцией. Рассмотрим идеи возможных экспериментов.

Опыт 5. Осциллограмма колебаний маятника. На конце физического маятника закрепим капельницу и приведём маятник в колебательное движение. Под капельницей равномерно в направлении, перпендикулярном колебаниям, будем перемещать лист пластика. Тогда капли на нём должны обозначить кривую, очень похожую на синусоиду.

Опыт 6. Гармоничность колебаний маятника. Снабдим маятник датчиком координаты и запишем зависимость координаты колеблющегося маятника от времени в память компьютера. Обрабатываем данные эксперимента программно так, чтобы на экране монитора получился график исследуемой зависимости. Выведем на экран график гармонической функции. Будем менять амплитуду, частоту и начальную фазу этой функции, стараясь совместить её график с осциллограммой колебаний. Как только это получится, можно сделать вывод о том, что в пределах ошибок опыта коле-

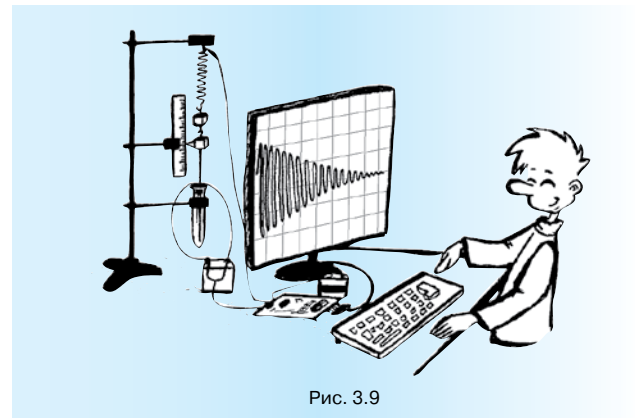


Рис. 3.9

бания следует считать гармоническими с амплитудой, частотой и начальной фазой, определёнными компьютером.

Опыт 7. Сложение колебаний. На одинаковых маятниках укрепим зеркала. Расположим маятники параллельно друг другу и направим на одно из зеркал пучок света так, чтобы после отражения от второго зеркала он попал на экран. Приведём маятники в колебательное движение и исследуем зависимость суммы колебаний от их разности фаз. При этом ожидается подтверждение формулы (10).

Таким образом, учебный эксперимент, поставленный в соответствии с изложенными идеями, должен непосредственно подтвердить простейшую теоретическую модель колебательного движения.

3.6. Новые экспериментальные факты, относящиеся к механическим колебаниям

Изложенная выше учебная теория построена для свободных колебаний маятников. Однако на опыте наблюдаются имеющие важное значение вынужденные и связанные колебания.

Опыт 8. Вынужденные колебания. На любой из маятников будем воздействовать периодической силой. При этом маятник станет совершать вынужденные колебания, частота которых равна частоте вынуждающей силы.

Опыт 9. Резонанс. Будем изменять частоту вынуждающей силы. Это приведёт к тому, что амплитуда вынужденных колебаний будет изменяться. При совпадении частоты вынуждающей силы с частотой собственных колебаний маятника должен наблюдаться резонанс – амплитуда вынужденных колебаний должна достигнуть максимума.

Опыт 10. Применение резонанса для измерения частоты. Построим колебательную систему из связанных маятников, собственные частоты которых монотонно возрастают. Будем воздействовать на систему периодической силой. При этом маятники станут колебаться с разной амплитудой. Частота вынужденных колебаний того маятника, который колеблется с наибольшей амплитудой, должна быть равна частоте вынуждающей силы.

Опыт 11. Резонансное демпфирование. На массивном маятнике, совершающем резонансные колебания, закрепим небольшой маятник, частоту которого можно изменять. Подберём частоту демпфирующего маятника так, чтобы она стала равна резонансной. При этом демпфирующий маятник должен колебаться с большой амплитудой, а основной маятник стать практически неподвижным.

Опыт 13. Связанные колебания. Два одинаковых маятника свяжем между собой, например, посредством магнитного поля. Выведем один из маятников из положения равновесия и отпустим. При этом маятники должны начать поочередно колебаться, обмениваясь энергией.

Опыт 13. Механическая волна. Посредством магнитного поля свяжем между собой четыре маятника. Выведем один из крайних маятников из положения равновесия. При этом по системе должна побежать волна.

Элементарная теория вынужденных и связанных колебаний выходит за рамки школьного курса физики, поэтому изучение указанных явлений следует проводить на уровне экспериментальных фактов и правдоподобных гипотез.

3.7. Заключение

В изложенной здесь учебной теории всего 12 формул, что в два раза меньше, чем в учебниках [1, 2], причём три из них уже встречались учащимся. Однако дополнительно к материалу этих учебников в теории рассмотрены такие важные вопросы, как векторное представление, сложение и энергия суммы гармонических колебаний. Учебный эксперимент, подтверждающий учебную теорию, содержит идеи 13 опытов. Предполагается, что по крайней мере половина из этих опытов вызовет неподдельный интерес учащихся.

Однако всё это только начало работы. Теперь нужно исследовать возможность создания доступных для школы вариантов учебных опытов и построения методики, позволяющей в реальных условиях средней школы действительно изучить механические колебания. Результатом этого исследования должны стать конкретные модели школьных уроков.

Литература

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / 12-е изд. М.: Просвещение, 2004. 336 с.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений; базовый и профил. уровни / Под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. 17-е изд., переработ. и доп. М.: Просвещение, 2008. 399 с.
3. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 1. Механика, теплота / Под ред. А.А. Покровского. М.: Просвещение, 1971. 366 с.
4. Хорошавин С.А. Демонстрационный эксперимент по физике в школах и классах с углублённым изучением предмета. Механика. Молекулярная физика. М.: Просвещение, 1994. 368 с.

Весёлые рисунки сделаны И.Н. Наговицкой



30.01.2011

Марина Владимировна

Земцова – физик по призванию, по велению ума и сердца. В 1984 г. окончила Пензенский ГПИ по специальности «Учитель физики и математики». Сегодня она учитель высшей квалификационной категории с педагогическим стажем 27 лет, из них 20 лет преподаёт в МОУ СОШ № 8 г. Кузнецка Пензенской области. Все уроки Марины Владимировны необычайно интересны, она умеет заинтриговать самыми простыми явлениями, которые нас окружают ежедневно. Она – царица формул и повелительница СИ. Но было бы ошибочно считать, что мир в её понятии – лишь система законов, логически выстроенных цепочек превращений. Марина Владимировна любит природу, животных, у неё большая коллекция цветов. И конечно, педагог очень любит детей. Воспитала двоих сыновей, щедро дарит любовь своим ученикам. Любимые Мариной Владимировной нетрадиционные формы проведения уроков помогают детям постигать физические законы с улыбкой, в игре, через творчество. Редкий урок проходит без презентаций, видеофильмов, выхода в Интернет. Побывав на её уроках, понимаешь: не бывает трудных дисциплин, надо лишь увлечь ребёнка, и тогда он свернёт горы.

*От души поздравляем
Марину Владимировну
с юбилеем!
Вы – блестящий
учитель, у Вас
прекрасные ученики!*

Родом из Симбирска...

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Н.А. Умов, физика, Московский университет, школьное образование

К 165-летию со дня рождения Н.А. Умова

М.А. БРАЖНИКОВ
birze@inbox.ru,
гимн. № 625, г. Москва

*Обыкновенно люди – только живут;
высшая культура состоит в том,
что люди не только живут,
но и оправдывают свою жизнь.*
Н.А. Умов [1]

I. Несколько слов о биографии

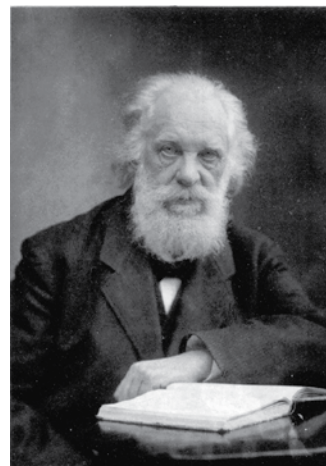
Николай Алексеевич Умов родился 5 февраля в Симбирске. Отец, Алексей Павлович, был врачом-натуралистом, то есть помимо медицины увлекался естествознанием в целом (его коллекция бабочек, например, насчитывала более 10 тысяч экспонатов (!), включая и открытый им вид *Prophilia umovi* [2]).

Начальное образование Н.А. Умов получил дома и своим интересом к естественным наукам обязан отцу. Любопытно, что с целью развития инициативы, или как тогда писали в руководствах по педагогике, «самодеятельности учащихся», Алексей Павлович организовал среди сверстников своих двух сыновей «естественно-историческое общество», члены которого делали доклады [2].

Для продолжения образования детей семья переехала в Москву, где Н. Умов поступил в Первую московскую гимназию, которую окончил с золотой медалью в 1863 г. и в семнадцать лет поступил на физико-математический факультет Московского университета. По его окончании в 1867 г. несколько лет преподавал физику в московских учебных заведениях, а с 1871 г., будучи избранным и. о. доцента Новороссийского университета, переехал в Одессу, где и прослужил до 1893 г.

В Новороссийском университете Умов занимался прежде всего вопросами теоретической и математической физики, в частности, вопросами локализации и движения энергии, позже развитые английским физиком Пойнтингом (понятие *вектора Умова–Пойнтинга* прочно вошло в современные вузовские учебники). Большую роль в формировании общенаучных интересов сыграла дружба с выдающимися учёными, работавшими в Новороссийском университете, И.М. Сеченовым и И.И. Мечниковым. Н.А. Умов особо рассматривал роль и применимость II начала термодинамики к возникновению жизни и эволюции живой материи. Занимаясь с середины 80-х гг. вопросами диффузии, он обратился к экспериментальным исследованиям. При этом он

применил приём, использовавшийся также Кельвином («Теория теплоты» Дж. Максвелла, в котором метод описан, вышел в русском переводе лишь в 1888 г. – М.Б.) [3]. Приём этот представляет собой удачный пример для «школьной» физики. В его основу положено «безразличное» плавание тела в жидкости, условием которого является равенство средней плотности тела местной плотности



Н.А. Умов (1846–1915)

жидкости. В качестве пробных тел использовались стеклянные полые шарики с каплей ртути внутри, имевшие разную среднюю плотность за счёт разного количества ртути. В цилиндрический широкий сосуд *AA* наливалась вода *BB*, затем осторожно при помощи пипетки подводился на дно раствор поваренной соли *SS* так, что граница раствора и воды ясно была видна. Перед введением раствора в воду помещались шарики, имевшие разную среднюю плотность, большую чем у воды, но меньшую, чем у концентрированного раствора соли, так что в начале опыта они располагались на границе раздела жидкостей. По мере диффузии соли более тяжёлые шарики опускались вниз, более лёгкие всплывали – по распределению шариков в объёме можно было в любой момент времени судить о распределении плотности, а значит и о концентрации. На данный приём как на метод Умова ссылается Д.И. Менделеев в своих «Основах химии». Умов использовал этот метод и для демонстрации на лекции, используя в качестве соли медный купорос, причём перемещение шариков происходило на глазах студентов изо дня в день в течение нескольких месяцев (!) [2].

Возвратившись в 1893 г. в Московский университет на кафедру физики Н.А. Умов после смерти А.Г. Столетова в 1896 г.

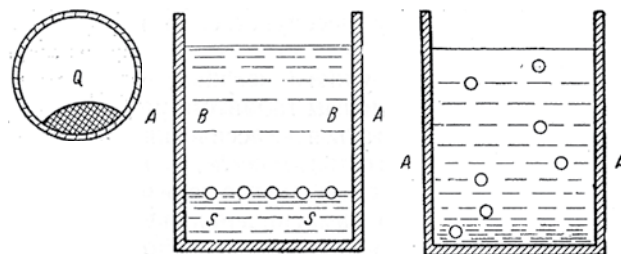


Схема опыта по изучению диффузии: стеклянный шарик с каплей ртути известной средней плотности (слева) и расположение шариков в начале и в середине опыта [2]



Печатается в сокращении. Полный текст см. на диске к № 4. – *Ред.*

становится заведующим Физическим кабинетом Университета. Он проявил себя и как блестящий лектор, и как талантливый организатор. Выходит курс его лекций, который он читает студентам медицинского факультета и через пять лет издаёт как двухтомный учебник физики.

Можно выделить три направления исследований в области физики, в которых Николай Алексеевич достиг существенных результатов [4]: ● работы по земному магнетизму (1893–1904) ● спектрополярископические исследования (1905–1914) ● работы по теории относительности (1910–1912). Следует отметить, что из русских физиков «старшего поколения» Н.А. Умов оказался наиболее восприимчивым к нарождавшейся физике XX в. По воспоминаниям проф. Э.В. Шпольского: «Н.А. сложился как учёный в эпоху расцвета классической физики. Новые теории, потребовавшие радикальной ломки установившихся представлений, появились в конце его жизни. В немолодом возрасте такая ломка, как известно, психологически очень трудна. Но Н.А. понял великое значение новых теорий и старался сделать свой вклад в их уразумение» [5]. В 1911 г. Н.А. Умов выступил на II Менделеевском съезде с речью «Характерные черты и задачи современной естественно-научной мысли», в которой, в частности, коснулся теории квантов и теории относительности:

● ...нужно предположить, как это сделал Планк, что задача материей энергии в пространство совершается отдельными порциями, отдельными элементами, как бы взрывами. Такой взрывчатый характер согласуется с некоторыми деталями фотоэлектрических явлений и излучения радиоактивных веществ. Количество энергии, входящее в одну порцию, пропорционально некоторой универсальной постоянной и частоте тех колебаний, которым она соответствует. Поэтому материя расточительна для энергии быстрых колебаний и скопидомка для энергии медленных колебаний. Сохраняется ли эта раздробленность энергии в пустоте, или же здесь она бежит волною? Существуют ли атомы энергии? Затруднение является в объяснении отражения и преломления на границе раздела двух сред. Придётся ли вернуться к взглядам Ньютона и приписать этим атомам стороны легчайшего отражения и легчайшего прониновения? [1, с. 405–406].

● ...Мы вступаем на вершину современной физики: её занимает принцип относительности, выражение которого настолько просто, что сразу не усматривается его первоначальное значение. Он гласит, что законы явлений в системе тел для наблюдателя, с нею связанного, представляются одинаковыми, будет ли система оставаться в покое или двигаться равномерно и прямолинейно. Отсюда следует, что наблюдатель помощью явлений, происходящих в системе тел, с которыми он связан, не может обнаружить, имеет ли система равномерное и прямолинейное движение, или не имеет. <...> Принцип относительности включает с себя и наблюдающий интеллект, что представляет обстоятельство чрезвычайной важности. Интеллект связан со сложным физическим инструментом – нервной системой. Этот принцип даёт поэтому указания относи-

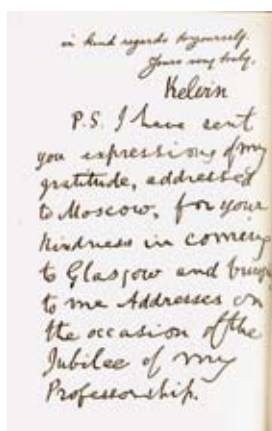
тельно совершающегося в движущихся телах не только по отношению к явлениям физическим и химическим, но и по отношению к явлениям жизни, следовательно, и психике человека [1, с. 407–408].

Со вниманием относился Н.А. Умов и к новым течениям философии науки. Так, в 1903 г. он написал предисловие к книге А. Пуанкаре «Наука и гипотеза»:

● ...сущность вещей для нас недостижима <...> мы можем строить образы или воспроизводить отвлечённые подобия – модели соотношений между явлениями природы. Эти модели представляют или счастливое сочетание фигур и движений, нисходя даже до употребления растяжимых и нерастяжимых нитей, волчков и т. п., говорящих чувствам и воображению, но не имеющих претензии представлять отражение реальных явлений, а только имитацию открытых в них соотношений. Или же эти модели представляют ряд условных символов, связанных математическими соотношениями, ничего не говорящих нашему чувству и воображению, но дающих возможность путём математического развития прийти к новым соотношениям между символами, соответствующих реальным вещам. <...> Лорд Кельвин говорит: “Мне кажется, что истинный смысл вопроса, понимаем мы или не понимаем физическое явление, сводится к следующему: можем ли мы построить соответствующую механическую модель? Я остаюсь неудовлетворённым, пока не построю такой модели; если я смогу её сделать, я пойму; в противном случае я не понимаю”. Из слов Гельмгольца: “Английские физики – лорд Кельвин, формулируя свою теорию вихревых атомов, и Максвелл, создавая систему клеток, содержимое которых охвачено вихревым движением, ту гипотезу, которая служит основанием его попытки объяснения электромагнетизма, – очевидно, находят в подобного рода объяснениях гораздо большее удовлетворение, чем в изображении явлений системой дифференциальных уравнений физики; что касается меня, я должен сознаться, что я предпочитаю последний способ изображения и что я в нем более уверен, чем во всяком другом; но я не могу выставить никакого принципиального возражения против метода, которой придерживаются такие великие физики” [1, с. 247–248].

Умов как бы подчеркивает существование двух типов моделей: механической и математической для адекватного отображения явлений природы. По понятным соображениям, мы в школе в основном излагаем именно механические модели: идеального и электронного газов, электронно-дырочной проводимости, планетарную модель атома и так далее. Не говоря сегодня, что сущность вещей не познаваема, следует иметь в виду, что рассматриваемые модели суть, прежде всего, модели.

Имя Н.А. Умова наряду с именами А.Г. Столетова и П.Н. Лебедева, получило международное признание. Именно Н.А. Умов от лица Московского Университета (и единственный из России) принял участие в чествовании лорда Кельвина по случаю его полувековой научной деятельности.



Фрагмент записки У. Кельвина Н.А. Умову и часть общей фотографии с юбилея научной деятельности лорда Кельвина. Слева – леди и лорд Кельвины, в первом ряду второй справа Н.А. Умов в докторской мантии Университета Глазго [1]

II. Педагогическая деятельность

Блестящий лектор и популяризатор науки, член и председатель многих обществ, Н.А. Умов был лидером не только московской школы физиков, но и московских педагогов-преподавателей физики, «учитель учителей физики» [6, с. 98]. Пожалуй в этих областях в России не было столь масштабной фигуры: и опыт работы в гимназии, и сорокалетний стаж чтения лекций в университете, и крупный физик своего времени, да и ещё «стойкий твёрдый человек, никогда не поступавшим против своей совести» [2]. Последнее привело к тому, что после сорока лет (1911 г.) преподавания Николай Алексеевич вынужден был уйти из Московского университета в знак протеста против реформ тогдашнего министра народного просвещения. Это был шаг, на который оказались тогда способны более ста профессоров и приват-доцентов, цвет русской науки, имена более половины которых на слуху и сегодня (см. фото).

Трудно сказать, что для Умова послужило толчком к занятию вопросами школьного образования. Возможно, это было веяние времени. Ещё будучи студентом, Н. Умов входил в студенческий «Клуб самообразования», где активно обсуждался вопрос «широкой постановки народного образования» [5]. Возможно, под влиянием идей этого кружка Николай Алексеевич в 1868–1871 гг. преподавал во 2-й московской женской гимназии и на Лубяньских женских курсах.

Изменения в преподавании физики в средней школе стали логическим продолжением преобразований в Московском университете. С приходом туда в 1854 г. Н.А. Любимова был поднят на должную высоту демонстрационный эксперимент, а также заметно обновлен, улучшен и расширен физический кабинет [1, с. 129], которым позже заведовали и А.Г. Столетов, и Н.А. Умов. В 70-е гг. А.Г. Столетов организовал физическую лабораторию в Университете, а Устав университетов 1884 г. предписывал обязательность выполнения студентами практических лабораторных работ [2].

Трудами А.Г. Столетова, Н.А. Умова, П.Н. Лебедева преподавание физики стало носить научный и экспериментальный характер.

В конце позапрошлого века начинается реформа школьного преподавания физики. В мае 1898 г. министерство народного просвещения направляет попечителю Московского учебного округа циркуляр «О мерах к лучшей постановке преподавания физики в мужских гимназиях» [7]. Говоря современным языком, предлагаемые министерством меры касались: ● улучшения уровня подготовки преподавателей физики в гимназиях ● обустройства кабинетов физики, обновления их приборного парка, обслуживания приборов ● финансирования предлагаемых мер. В циркуляре прямо указывалось: «<...> предложить директорам средних учебных заведений требовать от преподавателей физики производства опытов учениками». В рамках этого документа была создана комиссия под председательством Н.А. Умова (секретарём был избран П.Н. Лебедев), которая существенно расширила рамки циркуляра. Подготовленные комиссией материалы включали: ● мнение о подготовке преподавателей физики для мужских гимназий ● мнение о преподавании физики ● программу физики классических гимназий (проект) ● мнение о преподавании химии ● программу химических сведений и демонстраций для классических гимназий (проект) ● список демонстраций, обязательных при преподавании физики в гимназиях ● объяснительную записку к программам физики и химии ● список приборов, необходимых для обязательных демонстраций по физике и химии в гимназиях.

Любопытно, что уже на первых заседаниях был составлен список обязательных классных демонстраций (53), который был более чем удвоен к концу работы комиссии. Значительное число из тех 125 демонстраций мы и сегодня делаем на уроках!

Например, из опытов по теплоте: «... ● 49. Термическое расширение – шарик Гравезанда ● 50. Расширение жидкости в колбе, снабженной трубкой | импровизированный ди-

латометръ | ● 51. Расширение газовъ | увеличение давления |, | импровизованный воздушный термометръ | ● 52. Параллельное опредѣленіе способомъ смѣшенія теплоемкости двухъ разныхъ металловъ | свинца и алюминія |, нагрѣтыхъ въ одной ваннѣ и опущенныхъ въ разные стаканы съ водой | калориметры | ● 53. Опредѣленіе способомъ смѣшенія скрытой теплоты таянія льда. Охлаждающая смѣсь изъ соли и снѣга.»

Или из опытов по электричеству и магнетизму:
 ● 97. Электризация натуріемъ. Два рода электричества
 ● 98. Демонстрація электрической проводимости и непроводимости тѣлъ разряженіемъ электроскопа ● 99. Электрическое состояніе ограничивается поверхностью проводника.
 ● 100. Электричество черезъ влияніе. Цилиндръ Фарадея.
 ● 101. Электрическая машина съ треніемъ | дѣйствіе острія, громоотводъ | ● 102. Лейденская банка ● 103. Демонстрація гальваническихъ элементовъ | Даніэля, Лекланше, Грене | ● 104. Отклоненіе токомъ магнитной стрѣлки
 ● 105. Демонстрація амперметра и вольтметра ● 106. Реостать ● 107. Проверка закона Ома для части цѣпи амперметра и вольтметромъ ● 108. Нагрѣваніе платиновой проволоки токомъ ● 109. Демонстрація лампочки накаливанія въ дѣйствіи ● 110. Разложеніе токомъ подкисленной воды и мѣднаго купороса ● 111. Демонстрація электромагнита ● 112. Дѣйствіе соленоида на магнитную стрѣлку ● 113. Индукція магнитомъ ● 114. Индукція токомъ при движеніи катушки и при замыканіи и размыканіи тока.

В предложенной программѣ к каждому разделу были описаны демонстраціи. Таким образом, комиссия, возглавляемая Н.А. Умовым, задала вектор реформы преподаванія физики как опытной науки. Уже в декабре 1899 г. состоял-

ся Съезд преподавателей физико-химическихъ наукъ Московскаго учебнаго округа под председательствомъ Умова, на которомъ были распространены материалы комиссіи [7]. Ещё черезъ годъ (начало января 1902 г.) состоялся съездъ преподавателей Петербургскаго округа. Среди рассмотренныхъ на съезде вопросовъ: необходимость введенія практическихъ занятій для учеников, совершенствованіе демонстраціоннаго эксперимента, роль математики на урокахъ физики, концентрический подходъ к преподаванію [6] – эти вопросы волнуютъ нас и сегодня.

Этапнымъ моментомъ развитія дореволюціонной педагогики физики сталъ Первый съездъ преподавателей физики, химии и космографии, который проходилъ в С.-Петербурге в 1913/14 гг.: около 1200 делегатовъ со всей тогдашней Россіи – от Ташкента до Варшавы. Н.А. Умовъ какъ председатель сделалъ докладъ о состояніи современной физики: «Физическіе науки за послѣдніе годы установили новыя истины, лишая старыя характеры основности и первичности, они до такой степени изменили свой обликъ и по своему отношенію къ своему содержанію и методамъ, что назреваетъ вопросъ, не слѣдуетъ ли внести некоторыя оговорки, измененія и дополненія в преподаваніе <...> Новое пониманіе явленій необычно и укладывается в наше сознаніе только формально, оставаясь намъ какъ бы чуждымъ <...> письменность физическихъ наукъ прошла те же стадіи, какъ и письменность человека. Классическая физика изображала свои представленія о мире идеографически, то есть фигурно, пользуясь наглядными образами классической механики. Но подобно тому, какъ человекъ оставилъ фигурное письмо, оставилъ иероглифы, способные изображать лишь ограниченное число вещей и понятій, и заменилъ его болѣе гибкимъ, такъ и современная физика на место



Группа профессоров, покинувшихъ Московскій университетъ в 1911 г. [1]. Сидятъ: В.П. Сербскій, К.А. Тимирязевъ, Н.А. Умовъ, П.А. Минаковъ, А.А. Мануиловъ, М.А. Мензбиръ, А.Б. Фохтъ, В.Д. Шервинскій, В.К. Цераскій, Е.Н. Трубецкой. Стоятъ: И.П. Алексинскій, В.К. Ротъ, Н.Д. Зелинскій, П.Н. Лебедевъ, А.А. Эйхенвальдъ, Г.Ф. Шершеневичъ, В.М. Хвостовъ, А.С. Алексеевъ, Ф.А. Рейнъ, Д.М. Петрушевскій, Б.К. Млодзиевскій, В.И. Вернадскій, С.А. Чаплыгинъ, Н.В. Давыдовъ

образов земли поставила символы электромагнитного мира <...>» [1, с. 488]. Пожалуй, методически эта проблема – преподавание физики XX в. в школе без «механических иероглифов» не решена и сегодня, хотя элементы «новой» физики присутствуют в учебниках уже полвека.

«Объяснительная записка» дала толчок к развитию методики преподавания физики в России. Иногда бывает полезно вернуться к истокам, чтобы понять картину сегодняшнего дня.

III. «Объяснительная записка к программе по физике» (информация к размышлению)

Программа была рассчитана на 7 (2 + 2 + 3) часов физики в неделю за три года обучения (урок длился 60 минут), то есть близка к современному минимуму. Возникающими при чтении «Записки» [7, л. 40–42] ассоциациями с современным состоянием дел хотелось бы поделиться.

- Задача, выпадающая на долю преподавания физики и химии в кругу других предметов гимназического курса заключается кроме передачи полезных сведений, ещё в упражнении способности ума, отличных от постоянно тождественных себе актов запоминания, усвоения и умозрения. К таким способностям следует отнести наблюдательность, способность расчленять и группировать факты, умение восходить от подмеченных связей к закону явления, и, наконец, навык к объяснению новой формы явления помощью заранее открытых закономерностей. В виду такой задачи должны быть опускаемы при изложении те частности, которые требуют одной только памяти <...>

Комментарий. Существенных изменений в задачах преподавания физики за последние 100 лет нет. Однако вряд ли задача «упражнения способности ума», а тем более «объяснять новые явления...» может быть решена в рамках современной 2-часовой базовой программы, именно потому, что многое требует одной только памяти.

- Ученику должен демонстрироваться прибор по возможности упрощённой конструкции, дающей ясное представление о силах природы, которые с помощью такого прибора приводятся во взаимодействие.

Нет надобности также загромождать память учащегося описанием многочисленных приёмов, служащих для оправдания одного и того же закона или для определения одних и тех же величин.

Так как изучение природы совершается при помощи инструментов, то есть вооружая наши естественные чувства, то преподаватель не должен упускать случаев обращать внимание ученика на качество прибора как орудия наблюдения.

Комментарий. Современные приборы для школьников удовлетворяют этому положению, хотя избежать использование сложных, например, осциллографа, принципиально невозможно. При углублённом изучении физики имеет смысл показать, что одна и та же величина, например, плотность, температура, влажность воздуха, может быть измерена разными методами, причём получаемые значения совпадают в пределах ошибки измерений.

- Развитие в ученике наблюдательности и умения восходить от подмеченных связей к закону, управляющему яв-

лением, может быть достигнуто только при устранении догматического изложения. Так как законы природы сообразно своему содержанию занимают не одинаковое положение в науке, то и оценка их значения, являющаяся в то же время и оценкой их понимания, доступна ученику только на различных ступенях его ознакомления с физическими явлениями. Сообщение ученику общего закона, когда его ум не освоился ещё с частными закономерностями, бесполезно, так как при таких условиях для мысли ученика совершенно безразлично, имеет ли место сообщённый ему закон или же противоположный по содержанию. Такое несвоевременное знание является внешним и формальным в то время, когда в самом ученике не назрело ещё предположение о необходимости существования некоторого общего закона. Вследствие этого в изучение природы вносится нежелательный метафизический элемент и преподаватель лишает себя возможности, наводя мысль на содержание общего закона, дать ученику умственное удовлетворение, имеющее высокий воспитательный смысл.

Комментарий. Ни тогда, ни сейчас не получается полностью избежать догматизма в изложении. Развитие наблюдательности требует времени, определённой неспешности, мы же придумываем разные приёмы: заранее заготовленные таблицы, рисунки, схемы, сильно расцветающие с использованием компьютерных средств, с одной целью «экономить время урока», в ущерб неформальному пониманию. О значении законов говорим мало... Концентрическое изложение физики: 7–9; 10–11 – несомненный шаг вперёд; но нельзя отделаться от ощущения, что в рамках цикла 7–9 мы как раз и пытаемся «сообщить ученику общий закон раньше, чем он освоился с частными».

- Здесь будет уместно коснуться вопроса о включении в преподавание господствующих в науке гипотез. Программа средних учебных заведений недостаточно обширна, чтобы эти гипотезы были изложены в надлежащей полноте и с достаточным критическим освещением. Для ученика останутся скрытыми все трудности и условность объяснений явлений природы из нескольких предположений. Хотя в программу не включено обязательное сообщение ученикам научных гипотез, тем не менее желательно затронуть вопрос о гипотетическом объяснении явлений в тех видах, чтобы ученик, встречаясь с ними во внешкольных популярных изложениях, имел возможно ясное представление о значении гипотезы в науке. Обе цели – развитие и образование – не заканчиваются в стенах школы, почему она должна дать правильные основы для дальнейшего достижения этих целей. Представление о гипотезе следует сообщать в то время, когда различие между ценностью факта и ценностью гипотезы может быть осознано с полной ясностью, то есть после того, как ученик освоился с выводом законов их экспериментальных фактов. Подобные выводы должны приучать к добросовестности суждения и к строгому различию достоверного знания от условных образов явлений.

Весьма важным является также вопрос об математическом изложении в преподавании физики и о месте, кото-

рое должно быть уделено умозрению. Сообразно с целями преподавания физики в гимназиях подробное математическое изложение некоторых глав механики и геометрической оптики представило бы экскурсию в сторону от общей цели, являющуюся чуждым придатком как чисто математическое упражнение. Необходимо, сообразно общему плану, только выяснить ученику роль умозрения в изучении природы: для этой цели достаточно пользоваться методами наиболее сродными с кругом тех явлений, которые должны быть подвержены математической обработке; такой методой в большинстве случаев окажется графическая.

Комментарий. Несомненно, авторы записки разделяли взгляды физиков и философов своего времени А. Пуанкаре, П. Дюгема, Э. Маха по вопросам, что такое гипотеза, какова роль модели и закона при описании явления. Но не создаётся ли впечатления, что в рамках школьной программы 7–9 мы опять же спешим с изложением теоретических представлений (МКТ, электромагнитные волны и т. п.), выдавая подчас условные, упрощённые образы явлений за сами явления? Даже в старших классах, когда постепенно «ценность факта» уступает место «ценности гипотезы», для ученика «планетарная» модель атома – это и есть **реальный** атом. Практика обучения показывает, что школьники довольно легко выучивают трёхчастное положение МКТ, труднее «идут» опытные обоснования, и ещё труднее связываются классные демонстрации с формулировками*.

Спустя 110 лет можно уже подводить итоги: что сделано так, как предполагалось, что изменилось и что упущено. Надо сказать, что в те времена не было профессии педагог-учёный, но многие выдающиеся учёные России занимались вопросами образования и просвещения: А.Г. Столетов, Д.И. Менделеев, Н.А. Умов, В.И. Вернадский, великий писатель Л.Н. Толстой, – можно заметно расширить список. В данной публикации мне хотелось бы не только вспомнить имя выдающегося физика, но и его идеи в области преподавания.

Революция 1917-го г. в конечном итоге в чём-то продвинула образование, а в чём-то затормозила на многие годы. Возвращаясь к изучению предреволюционного опыта гимназического образования, нужно иметь в виду одно существенное отличие: до революции не было *всеобщего среднего образования*. В Москве было тогда около 10 правительственных мужских гимназий, примерно столько же частных, сюда можно отнести и реальные училища, и около

*Мнение об опасности «замены» в школьном курсе физики классической механики – новой в наиболее резкой форме Пуанкаре высказал в статье «Новая механика», которая вошла в русском издании в книгу: Пуанкаре А. Наука и метод / Пер. с фр. Н.А. Гезехуса. СПб.: Изд. Н.П. Карабасникова, 1910. 239 с. (С. 208.)

Эти же слова Пуанкаре цитируются дословно, с точностью до синонимов при переводе в примечаниях к сборнику Пуанкаре А. Новая механика. Эволюция законов / Пер. с фр. Г.А. Гуревича. М.: Современные проблемы, 1913. 179 + 1 с. (С. 94.). В издании Пуанкаре А. О науке / Пер. с фр. под ред. Л.С. Понтрягина. М.: Наука, 1990. 736 с. (С. 653-654). Статья «Новая механика» вошла в раздел «Последние мысли», и тон высказывания заметно смягчён.

десять женских гимназий; то есть мы ненамного ошибёмся, если укажем, что на миллион жителей тогдашней Москвы приходилось не более 50 средних учебных заведений (в Московском округе в 1891 г. было 27 мужских и 19 женских гимназий!) Можно ли сохранить глубину дореволюционного гимназического образования при обязательной тотальности полного среднего образования – это вопрос, учтём ещё, что 20–30% учеников могли быть не переведёнными в следующий класс [8], [9], а сейчас в гимназии считается достаточным качеством знаний 75%.

В основу преподавания физики был положен эксперимент, а одной из целей образования, в общем, называлось развитие самостоятельности учащихся. Последнее приветствуется и сегодня. Но нынешние дети – это «дети компьютера и Интернета», по крайней мере, в крупных и средних городах, весьма самостоятельные только в этой узкой области – вместо выращивания рассады на подоконнике или проращивания веточек тополя или багульника, «дети компьютера» играют в «Счастливого фермера». Я очень опасаясь, что мода на «псевдокомпьютеризацию» уроков лишит физику её «самостоятельного» характера, в основе которого лежит пусть упрощённый, но реальный эксперимент с реальными приборами! Мне бы хотелось, чтобы, прочитав эту статью об Н.А. Умове и его деятельности на рубеже тех веков, учитель задумался о том, что и как мы делаем сегодня.

Долгие годы мы знали Симбирск как родину лишь одного человека – В.И. Ульянова (Ленина), позже узнали, что и А.Ф. Керенский родом из этого города. Приятно всё же, что город на Волге дал миру не только юристов – политических деятелей, но и великого русского Физика.

Литература

1. Умов Н.А. Собр. соч. Т. III / Под ред. А.И. Бачинского; Императорское Московское общество испытателей природы и Общество содействию успехам опытных наук и их практических применений им. Х.С. Леденцова, 666 с. + 2. М., 1916.
2. Лазарев П.П. Н.А. Умов: биография / В сб. «Очерки истории русской науки». М.–Л.: Изд. АН СССР, 1950. С. 177–191.
3. Максвелл К. Теория теплоты в элементарной обработке. Киев: Тип. К.Н. Кушнерева, 1888. 292 с. Электронный ресурс: Maxwell J. Clerk, Theory of Heat, Longmans, Green and Co. London, 1871, 312 pp. P. 254. URL: <http://www.archive.org/details/theoryheat02maxwgoog>
4. Бачинский А.И. Умов / Энциклопедич. словарь Бр. А. и И. Гранат; 7-е изд. Т. XLII, М.: Бр. А. и И. Гранат, столб. 294–297.
5. Шпольский Э.В. Николай Алексеевич Умов (1846-1915) // УФН. 1947. Т. XXXI. Вып. 1. С. 128–146.
6. Кашин Н.В. Методика физики / 3-е изд. М.: ГосИздат, 1922. 328 с.
7. ЦИАМ. Фонд 459. Опись 3, ед. хр. 3390.
8. ЦИАМ. Фонд 459. Опись 3, ед. хр. 7302.
9. Гулевич С. Историческая записка о 50-летию 2-й московской гимназии (1835–1885). М., 1885.



Ирина Валентиновна Салмина – учитель физики высшей квалификационной категории, педагогический стаж 26 лет. Родилась она в старинном русском городе Борисоглебске, расположенном на слиянии двух рек – Вороны и Хопра. Мечтала стать врачом (в семье есть врачи, военные, энергетики, инженеры), но всё же выбрала профессию учителя, факультет – физико-математический (обучение связала с любимой математикой). Понять глубину и красоту физики помогла куратор группы *Рахиль Яковлевна Ерохина*. Она мастерски объясняла, красиво и увлекательно проводила занятия (лекции по оптике и астрономии в арсенале учителя до сих пор). Отец – почётный энергетик – часто повторял, что человек учится всю жизнь. Это стало понятно, как только началась работа в школе. В первые годы пришлось вести математику, физику, астрономию, черчение. Выбор остановился на физике. Методом проб и ошибок постигалось педагогическое мастерство. Поверить в себя помогли опытные методисты *Лариса Ивановна Филиппова* и *Клавдия Николаевна Неброева*. После введения профильного обучения в школе были созданы физико-математический, химико-биологический и социально-экономический классы, и с 2003 г. выпускники этих профилей уверенно идут сдавать экзамены ЕГЭ по физике. Ирина Валентиновна считает, что обучать физике нельзя делая лишь математические выкладки. Она учит детей видеть живые образы, замечать прекрасное и осознавать величие природы. Для поддержания интереса включает литературные зарисовки («Физические явления в поэзии В.Я. Брюсова, И.С. Тургенева», «Звук и звуковые явления в литературных произведениях»), провела фотоконкурс «Физика вокруг нас». Старается прививать практические и исследовательские навыки, начиная с 7-го класса. В кабинете физики уже демонстрируются самодельные динамометры, подводный колпак, модель электрометра, приборы для изучения закона сохранения импульса и энергии, законов Кеплера, фотореле, светодиодный мультивибратор и др. На школьной конференции выставка ученических действующих моделей вызвала неподдельный интерес. Каждый год ко Дню рождения

Ю.А. Гагарина педагог готовит участников Международных общественно-научных чтений в секции «Космонавтика и молодёжь», которые неоднократно удостоивались дипломов залучшую исследовательскую работу. В 2009 г. трое стали призёрами олимпиады Всероссийской школы математики и физики «Авангард», в 2010 г. ученица стала призёром выездной физико-математической олимпиады при МФТИ. Многие поступают в МАДИ (ТУ), МГСУ, МГУ им. М.В. Ломоносова, МИЭТ, МГУ геодезии и картографии, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАИ, Московский и Смоленский энергетические институты, военные училища. Уже несколько лет Ирина Валентиновна ведёт авторские элективные курсы («Лифт, кран и немного о метрополитене (основы динамики)», «Можно ли подсчитать все звёзды (практическая астрономия)?», «Физика глазами математиков (графические задачи)»). Старшеклассницы в рамках общешкольной темы «Школа гражданской ответственности» сделали презентацию «Вклад учёных Смоленщины», где показали вклад смолян в развитие науки, техники, сохранение культурного наследия. Подобные работы развивают наблюдательность, учат выделять сущность явлений. Физика перестаёт быть отвлечённой наукой, становится понятнее. С 2005 г. Ирина Валентиновна руководит РМО учителей физики. В 1998 г. стала призёром районного конкурса «Учитель года». В 2006 г. входила в жюри районного конкурса «Ярмарка педагогических идей». В 2007 г. за высокое профессиональное мастерство и творческий вклад награждена грамотой, в 2008 г. за высокие результаты в области обучения и образования подрастающего поколения награждена грамотой Департамента Смоленской области по образованию и науке. В 2009 г. участвовала в районном конкурсе «ИКТ в образовательном процессе», награждена дипломом победителя районного конкурса «Лидер в образовании» в номинации «Учитель физики». Всем, чего достигла, обязана своим родителям. Отец привил любовь к чтению и упорству в достижении цели, мама научила любить театр, вязать, шить, быть хорошей хозяйкой. Ирина Валентиновна любит фотографировать и выращивать цветы. Любит путешествовать. В людях ценит надёжность и юмор.

*От всей души желаем Ирине Валентиновне творческих успехов!
Вы блестящий учитель, у вас прекрасные ученики!*

Правила для авторов публикаций

1. **СОДЕРЖАНИЕ:** принимаются статьи практической направленности, связанные с обучением физике и астрономии в школе, а именно, содержащие: ● оригинальные описания натуральных и виртуальных экспериментов, а также требуемого для их проведения оборудования и компьютерных программ ● сценарии уроков и внеклассных мероприятий ● описание организации учебно-исследовательских проектов, их содержания и достигнутых результатов ● описания новых педагогических технологий с примерами их реализации, а также инновационных элементов, оригинальных методов и приёмов обучения, педагогических находок ● программы **апробированных** элективных и предпрофильных курсов при наличии пояснительной записки, учебного плана, методических рекомендаций и примера урока (-ов) ● сообщения о новой учебной литературе (печатной и электронной) ● материалы педагогических и ученических конференций, конкурсов, олимпиад и т. п. ● истории физических открытий, жизнеописания известных учёных-физиков ● популярное изложение достижений науки и техники ● занимательный и познавательный материал к урокам и внеурочным мероприятиям.

2. **ОБЪЁМ:** не более шести страниц А4 текста (около 24 тыс. печатных знаков) плюс иллюстрации. По предложению редакции статья может быть расширена.

3. **ОФОРМЛЕНИЕ:** текст статьи может быть написан от руки, но разборчиво, или набран на компьютере шрифтом TimesNewRoman, кегль (размер знака) 10. Статья должна начинаться с инициалов и фамилии автора (авторов), адреса электронной почты (если она есть), номера (названия) образовательного учреждения, названия населённого пункта, района (для негородских школ), области (края), республики. Затем должно следовать название статьи и разъяснение её характера (сценарий урока, тестовые задания, внеклассное мероприятие, модульная программа и т. п.), класс.

Статья должна быть подписана автором (-ами) с указанием адреса (почтового или электронного) и/или телефона – для связи. Желательно сопроводить её своей (-ими) фотографией (-ями) и кратко рассказать о себе, о своём педагогическом кредо, о своих успехах и успехах своих учеников, о своих увлечениях, о своей семье.

4. **АННОТАЦИЯ:** в одном абзаце следует выразить основное содержание статьи, подчеркнув вклад автора в рассматриваемую тему (освоение новой технологии, предложение своего способа решения педагогической проблемы, постановка учебного физического эксперимента и т. п.).

5. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** чтобы статью можно было найти по поиску в Интернете, необходимо привести несколько характерных слов или словосочетаний, встречающихся в тексте. В сценариях учебных занятий и конкурсов обязательно следует указать учебную тему, педагогическую технологию, класс. Например: тема «Оптика. Геометрическая оптика», модульная технология, 11 класс.

6. **ДОСТАВКА:** обычной почтой (лучше, если бумажный вариант будет дополнен электронной версией на CD) или электронной почтой (в окне **ТЕМА** обязательно укажите свою фамилию в именительном падеже).

7. **БИБЛИОГРАФИЯ:** статья должна сопровождаться нумерованным списком использованной литературы, содержащим в том числе ссылку на: ● учебник, пособие и/или задачник, если представлены учебные занятия или дидактические материалы ● адрес интернетовского сайта, желательно указать также ФИО автора (-ов) и название цитированной статьи.

Все источники нумеруются в порядке упоминания в тексте и отмечаются в тексте соответственно цифрами в квадратных скобках – [1], [2] и т. д. Они должны содержать ФИО авторов, название статьи, название издания, издательство (кроме периодических газет и журналов), год, номер, страницы.

Например: ● 5. Найдин А.А. Электронный ток // Физика-ПС. 2009. № 21. С. 11–13. ● 6. Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2008.

8. **ЗАДАЧИ** должны сопровождаться ответами и решениями (за исключением тривиальных) или хотя бы цепочкой формул.

9. **ИЛЛЮСТРАЦИИ:** все рисунки и фото нумеруются, в тексте должно быть указано место каждой иллюстрации. Размер электронной фотографии должен быть таким, чтобы на сантиметр её длины приходилось не менее 120 пикселей (элементов изображения), то есть 300 точек на дюйм (dot per inch – dpi). Например, размер цветной иллюстрации размером 8 x 8 см должен быть около 1000 x 1000.

10. **ПРЕЗЕНТАЦИИ:** текст на слайдах должен быть набран только шрифтом Arial или TimesNewRoman, на первом слайде – указаны название презентации, автор (-ы), ОУ, на последнем слайде – нумерованный список источников, откуда взяты картинки, видеоролики, анимации и т. п. (соответствующий номер указывается и на слайде, например, [5]). Картинки из Интернета следует сопровождать URL-адресами, (из верхней адресной строки конкретной интернет-страницы) и размещать их сразу на слайде с этой картинкой.

11. **ГОНОРАР:** выплачивается за все печатные публикации при наличии анкетных сведений (см. № 24 за 2005–2010 гг.).

12. **РЕЦЕНЗИИ:** все статьи проходят рецензирование квалифицированными специалистами. По запросу автора высылаются рецензия, составленная по установленной форме, или, что гораздо быстрее, решение редакции о публикации, если в конверт была вложена открытка с обратным адресом.

13. Редакция оказывает всемерное содействие в оформлении статьи практикующим учителям с большим стажем.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ



- ✓ **качественная система оценки знаний**
- ✓ **рекомендации по выполнению работы**
- ✓ **удобный формат и навигация**
- ✓ **аттестация по всем темам школьной программы**
- ✓ **эффективная подготовка к итоговой аттестации и государственной итоговой аттестации**

Издательство

Вако

ПРОВЕРИТЬ ЗНАНИЯ ЛЕГКО!