

ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 9 (966)

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

День физики на
Марафоне-2014
с. 4

Урок «Явление
электромагнитной
индукции». 11 класс
с. 26

Луч Солнца золотой...
с. 54

Олимпиада
«Ломоносов 2013-2014»
с. 50

Элективный курс
«Физика вокруг нас»
с. 61

№9



23 сентября – день осеннего равноденствия

издательский
дом
1september.ru

Первое сентября

сентябрь
2014

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



ВСТРЕЧИ И КОНКУРСЫ

Н.Д. Козлова,
М.А. Бражникова,
С.Я. Ковалева,
Н.Ю. Милюкова

4–14



День физики на XIII
Всероссийском
педагогическом марафоне
учебных предметов

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

15–20

Л.Э. Генденштейн,
А.В. Кошкина
Новый УМК по физике для
старшей школы – базовый
и углублённый уровни

УЧЕБНЫЕ ЗАНЯТИЯ

21–25

В.А. Соловьёва
Исследование явлений
отражения и преломления
света. 8 кл.

ЭКСПЕРИМЕНТ

36–45

Г.Г. Никифоров,
О.А. Повалев
Фронтальный комплект
оборудования нового
поколения

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»

26–28



Р.Г. Шафеев
Явление электромагнитной
индукции. 11 кл.

АСТРОНОМИЯ

30, 31
34, 35

Проф. В.М. Чаругин
Звёздное небо в октябре



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

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

32–33

А. Бердников
У нас в гостях журнал «Квантик»:
Из пустого в порожнее

33



Народный учитель России
Л.В. Пигалицын
Новости науки и техники

49

Н.Д. Козлова
ЕГЭ по-американски

56–58

Е.Б. Гусев
Физические затмения
в Солнечной системе

59–61

К.Ю. Богданов
Музей Бургаве (Boerhaave)
в Лейдене

ЭКСПЕРИМЕНТ

47–49



Г.А. Гришин, С.Б. Доброхотов
Загадка баллистического
пистолета

АБИТУРИЕНТУ

50–53

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

НАУКА И ТЕХНИКА: ПРОШЛОЕ НАСТОЯЩЕЕ

54–55

Проф. А.Л. Стасенко
Луч Солнца золотой...

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

61–62

Рефераты электронных
публикаций

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор:

Артем Соловейчик
(генеральный директор)

Коммерческая деятельность:

Константин Шмарковский
(финансовый директор)

Развитие, IT и координация проектов:

Сергей Островский
(исполнительный директор)

Реклама, конференции и техническое

обеспечение Издательского дома:

Павел Кузнецов

Производство:

Станислав Савельев

Административно-хозяйственное

обеспечение: Андрей Ушков

Педагогический университет:

Валерия Арсланьян
(ректор)

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Английский язык – А.Громушкина,

Библиотека в школе – О.Громова,

Биология – Н.Иванова,

География – О.Коротова,

Дошкольное образование – Д.Тюттерин,

Здоровье детей – Н.Сёмина,

Информатика – С.Островский,

Искусство – О.Волкова,

История – А.Савельев,

Классное руководство

и воспитание школьников – М.Битянова,

Литература – С.Волков,

Математика – Л.Рослова,

Начальная школа – М.Соловейчик,

Немецкий язык – М.Бузова,

ОБЖ – А.Митрофанов,

Русский язык – Л.Гончар,

Спорт в школе – О.Леонтьева,

Технология – А.Митрофанов,

Управление школой – Е.Рачевский,

Физика – Н.Козлова,

Французский язык – Г.Чесновицкая,

Химия – О.Блохина,

Школа для родителей – Л.Печатникова,

Школьный психолог – М.Чибисова

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано ПИ № ФС77-44336 от 21.03.11

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 11.06.14,

фактически 11.06.14. Заказ №

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая

типография», филиал «Чеховский Печатный

Двор» Ул. Полиграфистов, д. 1, Московская

область, г. Чехов, 142300; сайт: www.chpd.ru;

e-mail: sales@chpk.ru; факс: 8 (496) 726-54-10,

8 (495) 988-63-76

Электронные публикации рецензируются,

но не оплачиваются. Подробнее см.

Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте

журнала <http://fiz.1september.ru> в разделе

Правила для авторов публикаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ

И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165

Тел./факс: (499) 249-3138

Отдел рекламы: (499) 249-9870

Сайт: 1september.ru

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Уважаемые подписчики бумажной версии журнала!

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

Для доступа к материалам воспользуйтесь, пожалуйста, кодом доступа, вложенным в июльско-августовский
сдвоенный номер журнала (№ 7-8/2014).

Срок действия кода с 1 июля по 31 декабря 2014 года.

Для активации кода:

• Зайдите на сайт www.1september.ru

• Откройте личный кабинет (зарегистрируйте, если у вас его ещё нет)

• Введите код доступа и выберите своё издание

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



РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

Нана Дмитриевна
Козлова
8-919-104-5657

Консультанты:

И.Д. Воронова,
В.А. Козлов,
Н.Ю. Милюкова,
Т.А. Соловейчик,
А.В. Берков

Корреспонденты:

Е.В. Гуденко
Ж.В. Чопорова

Дизайн макета:

И.Е. Лукьянов

Корректура и набор:

И.С. Чугреева

Верстка:

Д.В. Кардановская

Иллюстрации: Фотобанк Shutterstock,
если не указано иное

Журнал распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 18 200 экз.

Тел. редакции: (499) 249-2883

E-mail: fiz@1september.ruInternet: fiz.1september.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

Почта России:

бумажная версия – 79147

CD-версия – 12757

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

Телефон: (499) 249-4758

E-mail: podpiska@1september.ru

И снова – День физики на Марафоне



Начало апреля. День учителя физики. Кульминация, середина тринадцатого Педагогического марафона. Знакомые, друзья, коллеги недоумевают: «Зачем? Каждый год? В свой выходной? Да что может быть нового? Материалами полнится интернет, книги есть в издательствах, пообщаться можно и в сети, а физика – она и в Африке физика». Да, всё верно. Но, интернет слишком переполнен информацией, надо искать, тратить время, Марафон же даёт путеводную нить, чтобы не блуждать в бесконечном запутанном лабиринте. Только на выставке-ярмарке учебно-методической литературы из первых рук можно узнать о новинках, акциях, сайтах и порталах поставщиков, получить множество подарков! И с чем сравнить «физическое» общение единомышленников? Оно бесценно! Возможность «живьём» задать любой волнующий вопрос главному редактору Нане Дмитриевне и членам редакции журнала, услышать генерального директора и главного редактора ИД «Первое сентября», «отца» Марафона Артёма Симоновича Соловейчика. На открытии Марафона в Ленинградской аудитории МПГУ подняли руку пятеро человек (старожилы и хранители идей) – участники всех без исключения Дней физики!

Каждый год мы ожидаем этот день с нетерпением и предвкушением, сравнимыми, пожалуй что с ожиданиями Нового года. И ни разу не случилось так, чтобы он оказался скучным и пустым, неинтересным и бесполезным. А как приятно было снова оказаться в родном институте! Ведь в этом году Марафон проходил на «Малой Пироговке, дом 1», в главном корпусе МПГУ! И уходить не хотелось.

Итак,... Утро, метро Фрунзенская, «старым путём, милым путём», мимо усадьбы Трубецких, мимо «Автовиля» – к жёлтому особняку с колоннами. Билет, регистрация, открытие, наполнение музыкой сердец и... куда же пойти?

Уже традиционно большинство коллег направляются слушать Марину Юрьевну Демидову и Елену Евгеньевну Камзееву, руководителей разработчиков КИМ ГИА-9 и ГИА-11. Аудитория переполнена, люди даже на балконах. Вопросов множество, народ активно записывает информацию, горят индикаторы диктофонов. Лекция подходит к концу и, продолжая обмениваться впечатлениями, людские ручейки вливаются в холл – к столам с учебной литературой. Поднимаемся по истёртым лестницам на балкон третьего этажа, чтобы с высоты птичьего полёта насладиться днём учителя физики. Кстати, сразу возникла идея предложить ученикам задачу: по фотографии сравнить стёртую ступень с изношенной, определить время износа и количество студентов в университете. Холл напомнил восточный базар, яркий, оживлённый, радостный, в лучах весеннего солнышка. Как всегда разные издательства предлагают диски, программы, полиграфические и электронные дидактические материалы, методики, интерактивные учебные пособия... и вдруг среди тонн бумаг и дисков – ЖИВАЯ ФИЗИКА – эксперимент. На самодельном оборудовании можно было увидеть полёт ракеты, магические магниты и разнообразные физические чудеса от увлечённого учителя Андрея Евгеньевича Тарчевского (ГОУ СОШ № 179 МИОО). А уже потом, в аудиториях, насладиться красивыми и необычными опытами и демонстрациями для уроков физики и физических практикумов. За сухими строчками названий секций не всегда разглядишь содержание. Посетителей Марафона всегда интересовал обмен опытом, но в последние годы речь больше шла о сетевых технологиях. А в этом году – великолепнейшая практика, как на первых марафонах! А в свете проектной деятельности – множество идей.

День закончился. Но в этот раз мы уносили с Марафона не столько учебную литературу, сколько ИДЕИ – идеи для опытов, идеи для проектных работ, идеи для уроков. И это – замечательно. Идеи порождают творчество, если есть творчество – человек «загорается» и зажигает интерес в окружающих – к физике, к природе, к жизни.

Спасибо за Марафон!

Е.А. ОЛЬХОВСКАЯ eaol@mail.ru, ГБОУ СОШ № 1370 с УИАЯ, г. Москва

День физики на Всероссийском педагогическом марафоне учебных предметов: 5 АПРЕЛЯ 2014 г.



Фоторепортаж о Дне учителя физики в рамках Всероссийского педагогического марафона учебных предметов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Всероссийский педагогический марафон учебных предметов, День физики

М.А. БРАЖНИКОВ,
С.Я. КОВАЛЕВА,
Н.Д. КОЗЛОВА
fiz@1september.ru,
Н.Ю. МИЛЮКОВА,
журнал «Физика», г. Москва

И вот мы снова в тесном кругу наших гостей – читателей и авторов, учителей физики. Вроде всё, как прежде, – множество заинтересованных лиц участников праздника, знакомых и незнакомых – из Твери, Калуги, Рязани, Казани, Орла, Нижнего Новгорода, Смоленска, Архангельска, не говоря уже о Москве (32% от общего числа участников) и Московской области (20%). В общем, более 500 человек. Все хотят познакомиться с чем-то новым, пообщаться с коллегами из других регионов, выяснить волнующие их вопросы на круглых столах, которые проводятся авторами пособий и методик, познакомиться с издательскими новинками.

Заметим, что в этом году Марафону придан повышенный статус – он уже не Московский, а Всероссийский... Да и место встречи другое – уже не просто передовая московская гимназия, а историческое здание Московского педагогического государственного университета. МПГУ (созданное на базе Высших женских курсов) – горнило учительских кадров, в нём преподавали академик по астрономии Императорской Академии наук Ф.А. Бредихин; академик С.А. Чаплыгин; физики А.В. Цингер, А.А. Эйхенвальд; российский астроном П.К. Штернберг, академик, лауреат Сталинской премии Г.С. Ландсберг, лауреат Нобелевской премии И.Е. Тамм, а также человек, научивший физику всю нашу страну, автор учебника по физике А.В. Пёрышкин и многие-многие другие, с кем связана история не только вуза, начавшаяся с XIX в. с Московских высших женских курсов, но и всей страны.

Открытие состоялось, традиционно, музыкальной заставкой. Молодой, но уже вполне заслу-



Историческое здание – бывшие Московские высшие женские курсы, ныне главный корпус МПГУ

женный фортепианный дуэт лауреатов многих всероссийских и международных фестивалей и конкурсов – *Екатерина Цыганкова* и *Мария Голубничая* – исполнили интересную программу: • Танец рыцарей (марш Монтекки и Капулетти) из балета «Ромео и Джульетта» С.С. Прокофьева • Вальс и тарантеллу из цикла «Зарисовки» В. Гаврилина • Славянский вальс *g-moll* А. Дворжака • Галоп-мазурку Г. Портнова. Затем участников поприветствовали главный редактор Издательского дома «Первое сентября» Артём Симонович Соловейчик, декан факультета физики и информационных технологий проф. Дмитрий Аркадьевич Исаев и главный редактор журнала «Физика» Нана Дмитриевна Козлова.

И вот участники разошлись по аудиториям.

Об особенностях подготовки учащихся к ЕГЭ- и ГИА-2014 в общеобразовательной школе рассказали Марина Юрьевна Демидова, к. п. н., председатель Федеральной комиссии разработчиков КИМ ЕГЭ по физике (ФИПИ), начальник

Зал № 1.
Артём
Симонович
Соловейчик,
главный
редактор
Издательского
дома «Первое
сентября».
Всё готово,
можно
начинать!



экспериментально-аналитического отдела МЦКО. Наши читатели очень хорошо знают этого высококлассного специалиста, её традиционные выступления на наших марафонах всегда привлекают как в силу важности самих вопросов (содержания, подготовки и сдачи ЕГЭ и ГИА), так и благодаря чёткости, ясности и массе конкретных примеров. Кстати сказать, с этого года изменились привычные уже аббревиатуры: теперь экзамены в 9-м и 11-м клас-



Зал № 1. За роялем Екатерина Цыганкова и Мария Голубничая



Участников Дня физики приветствует декан факультета физики и информационных технологий МПГУ проф. Дмитрий Аркадьевич Исаев

сах называются соответственно ГИА-9 (ОГЭ – основной государственный экзамен) и ГИА-11 (ЕГЭ – единый государственный экзамен). Лекции были прочитаны в «старинной зале» главного корпуса МПГУ, поднимающейся амфитеатром. Полностью оказались заполнены не только зал, но и балконы первого и отчасти второго ярусов, так что в пору было вспомнить пушкинское «театр уж полон, ложи блещут».

Подводя краткий итог ЕГЭ-2013, Марина Юрьевна отметила, что в стране ЕГЭ по физике по-прежнему занимает второе место среди экзаменов по выбору (после обществознания), за последние годы постепенно возрастает средний балл, который получают выпускники, однако в прошлом году около 9% выбравших физику экзамен не сдали. Выполняя задания частей *A* и *B* учащиеся при проверке понимания явлений и процессов демонстрируют наибольшие успехи в разделе «Механика», сложнее оказываются даже простые задания, базирующиеся на знаниях квантовой физики. Большие сложности вызывают все темы, которые изучают «после ноября месяца в 11-м классе». Те же вопросы *A* и *B*, которые разбираются в обоих концентраторах, не требуют, по мнению Марины Юрьевны, детального повторения при подготовке к ЕГЭ. Исключения составляют такие темы, как влажность воздуха, насыщенные пары и некоторые другие. Задачи на понимание, «на соображалку» даются детям достаточно тяжело. Формулу знают, а что она показывает – вспомнить не могут.

В части *C* повышенного внимания требуют задачи, в которых требуется оценка физической ситуации, например, на расчёт количества теплоты при таянии льда, когда требует-



Зал № 2. Физический эксперимент в свете ФГОС



Марина
Юрьевна
Демидова

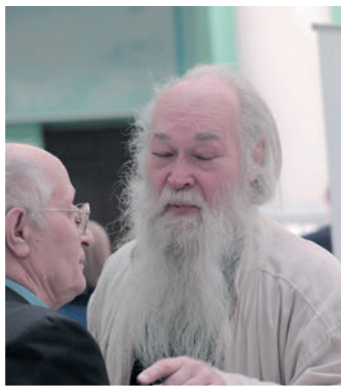




В фойе – перерыв между мероприятиями

ся оценить конечное состояние системы: будет ли одна вода или смесь воды со льдом при 0°C . Чтобы получить более 1 балла за качественную задачу *C1*, необходимо привести правильный ответ – в случае неверного ответа даже при наличии подробных, развёрнутых объяснений, потенциально приводящих к верному ответу, ученик может претендовать максимум на 1 балл. При решении задач типа *C2–C6* необходимо обращать внимание на оформление решения, его аргументацию, словесное указание использованных законов наряду с алгебраической формулой (закон Ома, уравнения Эйнштейна и тому подобное), обозначения вновь вводимых учеником обозначений физических величин (допустимо указывать их на рисунке-чертеже). Расчёты, производимые учеником, должны быть также отражены в записи решения. (В связи с этим возникла небольшая дискуссия об инженерном калькуляторе (производители часто пишут «калькулятор для научных исследований»), который допустимо использовать на экзамене. Какой именно тип калькулятора является инженерным?)

При обсуждении заданий по фотографиям большое оживление вызвал вопрос о цене деления и ошибке (погрешности) измерения, если на фотографии представлены показания стрелочного прибора. Погрешность измерения – цена деления, если не указано иное, при этом внимание учеников должно быть обращено на те пределы измерения, которые иллюстрируются на фотографии (речь шла об амперметрах и



Геннадий Григорьевич Никифоров



вольтметрах, имеющих два предела). Среди вопросов, прозвучавших в конце лекции, был вопрос и о возможных изменениях в ГИА-9-2015 – одно из них – исключение заданий на понимание текста.

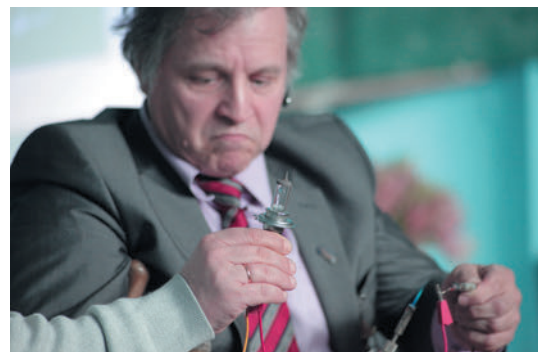
Учителей беспокоил вопрос, будут ли издаваться тематические сборники заданий для подготовки к ЕГЭ? Нет, не будут, всё висит в электронном виде, нет смысла издавать – считают специалисты. В этом году полностью сменился состав Рособрнадзора и ФИПИ. Как всегда, дискуссия долго продолжалась и после лекции в фойе: говорили о возможных неточностях, о работе экспертов и прочем.

Семинар «Физический эксперимент в свете ФГОС». На семинаре выступили двое: *Михаил Бенович Чжан* (лицей г. Фрязино, Московская обл.) «Проблемный физический эксперимент как фактор развития критического и универсального мышления» (см. ЭП) и *Василий Петрович Марков* (МОУ лицей № 42, г. Люберцы, Московская обл.) «Развивающий физический эксперимент на уроках (на примере урока-панорамы)» (см. его статью «Два урока по теме “Звук”» в № 11/2013).

Михаил Бенович обратил внимание на необходимость постановки простых, ясных экспериментов с использованием приборов, принципы действия которых понятны ученикам (желательно исключить «чёрные ящики») – тех самых демонстрационных экспериментов, которые хорошо известны учителям по двухтомнику А.А. Покровского, именно учителям, а не ученикам. Самому учителю простой опыт может быть уже и неинтересен, но ученик-то видит его впервые! И это нужно помнить. Учитель продемонстрировал простые опыты: с ведром с водой, вращающемся на верёвке, с нагреванием последовательно соединённых проводников, с полупроводниковым диодом, который теряет свою одностороннюю проводимость, будучи нагретым в пламени газовой портативной зажигалки.

Новация сегодняшнего дня – это, во-первых, использование веб-камеры для демонстрации «старых» опытов всему классу, во-вторых, возможность обращения к видеофайлу уже виденного «вживую» опыта при повторении материала в конце учебного года или при подготовке к ЕГЭ. Новое в обучении идёт рука об руку с традиционным: ученики должны за 15–20 мин на отдельном листе бумаги ручкой и карандашом изобразить схему опыта; написать информацию, которую он даёт; дать объяснение виденному; сделать выводы. Первые такие «сочинения» учеников показывают, что они не увидели и половины демонстрируемого. Однако пять-десять выполненных заданий «на отдельных листочках» существенно продвигают ученика в его умении видеть и понимать опыт. Учителю при этом важно провести контрольный демонстрационный эксперимент, на оценку, – без объяснений! Работа для ученика трудная, поэтому оценивать следует выполнение каждого этапа (как изображена схема опыта, что увидели, как объяснили и так далее).

Переход к символическому мышлению всегда труден. Практикующие учителя хорошо знают, что ученики, особенно на начальном этапе обучения, просят, чтобы учитель сам нарисовал схему демонстрируемого опыта. Михаил Бенович и здесь предлагает использовать сочетание традиционного натурного эксперимента с новыми возможностями: поэтапно на компьютере накладывать элементы схемы на фотографию реального и увиденного учениками опыта, постепенно формируя символическое мышление.



Михаил Бенович Чжан раскрывает тайны учебного физического эксперимента



Существует разрыв между задачами «из задачника» и этими же задачами, которые следует проверить «вживую», – даже сильные ученики, хорошо знающие решение задачи «из задачника», не могут решить их экспериментально (не «видят» пути решения). Это показывает опыт фрязинских олимпиад. Выход – учителю необходимо ставить демонстрационный эксперимент по известным задачам. В качестве примера Михаил Бенович показал опыт на закон Архимеда с шариком от пинг-понга: чтобы появилась выталкивающая сила, необходимо, чтобы вода была **под** погружённым телом. Шарик, находящийся в воронке (из пластиковой бутылки), не выталкивается водой, а наоборот придавливается ею к «устью» воронки, хотя вода слабой струйкой и подтекает под него. Но стоит только закрыть воронку снизу рукой, вода заполняет пространство под шариком, и он вылетает из-под воды, как чёрт из табакерки.



Стол перед кафедрой заставлен приборами: «поджаренный диод», «огненный пунктир»... Важно, чтобы дети видели кухню, а не только результат. Чжан заставляет провода светиться, лампочку – мигать, и сам улыбается в зал через облачко дыма. «О-о!» – раздаётся дружно. В руках этого потрясающего учителя



ля всё превращается в физический опыт: две старые бобины для перемотки киноплёнки, половинка бутылки и пинг-понговый шарик. «Физика – это предмет о предметах, о вещах, которые можно пощупать, в которые можно верить. А в электронном виде я могу изобразить всё что угодно, это антифизика», – говорит учитель.

Сорока минут не хватило, чтобы показать все опыты и ответить на все вопросы, так что демонстрации были продолжены и в перерыве. Хорошо, что устроители Марафона позаботились об общении посетителей в уютнейшем кафе. И вот, восстанавливая силы после семинара, Михаил Бенович поделился известной ему китайской методикой точечного массажа (его детство прошло в Китае) и грустной статистикой: 30% взрослого населения страны полагают, что Солнце вращается вокруг Земли! Пора бы снова астрономию возвести в ранг отдельных, многочасовых учебных предметов. Спасибо журналу за верность этой древней науке!

Василий Петрович Марков продолжил тему постановки классического эксперимента, проводимого с использованием новых возможностей, которые предоставляет современная техника, в данном случае компьютер. В качестве примера был выбран звук – звук, который несёт нам информацию об окружающем мире, уступая по информативности лишь зрению, а вместе с тем, как показал докладчик, и современные учебники, и современное планирование курса физики средней как базовой, так и профильной школы, либо не отводят места и времени совсем, либо отводят его слишком мало. Учитель предложил блок из пяти уроков по звуку, причём второй как раз и построен на экспериментальных исследованиях учеников с помощью современных технических устройств. Убедительно и с огромным лекторским мастерством аудитории было показано, как провести измерения скорости звука, получить спектр звукового сигнала и уяснить различие

между физическими и психофизическими характеристиками звука, используя лишь наушники от плеера и ноутбук (и его звуковую карту). Одна из участниц семинара на предложенном оборудовании сама произвела те же опыты, получив разумные значения скорости звука и тем самым продемонстрировав простоту освоения и надёжность предлагаемых методик проведения опытов. Настоящий мастер-класс: всё можно проделать самостоятельно, «пощупать» программу, убедиться, что работа несложна, но наглядна. Более того, по мере выполнения работы в голову приходят идеи о другом использовании программы, идеи новых экспериментов – и это здорово, и это великолепно!

Семинар «Увлекательная и развивающая физика». Как всегда, повышенный интерес, живое участие аудитории и яркие комментарии вызвали доклады, связанные с экспериментом и развивающими задачами. *Елена Валентиновна Алексеева* (ЧУ СОШ «Первая школа», г. Москва), ознакомила со своим элективным пропедевтическим курсом «Физика вокруг нас» (5–6 классы, 34 еженедельных занятия по 20–25 мин во внеурочное время). В курсе предлагается масса проективных и практических задач: как по положению радуги выяснить, что картинка сделана не с фотографии? В каких ботинках лучше всего ходить по горам? Как с завязанными глазами на ощупь определить, какой камень ты держишь в руке? Можно разобрать и голливудские фильмы на предмет соответствия законам физики: найти распространённые оптические и механические «ляпы». Мы уже публиковали в 2013/2014 уч. г. сценарии 34 занятий (всего 5 тем: • Основные понятия физики. Строение вещества • Механические явления. Силы в природе • Тепловые явления • Давление. Давление жидкостей и газов • Световые и звуковые явления. Свойства поверхности жидкости). Красочные интерактив-



Василий Петрович Марков и его восхищённые слушательницы





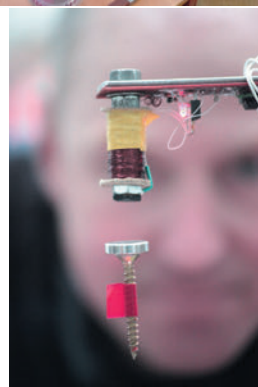
Елена Валентиновна
Алексеева



Андрей Евгеньевич Тарчевский и
Вэн Юньбин готовятся к демонстрации



▲ Вэн Юньбин
отлаживает
эксперименталь-
ную установку



Левитрон в
действии ►

ные презентации, включающие в себя gif-анимации и видеоролики, сопровождаются послайдовым текстом. Для тех, у кого медленный интернет, на Яндекс-диске выкладываются полные версии каждого занятия с возможностью скачать каждый файл отдельно. Адреса указаны в файлах с пояснительной запиской и с послайдовыми текстами. В 2014 г. предполагается публикация продолжения этого курса (второй год обучения) по темам: • Механические явления • Электрические явления • Магнитные явления • Физический калейдоскоп • Астрономический калейдоскоп.

Андрей Евгеньевич Тарчевский (лауреат гранта Москвы-2012, -2013 гг., учитель физики ГОУ СОШ № 179 МИОО, г. Москва) представил красивые и необычные опыты и демонстрации на уроках физики и на физическом практикуме (см. ЭП). Ассистировал ему Вэн Юньбин, его ученик, 11-классник. Некоторые опыты были похожи на фокусы и завораживали учителей, которые сами привыкли удивлять учеников. А под руководством своего учителя учащиеся пробовали создать... действующую модель гидроэлектростанции. Доклад вызвал живой отклик аудитории – вопросы, советы, дополнения.

Мастер-классы. Их было два – Вероника Алексеевна Соловьёва (Быковская СОШ № 15, Раменский район, Московская обл.) рассказала об экспериментальной составляющей реализации системно-деятельностного подхода на уроках физики при дистанционном обучении. Школа работает с детьми с ограниченными возможностями здоровья, но предложенную методику вполне можно использовать для обучения и тех, кто часто болеет или уезжает на соревнования. Предложенные уроки с использованием скайпа включают в себя не только объяснение теории, решение задач, но даже и выполнение лабораторных работ.

Второй неподражаемый мастер-класс «Эффективная проектная деятельность на основе занимательного эксперимента» провела автор наше-





Вероника Алексеевна Соловьёва



Галина Фёдоровна Туркина (справа) с ассистентом

го журнала Галина Фёдоровна Туркина (ГОУ ЦО «Технология обучения», г. Москва). С помощью не представляющего собой ничего особенного оборудования (пластиковые бутылки, воздушные шарики, аквариум, картошка, тряпочка с аппликаторами), Галина Фёдоровна ставит, в общем, известные опыты – но как она ставит! Как она их подаёт! Банальное выяснение того, «от чего зависит архимедова сила», на примере двух воздушных шаров разного размера, которые надо собственноручно погрузить под воду, запомнится надолго, после этого не будет путаницы с объёмом всего тела и объёмом его погружённой части. А какая интрига при проведении цепочки рассуждений при изучении атмосферного давления! Учителя со стажем ахали, когда вода из перевернутого стакана не вылилась даже после того, как лист снизу убрали! Тут же можно попробовать всё повторить самому. И на завтра, придя в школу, поделиться с детьми, подвести их к новому открытию. Желающие побывать на этом мастер-классе не смогли поместиться в отведённой аудитории, некоторым пришлось стоять в коридоре и наблюдать за действиями через открытую настежь дверь.

ИЗДАТЕЛЬСТВА

• **«ВАКО».** Татьяна Андреевна Ханнанова (к. п. н, учитель физики, автор электронного издания «1С: Школа. Физика. 7 кл.» и Рабочей тетради к учебнику А.В. Пёрышкина «Физика. 7 класс», старший научный сотрудник лаборатории дидактики физики ИСМО РАО) прочла лекцию «Полиграфические и электронные дидактические материалы по физике для достижения метапредметных результатов». Речь шла о качестве методических пособий по физике. «Некоторые рабочие тетради бывают устроены хуже, чем простые сборники задач, – высказала своё мнение Татьяна Андреевна. – Ответы не даны, задания скучные, однотипные. Рабочая тетрадь не панацея в освоении метапредметных навыков».

Что выдаёт хорошее пособие? Нацеленность на планомерно-поэтапное формирование умственной деятельности, варьирование типов заданий в рамках одной и той же темы, в то же время – наличие единого алгоритма для решения однотипных задач. Идеальная рабочая тетрадь по физике должна включать в себя подборку алгоритмов и схем, памятку о том, как решать задачи разных типов. Некоторые методисты говорят о сотнях алгоритмов, применимых в ходе изучения физики в школе, но каждый педагог волен сам выбирать, что использовать для обучения. Однозначно: скучное руководство «внимательно рассмотрите график – о чём он нам говорит?» мало поможет.

Татьяна Андреевна ознакомила с универсальным алгоритмом обучения ребёнка новому виду деятельности, который пригодится каждому учителю: сначала выполнять действия вместе с учениками, затем побудить их составить общую схему действий, затем – мотивировать работу на закрепление. На последнем этапе требуется от десяти до четырнадцати однотипных упражнений.



Татьяна Андреевна Ханнанова

• **«Дрофа».** Лекцию «Новое в деятельности учителя физики: готовимся к внедрению стандартов второго поколения» прочитала профессор *Наталья Сергеевна Пурешева* (д. п. н., заведующая кафедрой теории и методики обучения физике МПГУ, автор УМК Физика-7, -8, -9, -10, -11).

• **«Легион».** Лекцию на тему «Методика определения дифференцированных траекторий образования (технологических карт) при подготовке к ЕГЭ по физике» прочитал *Лев Михайлович Монастырский* (заслуженный деятель науки и образования РАЕН, профессор кафедры общей физики физического факультета Южного федерального университета, автор и редактор учебно-методических пособий издательства). Его пособиями для подготовки учащихся пользуются многие учителя. По мнению профессора, технологическая карта должна защищать педагога и учащихся от слишком быстрого и беглого изучения простейших явлений. Например, простая универсальная задача на силу трения, разобранная по косточкам и решённая несколько раз в разных вариантах, на ЕГЭ позволит решить все задачи про спуск с горки или про лыжников на трамплине. К решению надо подходить «в принципе». Вот задачки на влажность. Трудные, потому что начальный этап изучения свойств воды быстро проскакивается. А стоит потратить несколько дней на то, чтобы заставить воду в стакане испаряться, потом закрыть его крышкой и заставить её перестать испаряться. Идея насыщенного пара потом помогает решать сложнейшие задания молекулярной физики. То есть сначала – база, потом – нюансы.

• **«Мнемозина».** *Лев Элевич Генденштейн* (к. ф.-м. н., автор УМК «Физика-7–11») и *Ангелика Васильевна Кошкина* (учитель высшей квалификационной категории МБОУ СОШ № 37 г. Архангельск, почётный работник общего образования РФ, председатель предметно-методической комиссии Всероссийской олимпиады школьников, экс-

перт предметной комиссии ЕГЭ) представили свой новый УМК по физике для старшей школы – базовый и углублённый уровни (см. с. 15), о том, как можно систематизировать ключевые ситуации физики: движение системы тел, мёртвые петли, движение подвешенных грузов... Заметим, что речь идёт не о ключевых задачах, а о ключевых ситуациях. Ситуация – открытая структура, к ней вы с детьми можете поставить множество вопросов и задач.

• **«Национальное образование».** *Елена Евгеньевна Камзеева* (к. ф.-м. н., руководитель разработчиков КИМ ГИА-9, зав. лабораторией экспертно-аналитического отдела ГАУ МЦКО) рассказала об особенностях «Основного государственного экзамена по физике в 2014 г.». Идея с открытым банком заданий пришла осенью, потом подкрепилась госзаказом. Банк ФИПИ совершенно не удобен для учителей: задания собраны по четырём темам, чёткого разделения нет, ответы не даны. Сейчас в открытом банке задания для 9-го класса собраны в 27 линеек, по числу заданий в экзамене. На каждое задание от 100 до 200 примеров. Исключение составляют тексты на физическую тему – их не более 50, и новые тексты в этом году не появятся. То же и с экспериментами – их можно придумать сколько угодно, но мы должны опираться на реальные утверждённые комплекты пособий. Количество экспериментальных умений ограничено школьной программой и комплектацией школьных классов. Елена Евгеньевна констатировала: учителя получили совсем не тот открытый банк, которого ждали, это не более чем иллюстративный ряд, который можно учитывать при организации работы. К тому же файлы в pdf-формате, что ограничивает возможности для редактирования и оперативной работы. «Нам часто пеняют: вы придумываете хитрые задачи. А мы не хотим хитрить, мы против натаскивания, хочется проверить именно понимание. В будущем году ФИПИ будет придерживаться ранее взятой линии:



Профессор *Наталья Сергеевна Пурешева*



Профессор *Лев Михайлович Монастырский*



Александр Александрович Кудрявцев

как можно меньше задач на расчёт, как можно больше практических вопросов, три задачи и два вопроса с множественным ответом».

• **«Школьный мир».** Геннадий Григорьевич Никифоров (ИСМО РАО) и Олег Александрович Поваляев (фирма «Научные развлечения») представили фронтальные комплекты по физике нового поколения, выпускаемые компанией «Школьный мир» (см. с. 36). Лекция сопровождалась демонстрацией результатов, достигаемых с использованием этих комплектов, например, при изучении электромагнитной индукции (правило Ленца) или вынужденных колебаний. Было убедительно показано, что комплекты эффективны не только для проведения фронтального лабораторного эксперимента, но и для реализации ученической проектной деятельности. Для работы стандартного класса достаточно 16 комплектов (один комплект на двоих учащихся). В каждый комплект входят тематические наборы («Оптика и квантовая физика», «Электродинамика» и другие). Выпускаемые наборы впервые обеспечивают всё обучение по физике с 7-го по 11-й классы.

Учителей интересовало, естественно, и где эти комплекты купить, и сколько они стоят, и как согласуется список новых и вновь предлагаемых работ (вновь – потому, что часть из них – это работы 1960–70-х гг., воспроизведённые на новом оборудовании и, безусловно, обладающие новыми возможностями!) с уже существующими, можно ли дополнить предлагаемыми работами имеющиеся в кабинетах комплекты ГИА. Важный вопрос о разработке методик постановки новых работ, изучении новых экспериментальных и методических возможностей предлагаемого оборудования подняли Л.Э. Генденштейн и А.Ю. Пентин, заведующий лабораторией дидактики физики Института содержания и методов обучения РАО. В конце концов все согласились с тем, что оборудование интересное, нужное, но кроме его апробации в ряде школ (в частности, в Удельнинской гимназии Московской области) необходима и разработка методики постановки опытов, и более широкая апробация с участием разработчиков, учёных-методистов, авторов современных УМК, учителей, обсуждение результатов на страницах методических журналов по физике.

• **«Экзамен Медиа».** Александр Александрович Кудрявцев (руководитель проекта «Наглядная школа») вместе с Еленой Геннадьевной Светич (к. п. н., ведущий методист издательства «Экзамен-Медиа») представили «Работу с интерактивными учебными пособиями серии «Наглядная школа», версии 3.0, на уроках физики». Девиз проекта – максимальная наглядность для учеников и максимальный комфорт для учителя. Вниманию педагогов был представлен новый учебник с возможностью быстро на-

ходить нужную тему, распечатывать материал для урока, решать задачу на электронных «полях» традиционным способом, но в интерактивном режиме. Справочные таблицы можно рассматривать через виртуальное «увеличительное стекло». В приложении имеются виртуальные лаборатории, где можно при помощи компьютерной мыши показать детям, как пройдёт завтрашняя лабораторная работа, или быстро объяснить новый материал.

А.А. Кудрявцев привычным движением захватывает нарисованную латунную гирю и отправляет в нарисованную колбу с водой. Потом красным виртуальным маркером показывает, как изменился уровень воды. То же самое можно сделать на реальной лабораторной работе, но если ученик проболел – он сможет посмотреть, как это было. Учебник педагогам понравился, однако возник вопрос: есть ли демоверсия, чтобы показать администрации и убедить директора закупить пособие? Кудрявцев заверил, что фирма готова приехать в любую школу и собственноручно провести презентацию учебника.

Известный московский репетитор к. ф.-м. н. Леонид Иосифович Ястребов прочитал лекцию «ЕГЭ как повод изучить физику. Записки преподавателя». Он начал с вопроса: «Ещё шестьдесят лет тому назад Григорий Ландсберг в предисловии к учебнику физики отметил, что уровень знания физики у наших школьников непозволительно низок. А как оно вам теперь?» «Ещё хуже», – раздались голоса из зала.

Да, это так! В 80-е гг. коэффициент усвоения знаний у школьников был в пределах 10–30%, сейчас 3–10%. И особенно страдают физика, химия и география. В чём причина? Мы все выросли из традиционной линейной культуры, мы привыкли к ступенчатой системе познания. Сейчас культура стала мозаичной: никаких отправных точек, никаких определённых траекторий, нужно постоянно менять тему. А мы – люди книги: последовательны, внимательны, неповоротливы. Так почему бы не воспользоваться ЕГЭ, чтобы переломить ситуацию и начать обсуждать и обговаривать с учениками отдельные задания? Ребёнок с клиповым мышлением ничему не научится сам. Ни рефлексировать, ни систематизировать полученные знания. Леонид Иосифович поделился с собравшимися собственной программой подготовки школьников к ЕГЭ. Суть его подхода – «задержаться на простом, чтобы не плавать в сложном». Ну, а технология – «учите писать» всё, не пренебрегать черновиками, хотя бы рисовать для разгона – подкорка в нужный момент выдаст всё».

Итак, Марафон для учителей физики закончился. Но мы ждём вас в апреле следующего года.

ПРИХОДИТЕ!!! Не пожалеете.

Фото В.Строковского, Н.Милуковой, Е.Суханьковой

Новый УМК по физике для старшей школы — базовый и углублённый уровни



Представлен новый УМК по физике (ФИЗИКА 10–11 классы, базовый и углублённый уровни, авторы Л.Э. Генденштейн и др.) издательства «Мнемозина» на основе системно-деятельностного подхода к обучению, обеспечивающего максимальное вовлечение учеников в обучение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: День физики на Всероссийском педагогическом марафоне учебных предметов, УМК Л.Э. Генденштейна ФИЗИКА 10–11 классы, базовый и углублённый уровни

Л.Э. ГЕНДЕНШТЕЙН
genden@list.ru,
ИСМО РАО, г. Москва,
А.В. КОШКИНА
angko@yandex.ru, МБОУ СОШ
№ 37, г. Архангельск

Ты мне рассказал — и я забыл,
ты мне показал — и я запомнил,
ты меня вовлёк — и я научился.
Конфуций

ОСОБЕННОСТИ УМК

Состав УМК:

- Учебники для 10-го и 11-го классов (двухуровневые, полноцветные).
 - Задачники (трёхуровневые, двухцветные).
- Каждому параграфу учебника соответствует параграф задачника.
- Материалы для классной подготовки к ЕГЭ.
 - Рабочие программы с методическими рекомендациями.
 - Тетради для самостоятельных работ.
 - Тетради для лабораторных работ.
 - Видео с озвученными комментированными демонстрациями всех опытов.
 - Электронный учебник, содержащий озвученные поурочные презентации с многочисленными мультимедийными и интерактивными включениями.

Многофункциональность

Данный УМК *рекомендуется использовать в классах, где на изучение физики отводится от 2 до 5 часов в неделю*. Поскольку около 75% выпускников, сдающих ЕГЭ по физике, изучают её в школе на базовом уровне, им крайне необходим учебный материал, позволяющий с помощью учителя качественно подготовиться к ЕГЭ. Учебники, не готовящиеся к ЕГЭ, могут изучать часть материала (по усмотрению учителя), поскольку

опорные факты вынесены в начало каждого параграфа. Задачники содержат большое число задач базового уровня, что вполне достаточно для таких учащихся. В то же время учебники и задачники содержат большое число довольно трудных задач с подробным разбором решений, которые можно использовать для подготовки не только к ЕГЭ, но и к олимпиадам, а также на факультативных занятиях и элективных курсах.

Возможность реализовать дифференцированный подход к обучению

Учебник *двухуровневый*, что особенно актуально при изучении физики в старших классах, поскольку практически в каждом классе сегодня есть ученики как планирующие, так и не планирующие сдавать ЕГЭ. Благодаря доступному уровню изложения сильные ученики могут самостоятельно изучать более сложный материал, который можно впоследствии обсудить на уроке и ответить на возникшие вопросы.

Дополнительные вопросы и задания в конце каждого параграфа учебника, а также задачи повышенного и высокого уровней в задачнике предназначены для изучения физики на углублённом уровне (а также для учащихся, готовящихся к ЕГЭ по физике).

Разбор ситуаций, часто встречающихся в заданиях ЕГЭ

Таким ситуациям не всегда отводится достаточное внимание в различных учебниках, что приводит к неудачам выпускников на ЕГЭ. Например, в данном УМК довольно подробно разобраны:

- сложение скоростей и переход в другую систему отсчёта (особенно при движении на плоскости);
- учёт силы трения покоя при движении по горизонтали, вертикали и по наклонной плоскости;
- насыщенный пар и влажность;

- циклические газовые процессы и определение их КПД;
- расчёт электрических цепей с резисторами и конденсаторами;
- движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях;
- различные случаи электромагнитной индукции.

Обучение решению задач

Для этого последовательно используется авторский «метод ключевых ситуаций» (подробнее см. дистанционный курс 16-011 «Как научить решать задачи по физике (основная школа). Подготовка к ГИА» Педагогического университета «Первое сентября», авторы *Генденштейн Л.Э., Орлов В.А., Никифоров Г.Г.*, также публикации в № 16, 19, 23/2010). Он основан на том, что *тысячи* школьных задач по физике (в том числе задачи ЕГЭ) группируются вокруг нескольких десятков ситуаций. Именно эти *ключевые* ситуации тщательно систематизированы по всему школьному курсу физики. Показано, как *исследовать* ключевые ситуации, то есть как находить *закономерности*, связывающие характеризующие их величины. Это открывает ученикам дорогу к осознанному и заинтересованному решению тысяч задач по физике.

Почти в каждой главе учебников есть параграфы под рубрикой **«Готовимся к ЕГЭ: ключевые ситуации в задачах»**. Исследование ключевых ситуаций проводится *«от простого к сложному»*: предлагаются цепочки постепенно усложняющихся вопросов (как бы *«ступеньки»*, названные *а, б, в...*).

В качестве сюжетов многих задач в учебнике и задачнике используются задания из открытого банка заданий ЕГЭ.

Отсутствие резкой грани между теорией и задачами

Авторы УМК исходили из того, что *понимание* (а не заучивание!) теории происходит только в процессе решения задач. Поэтому, например, некоторые вопросы теории представлены в виде последовательности довольно простых задач (скажем, вывод формулы перемещения при равноускоренном движении). Кроме того, простые (обычно устные) задания для усвоения закономерностей и новых понятий приведены в тексте параграфа сразу же после их формулировки. Благодаря этому параграф учебника представляет собой канву сценария урока, построенного на основе системно-деятельностного подхода.

Приводим фрагменты из учебника и задачника из раздела «Готовимся к ЕГЭ: ключевые ситуации в задачах».

НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ (фрагмент учебника)

1. Движение груза, подвешенного на нити или на стержне

«Тройной вес». Шарик массой m подвешен в точке O на нити длиной l (рис. 33.1). Отведём его на угол 90° и отпустим без толчка. Шарик начнёт двигаться *по окружности*. Обозначим $\vec{v}$ скорость, с которой шарик проходит положение равновесия (рис. 33.2).

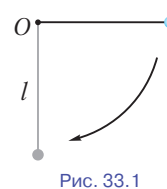


Рис. 33.1

? 1. Используя рисунок 33.2, ответьте на вопросы:

- Какие силы показаны на рисунке?
- Как направлено ускорение шарика?
- Выразите модуль равнодействующей через модули показанных сил.

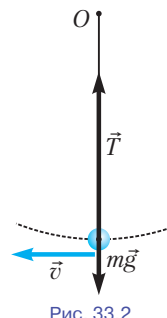


Рис. 33.2

? 2. Перенесите в тетрадь рисунок 33.2, укажите на нём ускорение шарика и объясните смысл следующих уравнений:

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} = mgl. & (1) \\ \frac{mv^2}{l} = T - mg. & (2) \end{cases}$$

? 3. Шарик массой 100 г подвешен на нити длиной 1 м. Его отклоняют на 90° и отпускают без толчка.

- Чему равна сила натяжения нити, когда шарик проходит положение равновесия?
- Во сколько раз вес шарика при прохождении положения равновесия больше силы тяжести?

Подсказки. Чтобы найти силу натяжения нити, удобно разделить уравнение (2) на уравнение (1). Вспомните определение веса тела.

Итак, в данном случае при прохождении шариком положения равновесия нить должна выдерживать *«тройной вес»*!

Поставим опыт

Сообщим шарiku в *нижней* точке такую скорость $\vec{v}_n$, чтобы он двигался в вертикальной плоскости *по окружности* (рис. 33.3). На рисунке показаны последовательные положения шарика через *равные* промежутки времени (их можно зафиксировать, например, с помощью видеосъёмки).

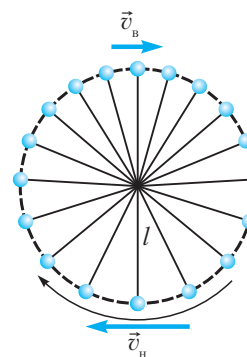


Рис. 33.3

? 4. Почему в верхней части рисунка расстояния между последовательными положениями шарика меньше?

? 5. Сделайте в тетради чертёж, на котором изобразите:

а) силы, действующие на шарик в верхней и нижней точках окружности (обозначьте $\vec{T}_в$ и $\vec{T}_н$ силы натяжения нити в этих точках);

б) ускорение шарика в этих точках.

? 6. Объясните смысл следующих уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_n^2}{2} - \frac{mv_v^2}{2} = 2mgl. \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_v^2}{l} = T_v + mg. \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_n^2}{l} = T_n - mg. \end{array} \right. \quad (5)$$

? 7. Подвешенный на нити шарик массой 100 г вращается в вертикальной плоскости. На сколько больше сила натяжения нити, когда шарик проходит положение равновесия, чем когда он находится в верхней точке окружности?

Подсказка. Удобно вычесть уравнение (4) из уравнения (5) и сравнить полученное уравнение с уравнением (3).

«Шестикратный вес». Пусть шарик движется по окружности. Тогда минимальная скорость, которую нужно сообщить шарiku в нижней точке, должна быть такой, чтобы сила натяжения нити обратилась в нуль только в верхней точке окружности.

? 8. Шарiku, подвешенному на нити длиной l , сообщили в нижней точке минимальную горизонтальную скорость, необходимую для того, чтобы он начал двигаться по окружности. Сделайте чертёж, на котором изобразите силы, действующие на шарик в верхней и нижней точках окружности. Чему в этом случае равны:

а) ускорение шарика в верхней точке окружности?

б) скорость шарика в верхней точке окружности?

в) скорость шарика в нижней точке окружности?

г) вес шарика в нижней точке окружности?

Подсказка. Воспользуйтесь уравнениями (3)–(5).

Итак, в этом случае, когда груз проходит нижнюю точку, нить должна выдерживать шестикратный вес груза!

В какой точке шарик сойдёт с окружности? Пусть теперь скорость шарика в нижней точке не-

достаточна для того, чтобы он мог совершить полный оборот. В таком случае есть две возможности:

1. Шарик не поднимется выше точки подвеса O . Тогда он начнёт колебаться между крайними положениями (рис. 33.4).

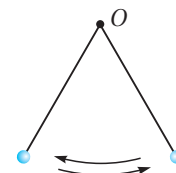


Рис. 33.4

2. Шарик поднимется выше точки подвеса, но сила натяжения нити обратится в некоторой точке A в нуль (рис. 33.5). После этого шарик будет двигаться по параболе, показанной красным пунктиром. Когда шарик находится в точке A , центростремительное ускорение ему сообщает только составляющая силы тяжести, направленная вдоль радиуса к центру окружности. На рисунке показано, как найти модуль этой составляющей (отрезок зелёного цвета).

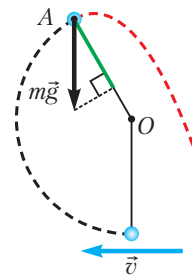


Рис. 33.5

? 9. Шарiku массой m , подвешенному на нити длиной l , сообщают горизонтальную начальную скорость v_0 . Когда шарик находится на высоте h , сила натяжения нити обращается в нуль. Обозначим v скорость шарика в этот момент. Используя рис. 33.6:

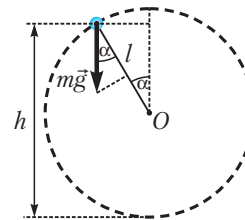


Рис. 33.6

а) объясните смысл уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = mgh. \end{array} \right. \quad (6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv^2}{l} = mg \cos \alpha. \end{array} \right. \quad (7)$$

б) выразите h через l и α .

? 10. Шарiku массой 200 г, подвешенному на нити длиной 50 см, сообщают горизонтальную скорость 4 м/с.

а) До какой высоты (по отношению к положению равновесия) шарик будет двигаться по окружности?

б) Чему равна сила натяжения нити, когда шарик находится на одной горизонтали с точкой подвеса?

Подсказка. Когда шарик находится на одной горизонтали с точкой подвеса, центростремительное ускорение шарiku сообщает только сила натяжения нити.

? 11. Небольшая шайба массой m лежит внутри закреплённого цилиндра. Ось цилиндра горизонтальна (рис. 33.7). Внутренний радиус цилиндра

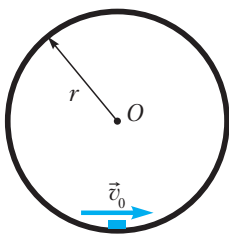


Рис. 33.7

30 см, стенки цилиндра *гладкие*. Какую скорость v_0 надо сообщить шайбе в горизонтальном направлении перпендикулярно оси цилиндра, чтобы она:

а) совершила полный оборот, двигаясь по окружности?

б) оторвалась от поверхности цилиндра на высоте 40 см?

Подсказка. Движение шайбы в цилиндре отличается от движения подвешенного на нити шарика только тем, что роль силы натяжения нити играет сила нормальной реакции, а длину нити l надо заменить на радиус цилиндра r .

Груз, подвешенный на стержне. Рассмотрим теперь вращение груза, подвешенного на лёгком *стержне* (массой стержня можно пренебречь). В отличие от нити стержень *сохраняет форму* и поэтому не даёт грузу сойти с окружности. По этой причине минимально возможная скорость груза в верхней точке равна *нулю*.

? 12. Шарик подвешен на лёгком стержне длиной l , который может вращаться без трения вокруг точки подвеса O .

а) Какова минимально возможная скорость шарика в верхней точке траектории?

б) Какую минимальную скорость надо сообщить шарiku в нижней точке, чтобы он совершил полный оборот?

в) Чему равен вес шарика в нижней точке?

Итак, подвешенному на стержне шарiku надо сообщить *меньшую* начальную скорость, чтобы он сделал полный оборот, чем в случае, когда шарик подвешен на нити *той же* длины.

2. Движение по «мёртвой петле»

Рассмотрим движение тела в вертикальной плоскости по гладкому жёлобу, переходящему в окружность (рис. 33.8). По аналогии с фигурой высшего пилотажа, когда самолёт совершает круговой виток в вертикальной плоскости, такое движение называют иногда «мёртвой петлёй».

Движение по круговому жёлобу очень похоже на рассмотренное выше движение подвешенного

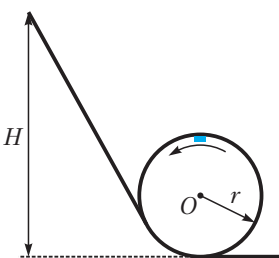


Рис. 33.8

на нити груза. Роль действующей на груз силы натяжения нити $\vec{T}$ играет теперь *сила нормальной реакции* $\vec{N}_в$, направленная тоже *по радиусу к центру окружности*. А моменту, когда сила натяжения нити обращается

в нуль, соответствует момент, когда тело *отрывается от жёлоба*.

? 13. Небольшая шайба массой m соскальзывает с высоты H по гладкому наклонному жёлобу, переходящему в окружность радиуса r , и движется по окружности, *не отрываясь от жёлоба*. Обозначим силу нормальной реакции $N_в$, действующей на шайбу в *верхней* точке окружности. Скорость шайбы в этот момент обозначим v .

а) Сделайте чертёж, на котором изобразите силы, действующие на шайбу в верхней и нижней точках окружности.

б) Объясните смысл следующих уравнений:

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} = mg(H - 2r). \\ \frac{mv^2}{r} = N_в + mg. \end{cases} \quad (8)$$

$$\frac{mv^2}{r} = N_в + mg. \quad (9)$$

? 14. Чему равна *минимальная* высота H_{min} , с которой должна соскальзывать шайба, чтобы она могла совершить полный оборот?

Подсказка. В этом случае $N_в$ обращается в нуль в верхней точке окружности.

Если начальная высота шайбы H меньше, чем H_{min} , то в некоторой точке шайба оторвётся от жёлоба. В этой точке сила нормальной реакции обращается в нуль.

? 15. Небольшая шайба массой m соскальзывает с высоты H по гладкому жёлобу, переходящему в окружность радиуса r , и отрывается от жёлоба на высоте h (по отношению к нижней точке окружности). Скорость шайбы в этот момент обозначим v .

а) Сделайте чертёж, на котором изобразите силы, действующие на шайбу в *момент отрыва* от жёлоба.

б) Используя этот чертёж, объясните смысл уравнений:

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} = mg(H - h). \\ \frac{mv^2}{r} = mg \frac{h - r}{r}. \end{cases} \quad (10)$$

$$\frac{mv^2}{r} = mg \frac{h - r}{r}. \quad (11)$$

? 16. Небольшая шайба массой 50 г соскальзывает с некоторой высоты H по гладкому жёлобу, переходящему в окружность радиуса 30 см, и отрывается от жёлоба на высоте 40 см (по отношению к нижней точке окружности).

а) Чему равно H ?

б) С какой силой шайба давит на жёлоб, когда она находится на одной горизонтали с центром окружности?

3. Соскальзывание с полусферы

Пусть на вершине гладкой полусферы радиуса r , укрепленной на столе, лежит небольшая шайба массой m (рис. 33.9). От незначительного толчка шайба начинает соскальзывать.

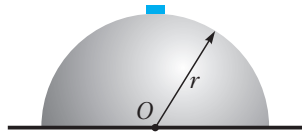


Рис. 33.9

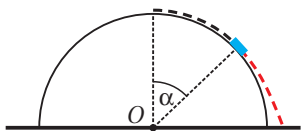


Рис. 33.10

Пока шайба скользит, действующая на неё сила нормальной реакции *уменьшается*. В некоторой точке она обратится в *нуль* – в этот момент шайба *оторвётся от полусферы* (рис. 33.10) и начнёт двигаться по параболе (красная пунктирная линия). Обозначим v скорость шайбы в момент отрыва от полусферы.

? 17. Сделайте чертёж, на котором изобразите силы, действующие на шайбу в момент отрыва от полусферы, и направление скорости шайбы в этот момент. Обозначьте h высоту, на которой находится при этом шайба, α – угол между радиусом, проведённым к шайбе, и вертикалью. Используя этот чертёж:

а) объясните смысл уравнений

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} = mg(r-h), \\ \frac{mv^2}{r} = mg \cos \alpha. \end{cases} \quad (12)$$

(13)

б) выразите h через r и α .

в) выразите h через r .

? 18. На вершине гладкой сферы лежит небольшая шайба массой m , соединённая нитью с грузом массой M (рис. 33.11). В начальный момент тела покоятся. Их отпускают без толчка. Шайба отрывается от полусферы, когда угол между радиусом, проведённым к шайбе, и вертикалью равен α .

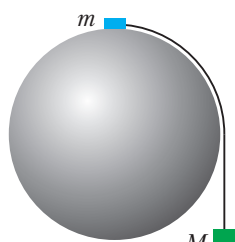


Рис. 33.11

Шайба отрывается от полусферы, когда угол между радиусом, проведённым к шайбе, и вертикалью равен α .

Обозначим v модуль скорости тел в момент отрыва.

а) Сделайте чертёж, на котором изобразите силы, действующие на шайбу в момент отрыва от полусферы.

Подсказка. В момент отрыва на шайбу действуют только сила тяжести и сила натяжения нити, направленная по касательной к окружности.

б) Насколько опустилась шайба и насколько опустился груз к моменту отрыва шайбы по сравнению с их начальным положением?

Подсказка. См. рисунок 33.12. Шайба опустилась на расстояние, отмеченное синим отрезком, а груз опустился на расстояние (зелёный отрезок), равное длине дуги, пройденной шайбой до отрыва (зелёный пунктир). Длина дуги равна $r\alpha$ (где α задана в радианах).

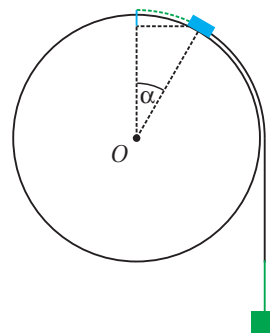


Рис. 33.12

в) Используя этот чертёж, объясните смысл уравнений:

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} = mgr(1 - \cos \alpha) + Mgr\alpha, \\ \frac{mv^2}{r} = mg \cos \alpha. \end{cases}$$

Подсказка. Действующая на шайбу сила натяжения нити направлена по касательной к окружности. Поэтому центростремительное ускорение шайбе перед самым отрывом сообщает только составляющая действующей на шайбу силы тяжести, направленная по радиусу к центру окружности.

г) Чему равно отношение M/m , если $\alpha = \pi/6$?

НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ* (фрагмент задачника)

Повышенный уровень

1. На нити длиной 1 м подвешен груз массой 1 кг. На какую высоту надо отвести груз от положения равновесия, держа нить натянутой, чтобы при прохождении груза через положение равновесия сила натяжения нити была равна 15 Н?

2. Подвешенный на нити груз массой 0,2 кг совершает колебания в вертикальной плоскости. На какой наибольший угол отклоняется нить от вертикали, если при прохождении положения равновесия сила натяжения нити равна 3,2 Н?

3. Подвешенный на нити шарик массой m совершает колебания в вертикальной плоскости. Когда шарик проходит положение равновесия, сила натяжения нити равна $2mg$. На какой максимальный угол от вертикали отклоняется нить? Чему равна при этом сила натяжения нити?

4. Какую минимальную горизонтально направленную скорость необходимо сообщить шарiku, подвешенному на нити длиной 50 см, чтобы он описал полную окружность в вертикальной плоскости?

*При решении задач этого параграфа трением и сопротивлением воздуха можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

5. Шар массой 300 г висит на нити длиной 1 м. В шар попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой 10 г. При какой минимальной скорости пули шар с застрявшей в нём пулей совершит полный оборот в вертикальной плоскости?

6. Груз подвешен на лёгком стержне длиной 50 см. Какую минимальную горизонтально направленную скорость надо сообщить грузу, чтобы он совершил полный оборот?

7. Небольшая шайба начинает скользить по гладкому жёлобу, переходящему в «мёртвую петлю» радиуса 20 см. Какой должна быть минимальная начальная высота шайбы, чтобы шайба прошла всю «мёртвую петлю», не отрываясь от жёлоба?

8. Небольшая шайба массой 100 г начинает скользить по гладкому жёлобу, переходящему в «мёртвую петлю» радиуса 10 см (рис. 33.1). В начальный момент шайба находится на высоте 50 см. Шайба проходит всю «мёртвую петлю», не отрываясь от жёлоба. С какой силой жёлоб давит на шайбу в верхней точке «мёртвой петли»?

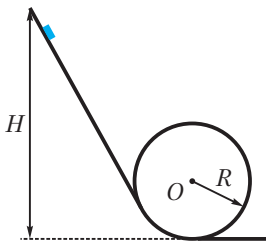


Рис. 33.1

9. Небольшая шайба начинает соскальзывать с гладкой полусферы радиуса 30 см, укрепленной на столе (рис. 33.2). На какой высоте от стола шайба оторвется от полусферы?

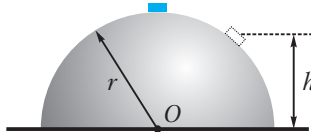


Рис. 33.2

10. На вершине гладкой полусферы радиуса R лежит небольшая шайба. Шайбе сообщают скорость в горизонтальном направлении. На какой высоте h от стола шайба оторвется от полусферы?

11. Небольшая шайба начинает соскальзывать с гладкой полусферы радиуса R , укрепленной на столе. Чему равен модуль v скорости шайбы непосредственно перед её падением на стол?

Высокий уровень

12. Шарик массой m , подвешенный на нити, отклоняют так, чтобы нить стала горизонтальной, и отпускают. При каком угле между нитью и вертикалью сила натяжения нити будет равна mg ?

13. Шарик массой m , подвешенный на нити длиной l , отклоняют так, чтобы нить стала горизонтальной, и отпускают. Какой угол образует нить с вертикалью в момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально? Каковы в этот момент скорость шарика и сила натяжения нити?

14. Шарик подвешен в точке A на нити длиной l . В точке B на расстоянии $l/2$ ниже точки A в стену

вбит гвоздь (рис. 33.3). Шарик отводят так, чтобы нить становилась горизонтальной, и отпускают. При движении нить зацепляется за гвоздь. На какой высоте после этого (считая от нижней точки траектории шарика) исчезнет сила натяжения нити?

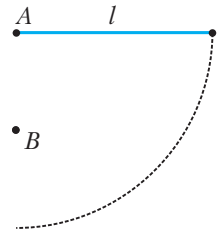


Рис. 33.3

15. Небольшая шайба массой m лежит внутри закреплённого цилиндра с горизонтальной осью (рис. 33.4). Внутренний радиус цилиндра 30 см, внутренние стенки цилиндра гладкие. Чему равен модуль v_0 горизонтальной скорости, которую надо сообщить шайбе в направлении, перпендикулярном оси цилиндра, чтобы она оторвалась от поверхности цилиндра на высоте 40 см?

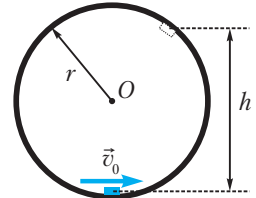


Рис. 33.4

16. Наклонная плоскость AB длиной 1 м и горизонтальная поверхность касаются расположенного в вертикальной плоскости обруча радиусом 30 см с центром в точке O (рис. 33.5). Небольшая шайба скользит вдоль наклонной плоскости из точки A . Какую минимальную начальную скорость надо сообщить шайбе, чтобы она оторвалась от опоры в точке B ? Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой равен 0,2, угол $\alpha = 30^\circ$.

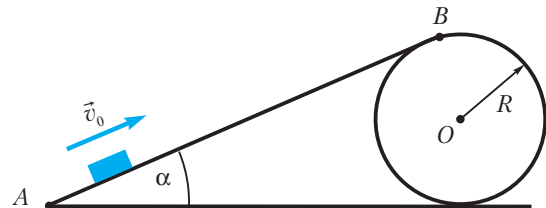


Рис. 33.5



Анжелика Васильевна Кошкина и Лев Элевич Генденштейн

Исследование явлений отражения и преломления света

Описан опыт обучения физике учеников с ограниченными возможностями здоровья в рамках технологии дистанционного обучения с акцентом на эксперимент с использованием цифровых лабораторий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: День физики на Всероссийском педагогическом марафоне учебных предметов, физический эксперимент



В.А. СОЛОВЬЁВА

uchitelka_01@mail.ru,
Быковская СОШ № 15,
пос. Быково, Раменский район,
Московская обл.

Наша школа с 2011 г. участвует в инновационном проекте «Дистанционное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья». Считаю, что ребята, которые в силу обстоятельств вынуждены обучаться на дому, тоже должны выполнять экспериментальные исследования и организую их с использованием цифровых лабораторий.

В проекте я уже не первый год. Замечу, что с каждым годом желающих обучаться дистанционно увеличивается. В этом году у меня 13 таких учеников (по два в 7-м, 8-м и в 9-м классах, три в 10-м и четыре в 11-м). Честно скажу, что сильно волнуюсь, когда узнаю их истории, общаюсь по телефону, скайпу, электронной почте. Все эти ребята – со своими особенностями здоровья, но у всех огромное желание обучиться всему, в том числе и такому предмету, как физика.

Многие требования стандарта (личностные результаты, деятельностный подход, метапредметные результаты [1, 2]), которые часто для нас привычны, формальны, по отношению к этим ребятам приобретают реальный смысл. Почему? Они получают результат только через преодоление, через трудную

(в обычном житейском понимании) работу. Каждое такое преодоление и есть личностный результат, достигнутый в процессе деятельности.

Цифровые лаборатории позволяют организовать реальную экспериментальную деятельность домашних учеников.

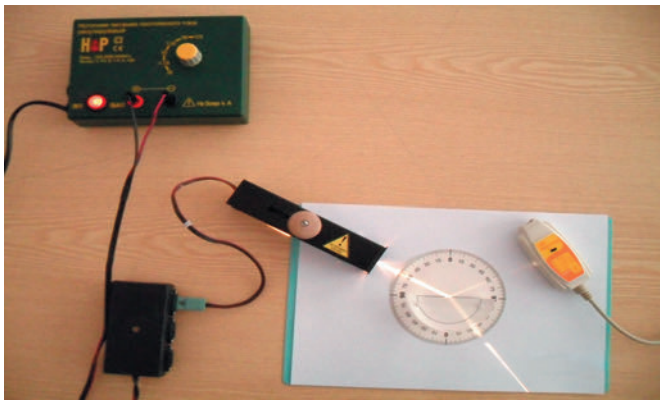
Переход согласно новому Стандарту к деятельностному характеру обучения требует введения в учебный процесс исследовательских лабораторных работ [3]. Предлагаю как пример урок «Исследование особенностей явления отражения и преломления света» в 8-м классе, на основе деятельностного подхода, где учтены все требования ФГОС [1]. Обращаю внимание, что ученик с ограниченными возможностями здоровья выполняет не виртуальную лабораторную работу, а исследование на *реальном оборудовании*. Теоретической основой исследования является закон сохранения энергии в процессе отражения и преломления света (см. таблицу «Доля отражённой энергии при различных углах падения света на поверхность стекла» на с. 220 в 3-м томе учебника Ландсберга Г.С. [4]).

Как известно, ни в основной, ни в средней полной школе фотометрия не изучается. Поэтому, во-первых, исследование проводится на качественном уровне, а во-вторых, в адаптированном к школьным условиям виде – освещённость связывается с энергией света, падающего на поверхность, через функцию видности [4]: ученик сравнивает освещённость, которую создают отражённый и преломлённый пучки света на поверхности датчика освещённости.

Для организации дистанционного урока [5, 6] ученику поставляется оборудование: • персональный компьютер с необходимым программным обеспечением (программа *Skype*) и выходом в интернет (наушники или колонки, *Web*-камера, микрофон). Ученик использует оборудование и лабораторное (рабочее поле, осветитель, регулируемый источник тока, стеклянный полуцилиндр, транспортир картонный), и датчик освещённости из цифровой лаборатории по физике «Архимед», а также простой и удобный в использовании регулируемый источник тока фирмы «Научные развлечения». Аналогичное оборудование использует учитель.



Быковская СОШ № 15



Цифровая лаборатория «Архимед» – есть и у ученика, и у учителя. Справа на листе – датчик освещённости

Техническая составляющая

Компьютер
с выходом в
Интернет

Программ-
ное обеспе-
чение (*Skype*)

Web-камера
Наушники
Микрофон

Ученик проверяет справедливость выполнения закона сохранения энергии применительно к световому пучку, используя датчик освещённости. Для проведения уроков такого типа целесообразно составлять карту урока для ученика, в которой написаны этапы решения познавательной задачи экспериментальным методом и таблицы к уроку, например, по книге Д.А. Ивашкиной [1].

Структуры дистанционного урока и традиционного урока в школе схожи, если не считать технической составляющей (см. схему). Поэтому всегда урок начинается с организационного этапа (выход в интернет, соединение в *Skype*). И это один из важных моментов урока – ведь он является определяющим.

Далее, как и на обычном уроке в классе, мы ставим перед собой цели и задачи на данный урок:

«Сегодня мы с тобой наблюдаем основные особенности явления отражения и преломления светового пучка. Это наша с тобой на сегодня познавательная задача. Решать её мы будем экспериментальным путём: выдвинем гипотезу и будем проверять её экспериментально. После этого сделаем выводы и подведём итоги урока. Но сначала давай вспомним материал, который проходили на прошлом уроке».

В процессе актуализации повторяются вопросы: • Что происходит, если на границу раздела двух сред падает световой пучок? • Что такое отражение? • Законы отражения? • Что такое преломление? • Законы преломления?

Ученик отвечает на вопросы. Далее идёт основная часть урока – в нашем случае, экспериментальное исследование. Особое внимание хотелось бы

КАРТА УРОКА УЧЕНИКА

Познавательная задача урока: основные явления, наблюдаемые при падении светового пучка на границу раздела двух сред, и описывающие их законы.

Решение познавательной задачи экспериментальным методом

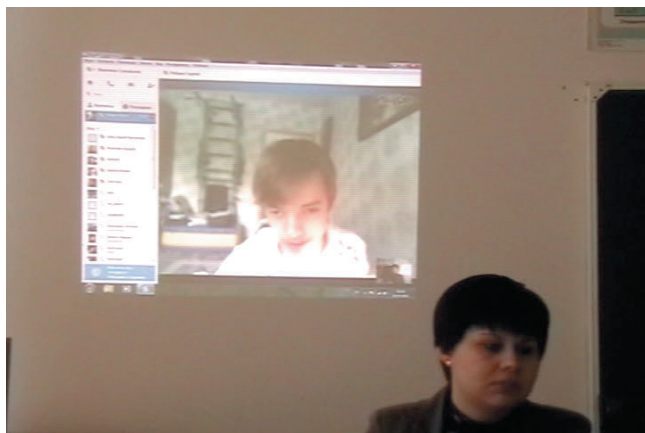
Схема деятельности по решению познавательной задачи экспериментальным методом:

- что необходимо сделать для решения познавательной задачи;
- какое оборудование необходимо для проведения исследования;
- сборка установки для эксперимента;
- пошаговое планирование проведения эксперимента
- проведение эксперимента;
- вывод по результатам исследования.

Таблица 1. Основные свойства светового пучка, падающего на границу раздела двух сред, и описывающие их законы

Таблица 2. Проверка справедливости выполнения закона сохранения энергии для светового пучка

Угол падения светового пучка	Показания датчика освещённости, которую создаёт		
	падающий световой пучок	отражённый световой пучок	преломлённый световой пучок
60°			
80°			



Беседа учителя и ученика на этапе актуализации знаний



уделить именно этой части урока. Ученик работает с картой урока и проводит исследовательскую работу, используя специализированное оборудование.

Учитель. Давай посмотрим на схему деятельности по решению познавательной задачи экспериментальным методом. Какие этапы мы должны пройти, чтобы получить результат?

Ученик. Сначала надо разработать идею эксперимента.

Учитель. Правильно, то есть поставить перед собой цель. Какая она на нашем уроке сегодня?

Ученик. Пронаблюдать основные особенности явления отражения и преломления света.

Учитель. Правильно. Что дальше?

Ученик. Проектирование экспериментальной установки.

Учитель. То есть надо знать, какое оборудование нам для этого понадобится? Перечисли оборудование, которое находится перед тобой.

Ученик. Рабочее поле, датчик освещённости, осветитель, регулируемый источник тока, стеклянный полуцилиндр, транспортир картонный.

Учитель. Хорошо. Следующий этап какой?

Ученик. Конструирование экспериментальной установки.

Учитель. Да, верно. Давай соберём и настроим нашу экспериментальную установку. Итак! На ра-

бочем поле расположи картонный транспортир, на него поставь стеклянный полуцилиндр. Рядом расположи осветитель и подключи его к регулируемому источнику тока. Датчик освещённости подключи к компьютеру и запусти программу *MultiLab* для регистрации данных с датчика. Получилось?

Ученик. Да.

Учитель. Хорошо. Продемонстрируй мне установку (*ученик показывает по скайпу*).

Учитель. Какой следующий этап экспериментального метода решения задачи?

Ученик. Составление плана проведения эксперимента с помощью экспериментальной установки, проведение эксперимента и формулирование вывода по результатам.

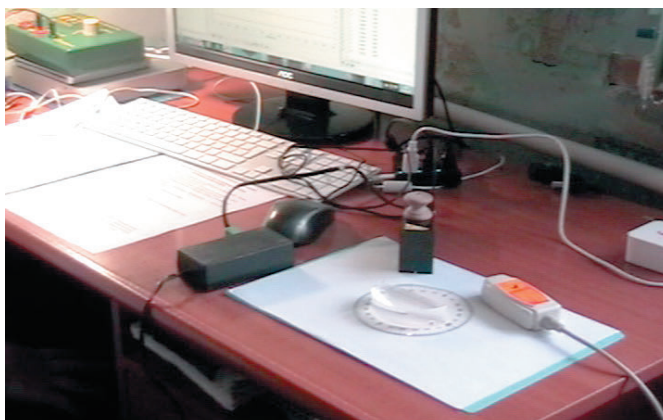
Учитель. Правильно! Тогда приступим к проведению эксперимента. Давай пронаблюдаем основные особенности светового пучка, падающего на границу раздела двух сред, и заполним табл. 1 в карте урока.

Далее ученик проводит исследование под руководством учителя, который направляет ученика:

- Включи осветитель и направь световой пучок на стеклянный полуцилиндр. Что ты наблюдаешь?
- Давай сравним углы падения и преломления при переходе светового пучка из воздуха в стекло
- Давай сравним угол падения и угол отражения на гра-



Сергей Рябцев и собранная им экспериментальная установка



нице раздела двух сред. Вопросы помогают ученику самостоятельно провести исследование и добиться результата. Заполнение табл. 2 по итогам проведённого эксперимента не вызывает трудностей, и ученик самостоятельно подводит итоги исследования (заполняет таблицу).

Но на этом урок не заканчивается. Ведь мы хотели проверить справедливость выполнения закона сохранения энергии применительно к световому пучку. Продолжаем диалог учитель–ученик.

Учитель. Теперь давай посмотрим, что мы будем наблюдать, если изменим угол падения. Направь световой пучок перпендикулярно границе раздела двух сред, то есть угол падения 0° .

Ученик. Отражение также под углом 0° .

Учитель. Будем увеличивать угол падения. Что можно сказать про яркость преломлённого и отражённого лучей?

Ученик. Яркость преломлённого луча становится меньше, а отражённого – больше.

Учитель. То есть энергия преломлённого луча уменьшается, а энергия отражённого луча – увеличивается. Давай сформулируем гипотезу насчёт энергии!

Ученик. Энергия падающего светового пучка делится на энергию отражённого и преломлённого пучков. Если применить закон сохранения энергии, то получается, что исходящий пучок делится на отражённый и преломлённый, причём энергия преломлённого пучка уменьшается, а отражённого – увеличивается. А их сумма (на качественном уровне) равна энергии падающего пучка.

Учитель. Правильно! Давай проверим эту гипотезу, используя датчик освещённости, и заполним табл. 2. Измерим освещённости, которые создают преломлённый и отражённый световые пучки при двух разных углах падения и сравним с освещённостью, которую создаёт падающий световой пучок.

(Далее под руководством учителя ученик проводит исследование и заполняет табл. 2 в карте урока. Так как ученик «нестандартный», ему необходимо ещё раз напомнить последовательность его действий при проведении эксперимента. Но я уве-

рена, что систематическое проведение исследовательских работ выработает навык самостоятельной работы, и такая частая помощь ученику будет не нужна. В завершение урока подводятся итоги и делается вывод о проведённой работе, записывается домашнее задание.)

В конце каждого урока каждому своему ученику я задаю один и тот же вопрос: что больше всего тебе запомнилось и понравилось на уроке? Они отвечают по-разному, но всегда с интересом и вдохновением. Так вот, после этого урока я услышала такой ответ: работа с оборудованием, она очень интересна и увлекательна; можно самому провести исследовательскую работу с реальным оборудованием.

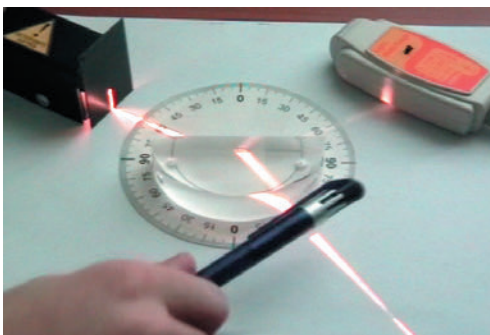
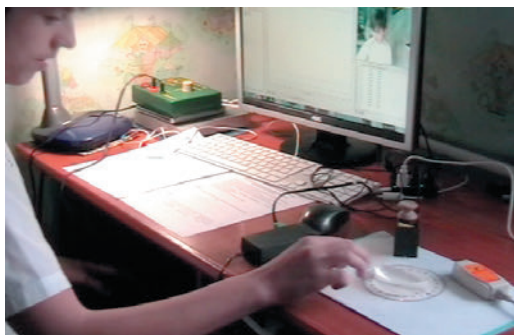
Это было очень приятно слышать. Ведь именно на этом я и хотела акцентировать внимание ученика. Ребёнок, находящийся дома по причине своего нездоровья, не должен чувствовать себя ущемлённым в чём-либо. Он должен чувствовать себя просто учеником, способным выполнять ту же работу, что и его ровесники в классе. И это главный успех уроков такого типа!

Дистанционное обучение детей с ограниченными физическими возможностями – способ получения образования теми учащимися, которые не могут посещать школу. Для некоторых детей – это единственный способ получения школьного образования, а в последствии – и профессионального.

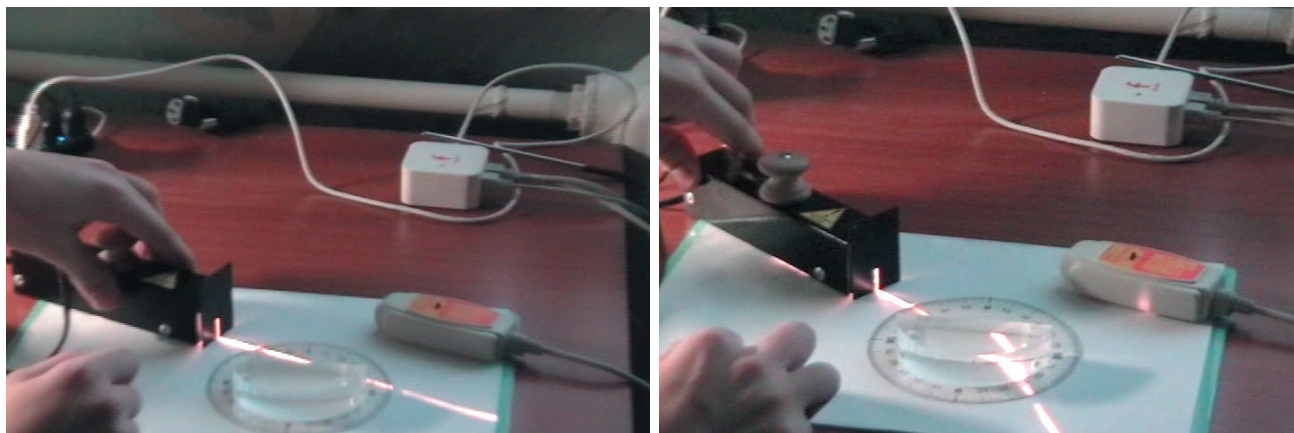
Благодаря созданным условиям дети обучаются всем предметам, в том числе и физике.

Мой опыт показывает, что работая с детьми с ограниченными возможностями, можно проводить не только виртуальные работы, но и реальные исследовательские лабораторные работы согласно требованиям ФГОС.

Ясно, что в реальной педагогической практике невозможно отделить работу с учениками в классе и дистанционную работу. Идеи самостоятельных исследований, которые разрабатываются для учеников с ограниченными возможностями здоровья, и применяемые в классе, являются общими. Они, естественно, различаются по оборудованию: в школе только планируется приобрести цифро-



Ученик убеждается в ходе эксперимента, что угол падения равен углу отражения



Ученик убеждается в ходе эксперимента в справедливости закона сохранения энергии для светового пучка

Так выглядят заполненные таблицы в карте ученика

Таблица 1. Основные свойства светового пучка, падающего на границу раздела двух сред, и описывающие их законы

Отражение светового пучка
Преломление светового пучка
Угол падения равен углу отражения
Угол падения больше угла преломления

Таблица 2. Проверка справедливости выполнения закона сохранения энергии для светового пучка

Угол падения светового пучка	Показания датчика освещённости, которую создаёт		
	падающий световой пучок	отражённый световой пучок	преломлённый световой пучок
60°	30	9	18
80°	30	19	9

вые лаборатории. Поэтому, например, при фронтальном исследовании преломления изучается только зависимость угла преломления от угла падения, а энергетическое исследование предлагается как проектное. Часто я провожу совместные уроки – ученик дистанционного обучения принимает участие в классно-урочной системе – работает совместно с классом, выполняющим фронтальное исследование. Учитель тогда – тьютор и для тех, кто в классе, и для работающего дома. Такого типа уроки дают положительные результаты. Заинтересованность к предмету возрастает у обеих сторон!



Вероника Алексеевна Соловьёва – учитель физики I квалификационной категории. Окончила школу с медалью, в 2004 г. Окончив МГОУПИ с отличием, вернулась в родную школу – теперь уже преподавателем.

Литература

1. Ивашкина Д.А. Деятельностный подход на уроках физики: организация учебного исследования. М.: Илекса, 2014.
2. Разумовский В.Г., Майер В.М. Физика в школе: научный метод познания. М.: ВЛАДОС. 2004.
3. Фадеева А.А., Никифоров Г.Г., Демидова М.Ю., Орлов В.А. Физика. Планируемые результаты. Система заданий. 7–9 классы / Под ред. Ковалевой Г.С. и Логиновой О.Б. М.: Просвещение, 2014.
4. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. М.: Наука, 1985. Т. 3 «Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика», с. 220.
5. Ибрагимов И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения. / Под ред. А.Н. Ковшова. М.: Академия, 2005.
6. Полат Е.С. Бухаркина М.Ю. Теория и практика дистанционного обучения М.: Академия, 2004.

Явление электромагнитной индукции



Приведён сценарий урока объяснения нового материала с применением демонстрационного эксперимента и ИКТ, 11 класс. Этап актуализации знаний проводится путём фронтального опроса и сообщения ученика о жизни М. Фарадея. Учитель ставит проблему возможности получения электрического тока в проводнике с помощью переменного магнитного поля. Учащиеся через демонстрационные опыты убеждаются, что поднятая проблема разрешима и знакомятся с явлением электромагнитной индукции. Для закрепления знаний проводится практическая работа. Домашнее задание носит дифференцированный характер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», урок объяснения нового материала, Майкл Фарадей, электромагнитная индукция, индукционный ток, магнитный поток, 11 кл.

Р.Г. ШАФЕЕВ

schaframil@yandex.ru,
МБОУ СОШ с. Талачево,
МР Стерлитамакский
Республика Башкортостан

Цели урока: раскрыть суть явления электромагнитной индукции; дать понятие об индукционном токе; научить учащихся применять знания в новой ситуации, развивать умения объяснять окружающие явления; дать понятие о значении данного явления в электроэнергетике; привлечь интерес к жизни Майкла Фарадея, основоположника учения об электромагнитном поле; привить навыки и умения обращения с измерительными приборами.

Учащиеся должны знать: понятия электромагнитной индукции и индукционного тока.

Учащиеся должны уметь: объяснять явления на основе электромагнитной индукции.

Оборудование: портрет Фарадея, приборы для демонстрации электромагнитной индукции: два гальванометра, источники тока ВС-24, РНШ; разборный трансформатор и принадлежности к нему, полосовые магниты (2 шт.), ключ, реостат на 15 Ом; для практической работы 5 комплектов на 10 учащихся (миллиамперметр, катушка-моток, магнит дугообразный).

Ход урока

I. Организационный этап (2 мин)

Учитель. Наш урок имеет непосредственное отношение к повседневной практике. Ваши ответы будут зависеть от наблюдательности и от умения анализировать свои наблюдения.

II. Подготовка к восприятию нового материала (14 мин)

Фронтальный опрос: • Перечислите основные свойства магнитного поля • Как называется сило-

вая характеристика магнитного поля? • Укажите способы определения направления вектора магнитной индукции • Сформулируйте правило буравчика • Какие линии называются линиями магнитной индукции? • Какие поля называют вихревыми? • Как определяется модуль вектора магнитной индукции? • В каких единицах выражается магнитная индукция?

Учитель. При изучении электрических явлений вы узнали, что взаимодействие неподвижных зарядов определяется законом Кулона. Кулоновское взаимодействие описывается на основе представлений о существовании вокруг каждого заряда электрического поля, действующего на другие электрические заряды.

Движущиеся электрические заряды (электрические токи) взаимодействуют друг с другом не только с помощью кулоновских сил, но ещё и магнитных сил. Магнитное взаимодействие описывается на основе представления о магнитном поле, возникающем вокруг движущихся электрических зарядов. В отличие от кулоновского поля, действующего как на движущиеся, так и на неподвижные электрические заряды, магнитное поле действует только на движущиеся заряды.

Электрические и магнитные поля порождаются одними и теми же источниками – электрическими зарядами. Поэтому можно предположить, что между этими полями существует определённая связь. Это предположение нашло экспериментальное подтверждение в 1831 г. в опытах выдающегося английского физика Майкла Фарадея, с помощью которых он открыл явление электромагнитной индукции.

Послушаем сообщение (фамилия-имя учащегося) о жизни и деятельности М. Фарадея* (см. приложение 1 в ЭП [2, 3]).

*См. приложение 1 в ЭП [2, 3].

А теперь смотрим, что происходит: вносим полюсовую магнит в замкнутый контур, соединённый с гальванометром, и выносим его.

Проблема 1 (мотивация): откуда появился ток в замкнутом контуре? (*Выслушивает предположения учащихся.*) Что представляет собой контур?

Учащиеся. Замкнутый проводник.

Учитель. Что существует вокруг полюсового магнита?

Учащиеся. Магнитное поле.

Учитель. Что появляется, когда в контур вносят (или выносят из него) магнит?

Учащиеся. Появляется ток в замкнутом контуре.

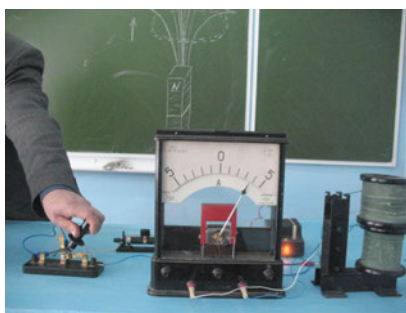
Учитель. Что происходит с числом линий магнитной индукции при внесении магнита в замкнутый контур (вынесении из него)?

Учащиеся. Их число изменяется.

Вывод. Причина возникновения электрического тока в замкнутом контуре – изменение магнитного потока, пронизывающего замкнутый контур.

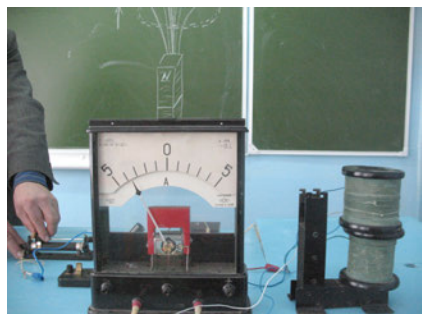
III. Изучение нового материала (15 мин)

Опыт 1. Возникновение индукционного тока в



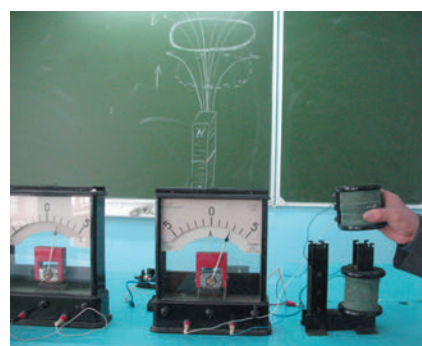
одной из катушек в момент замыкания или размыкания электрической цепи другой катушки.

Опыт 2. Возникновение индукционного тока



при изменении силы тока в одной из катушек с помощью реостата.

Опыт 3. Возникновение индукционного тока



при взаимном перемещении катушек друг относительно друга.

Учитель. Что общего в показанных опытах? От чего зависит появление индукционного тока?

Учащиеся. В замкнутом проводящем контуре возникает ток при изменении числа линий магнитной индукции, пронизывающих поверхность, ограниченную этим контуром.

Учитель. Это явление впервые было обнаружено Майклом Фарадеем в 1831 г. Оно было названо *явлением электромагнитной индукции*. Послушаем определения, приведённые в учебнике [1] (*ученик зачитывает*).

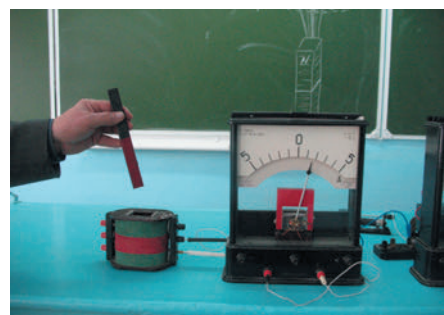
Определение 1. Электромагнитная индукция – физическое явление, заключающееся в возникновении вихревого электрического поля, вызывающего электрический ток в замкнутом контуре при изменении числа линий магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

Определение 2. Ток, возникающий в замкнутом контуре, называется индукционным.

Учитель. А теперь заслушаем сообщения, подготовленные нашими учащимися (*см. Приложения в ЭП*): • Об открытии М. Фарадеем явления электромагнитной индукции • О значении явления электромагнитной индукции в электроэнергетике (*см. Приложение 3 [1] в ЭП*).

Проблема 2 (мотивация): от чего зависит величина и направление индукционного тока?

Опыт 4. Внесение магнита в замкнутый контур и вынесение его из контура: • сначала одного стержневого магнита, затем – двух сразу • сначала одним полюсом вниз, затем другим • сначала медленно, затем быстро.



Учащийся (формулирует вывод). Величина индукционного тока зависит от величины магнитной индукции, от скорости изменения числа линий магнитной индукции, пронизывающих контур, а направление – от направления вектора магнитной индукции.

IV. Закрепление знаний, умений, навыков (6 мин)

Опыт 5. Поворот рамки одного гальванометра, соединённого с другим гальванометром.

Учитель. Как называется наблюдаемое явление? Какой ток возникает во втором гальванометре? Объясните причину возникновения индукционного тока.



V. Практическая работа (8 мин)

Цель: изучить явление электромагнитной индукции.

Учитель. Подключите моток к миллиамперметру и ответьте на следующие вопросы: • Возникал ли индукционный ток во время движе-

ния магнита относительно катушки, во время остановки? • Изменяется ли число линий магнитной индукции, пронизывающих моток, во время движения магнита? во время остановки?

Домашнее задание.

§ 8, повторить § 2 (правило буравчика).

Литература

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. 11 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2010.
2. Энциклопедия «Сто великих учёных».
3. Краткая биография Майкла Фарадея. URL: <http://citaty.su/faradej-kratkaya-biografiya-majkla-faradeya>.
4. Фарадей, Майкл. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

Рамил Газимуллович Шافеев – учитель физики высшей квалификационной категории, окончил физико-математический факультет. Стерлитамакского ГПИ в 1971 г., педагогический стаж 43 года. Всю жизнь проработал в одной и той же школе с. Талачево. Многие выпускники окончили технические вузы и успешно работают, некоторые получили учёную степень. В 1977 г. награждён Почётной грамотой Министерства просвещения РСФСР, в 1981 г. удостоен звания «Отличник просвещения СССР», а в 2000 г. – Почётного звания «Заслуженный учитель Республики Башкортостан». В настоящее время занимается вопросами перехода ко ФГОС нового поколения по физике и астрономии. Вместе с женой Лилией Асгатовной (учитель математики, отличник образования РБ) вырастил троих детей. Дочь Ирина – к. п. н., преподаёт в московской школе, сын Ильшат – учитель технологии и предпринимательства, второй сын Ришат – преподаватель кафедры общей физики БашГУ. Хобби: работа по хозяйству.

Реклама



Линия учебно-методических комплектов
Авторы: А.В. Грачёв, В.А. Погожев и др.



7–9 классы

В учебниках:

- последовательно изложен материал;
- задачи классифицированы;
- предложен алгоритм решения для каждого вида задач;
- использован разноуровневый подход.

10–11 классы

Учебники для изучения на базовом и углубленном уровнях

Учебники включены в федеральный перечень

Входят в систему учебно-методических комплектов «Алгоритм успеха»





ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ВЕНТАНА ГРАФ

127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 1, стр. 3 Тел./факс: (495) 611-15-74, 611-23-59
 E-mail: pr@vgf.ru, sales@vgf.ru Посетите наш интернет-магазин на сайте: www.vgf.ru

УМК

ФИЗИКА

К учебникам линии
А.В. Пёрышкина и др.
7 – 9 классы



Издательство
ЭКЗАМЕН®

- ♦ Соответствует требованиям **ФГОС**
- ♦ Соответствует структуре учебников **нового Федерального перечня**

7 класс



8 класс



9 класс



10 – 11 классы



Под подробная информация на сайте издательства «ЭКЗАМЕН» – ЭКЗАМЕН.РФ

Отдел оптовых продаж: тел. (495) 641-00-30; e-mail: sale@examen.biz

Отдел комплектации школ г. Москвы и Московской области:
тел.: 8-905-773-43-83; e-mail: rodionov@examen.biz

При заказе учебных пособий на класс – **БЕСПЛАТНАЯ ДОСТАВКА ПО Г. МОСКВЕ**

Интернет-магазины: www.labirint.ru; www.ozon.ru; www.umlit.ru

Звёздное небо в октябре

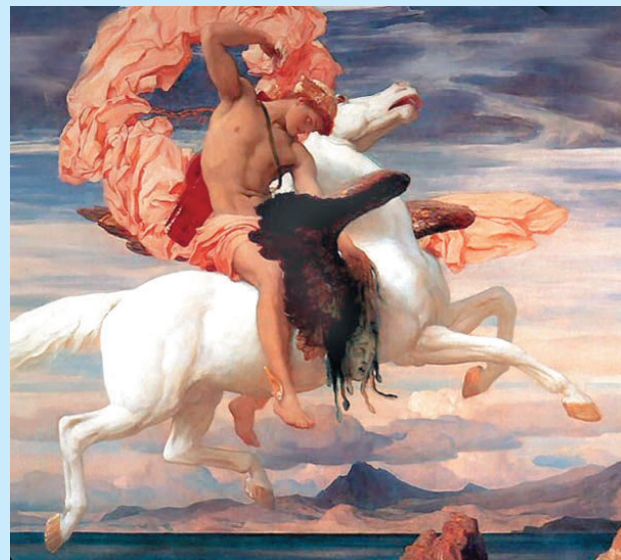
Описано звёздное небо, даны звёздные карты в зените, южной и северной частях горизонта, фазы Луны, планеты, метеорные потоки. Приведена картина Ф. Лейтона «Персей на Пегасе», а также астрофотографии галактики NGC 2841 в видимых и рентгеновских лучах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, созвездие Персея, галактика NGC 2841

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

Солнце при своём движении по эклипке 23 октября достигает эклиптической долготы 210° и переходит из зодиакального знака Весов в знак Скорпиона, а 31 октября Солнце переходит из созвездия Девы в созвездие Весов [1]. В 2 456 931-й юлианский день (1 октября 2014 г.) Солнце восходит в $06^h 02^m$, заходит в $17^h 35^m$, а истинный полдень наступает в $11^h 49^m$ по среднему солнечному времени. Звёздное время в гринвичскую полночь в этот день равно $S_0 = 00^h 40^m$. 31 октября (2 456 961-й юлианский день) Солнце восходит в $07^h 04^m$, заходит в $16^h 21^m$, истинный полдень наступает в $11^h 43^m$, $S_0 = 02^h 38^m$. С учётом сумерек удобное вечернее время для начала астрономических наблюдений наступает после 19^h по московскому времени. 8 октября во время полнолуния произойдёт полное затмение Луны. Его смогут увидеть жители восточной половины России. Полную фазу смогут наблюдать жители Сибири, Приморья, Камчатки и Дальнего Востока. Максимальная теневая фаза составит 1,172, а наблюдать её смогут жители Чукотки, Камчатки, Приморья, Северной Америки, Юго-Восточной Азии, Австралии, Новой Зеландии и других островов Тихого океана. Естественный спутник Земли войдёт в это затмение через северную часть земной тени. С Луны в это время наблюдается полное и частное солнечное затмение. Затмение начнётся в $9^h 15^m$, максимальная фаза затмения наступит в $10^h 35^m$ по всемирному времени. Через две недели, во время новолуния, 23 октября произойдёт частичное солнечное затмение 153 сароса (сарос – период, состоящий из 223 синодических месяцев (в среднем приблизительно 6585,3213 дня или 18,03 тропического года), по прошествии которых затмения Луны и Солнца приблизительно повторяются в прежнем порядке). Максимальная фаза затмения 0,8114. Область видимости затмения попадает на приполярные широты северного полушария. Частные фазы затмения будут видны на территории России (восточные районы), Северной Америки и в северной части Тихого океана. Жители Чукотки смогут наблюдать фазу около 0,6, а на Камчатке может быть зафиксирована фаза 0,4 на восходе Солнца. Затмение начнётся в $19^h 40^m$, максимальная фаза затмения наступит в $21^h 46^m$, конец затмения $23^h 52^m$ по всемирному времени (см. File-SE2014Oct23P). Во время новолуния 23 октября произойдёт частное солнечное

Звёздные карты и описания звёздного неба даются примерно на $20^\circ 15'$ октября в Москве.



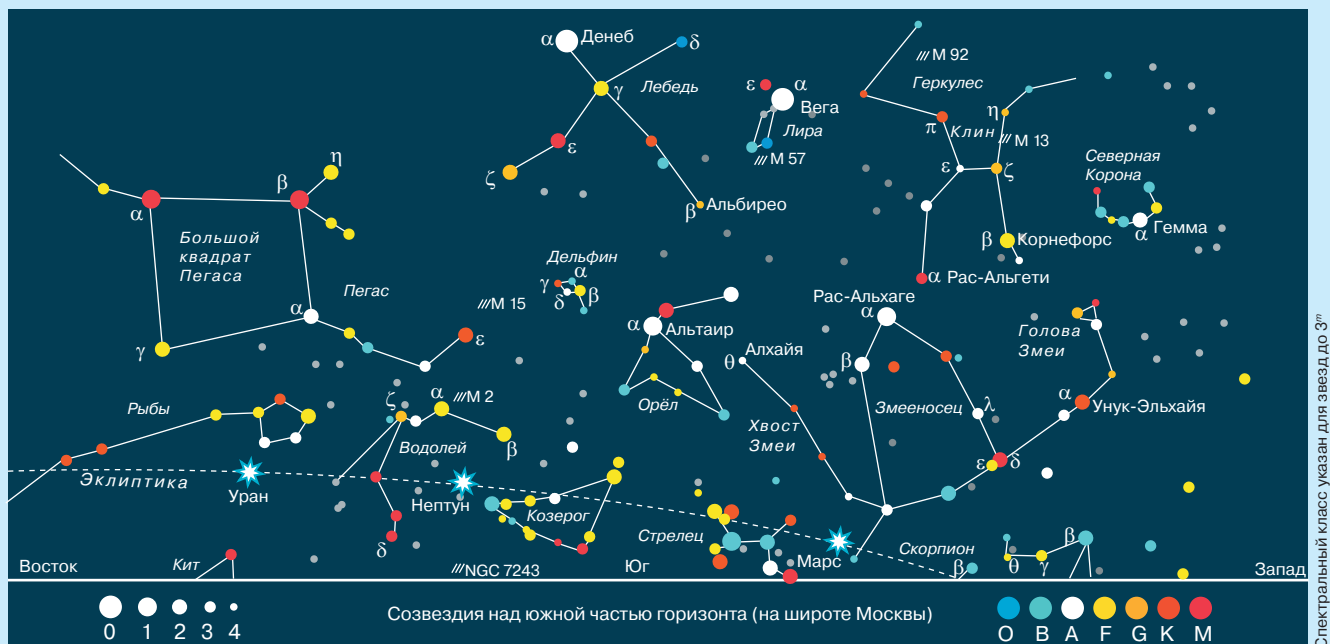
Ф. Лейтон (Leighton Frederick) (1830–1896).
Персей на Пегасе, 1896 г.

затмение. Максимальная фаза затмения 0,8114. На территории России оно не видно. Оно будет видно в приполярных областях северного полушария, а также в Канаде, США и Мексике.

Опишем вид звёздного неба около 20^h по московскому времени в середине месяца. Выйдем на улицу около 20^h и посмотрим на область неба вблизи зенита. Сразу обращаем внимание на три яркие звезды, расположенные в вершинах гигантского небесного треугольника – Летне - Осеннего Треугольника. Это Денеб (α Лебеда), расположенный почти в зените, западнее Вега (α Лир) – ярчайшая звезда северного неба и почти на юге Альтаир (α Орла). Между Вега и Альтаиром чуть восточнее увидим небольшое красивое созвездие Дельфина.

Звезда Альбирео (β Лебеда), лежащая в основании Креста созвездия, является одной из самых красивых двойных звёзд. Главная оранжевая звезда $3,2^m$ на расстоянии $34,6''$ имеет белый горячий спутник $5,4^m$. Яркий Альбирео в телескоп виден золотисто-жёлтым, а его спутник – голубым. Звезда δ Лебеда (правая оконечность Креста) также двойная. Расстояние между главной голубой гигантской звездой $3,4^m$ и её спутником $6,4^m$ составляет $2,1''$.

23 сентября в $02^h 29^m$ по Всеминому времени (23 сентября в $06^h 39^m$ по московскому времени) Солнце пересечёт экватор эклиптики в точке осеннего равноденствия и наступит астрономическая осень.

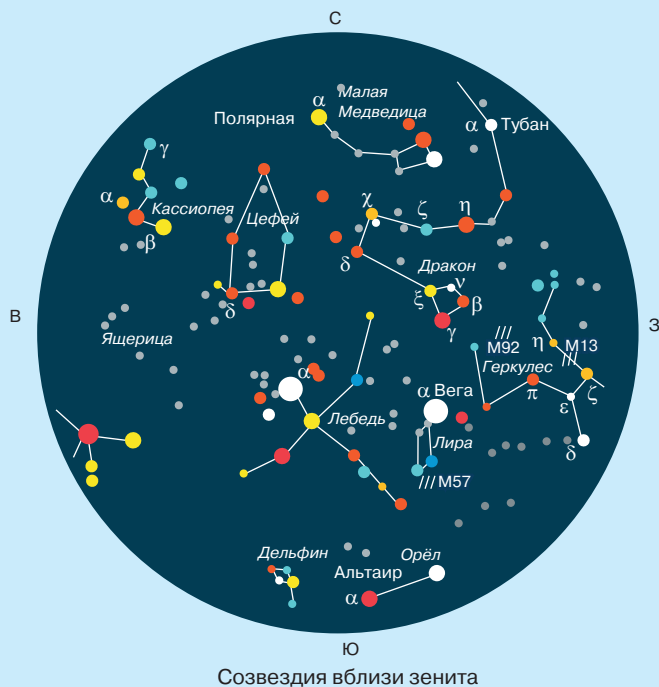


В созвездии Лиры попытайтесь в небольшой телескоп почти посередине между звёздами γ и β найти знаменитую планетарную Кольцеобразную туманность (M57) – последний выдох умирающей звезды типа Солнца, которая сбрасывает свою раздутую оболочку. Внутри неё находится звезда белый карлик. Нашему Солнцу грозит такая же участь. После его смерти останется белый карлик – звезда размером около 10 000 км и плотностью около $0,5 \text{ т/см}^3$. Если в обычных звёздах расстояния между атомами существенно превышает их размеры, то в белых карлика всё наоборот. Там нет атомов – они раздавлены огромной силой тяготения, атомные ядра не связаны с электронами. Рядом с Вегой находится четырёхкратная звезда ϵ Лиры.

На востоке поднимаются к зениту созвездия Пегаса и Андромеды. Пегас – сын Посейдона, бога моря, и Горгоны Медузы. Его изображают как коня с орлиными крыльями, иногда белыми, иногда золотыми. По одной из легенд, он выпрыгнул из шеи Медузы, когда герой Персей обезглавил её. По другой версии, Пегас родился из капель крови, которые пролила Медуза после смерти.

В учебнике астрономии древнегреческого астронома Арата под названием «Явления» (IV в. до н. э.) читаем о созвездии Пегаса:

Над Андромеды главой скакун нависает крылатый.
Та же звезда, что горит на темени у Андромеды,
Светит под чревом Коня. Лопатки и бок своим блеском
Три отмечают звезды. Меж ними равны расстояния.
Мрачно светит глава и лишённая яркости грива.
Там, где с конских удил изобильная падает пена,
Блещет звезда, и главу затмевая, и шею крутую,
Звёздам подобная трём, отмечающим бок и лопатки.
Но из отдельных частей не слагается облик единый:
Спереди конь предстаёт, с середины сокрыто от взгляда
Тело его – потому возникает диковинный образ.
Он – порожденье Горгоны. Ещё с Пиерийской вершины
Вниз не струился поток той порой, как из недр Геликона



Мощным ударом копыт извёл он мусийские струи.
Это воде родника название дало – Гиппокреной
Стали зваться ключи. А Пегас, превращённый в созвездье,
Крылья расправил свои и в небе высокому ликует [2].

Попробуйте по этому описанию отождествить звёзды этого созвездия. Около звезды ϵ Пегаса (Эниф – нос) попытаемся увидеть знаменитое шаровое скопление M15. В голове Пегаса находится неправильная переменная звезда Шат – Плечо (β Пегаса), западнее этой звезды в телескоп легко найти спиральную галактику NGC 7217 (11,6^м). γ Пегаса – Альгениб (пупок лошади). В созвездии Андромеды недалеко от звезды ν попытаемся увидеть даже невооружённым глазом туманное пятнышко около 5^м – знаменитую спиральную галактику (M31), Туманность Андромеды.

Продолжение см. на с. 34

У нас в гостях журнал «Квантик»



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

Всем известно из опыта, что если горячее тело касается холодного, то горячее остывает, а холодное нагревается, и никак иначе. Через некоторое время их температуры практически сравняются, передача тепла замедлится до ничтожной величины. Уж точно мы не ожидаем, что тело, сначала бывшее горячим, продолжит остывать, а бывшее холодным – нагреваться.

А теперь приведём задачу, которая будет, на первый взгляд, в корне этому противоречить. Дан литр кипятка (подкрашенный красным для наглядности) и литр синей талой воды, то есть её температура близка к 0°C . Разрешается переливать воду по стаканчикам, не смешивая красную с синей. Будем считать, что вода в стаканчиках сама по себе не нагревается и не охлаждается. Но если прислонить стаканчики друг к другу, то температура в них выравнивается. А задача такая: охладить красную воду до 10°C , а синюю нагреть до 90°C .

Казалось, мы только что убедили себя, что через среднюю температуру 50°C ни горячая, ни холодная вода не переберутся. Иначе получится, что после этого момента более холодная вода охлаждается, а более горячая – нагревается! Однако задача имеет решение.

Нужно лишь вспомнить, что мы можем делить воду на порции, разливая по стаканчикам. Начнём с простой ситуации: пускай мы разлили красную воду на две равные порции, имеющие температуру 100°C , и синюю тоже разлили на две равные порции, имеющие температуру 0°C . Прежде чем читать дальше, попробуйте сами в этой ситуации нагреть синюю воду выше 50°C .

Решение может быть, например, таким. Выстроим красную и синюю воду в две очереди, которые пройдут друг мимо друга, обмениваясь теплом с соседями из противоположной очереди. Этот процесс наглядно изображён в виде «мультика» на полях (с. 32). Как только стаканы с водой разного цвета касаются друг друга, температура в них выравнивается за счёт теплообмена. На последнем кадре видно, что если мы сольём синюю воду в один стаканчик, её температура станет $62,5^{\circ}\text{C}$! Мы преодолели рубеж 50°C .

Можно устроить такую же процедуру, но уже разливая воду не по двум, а по сотне стаканчиков. Пусть два таких паровозика стаканчиков пройдут друг мимо друга. После этого среди синих стаканов только последние 30 будут иметь температуру значительно ниже 100°C . А средняя температура всей синей воды будет аж $94,4^{\circ}\text{C}$, а у красной воды, соответственно, $5,6^{\circ}\text{C}$. Мы добились своей цели, даже больше.

Заметим, что подобным трюком можно добиться других, столь же неожиданных и парадоксальных результатов в похожих ситуациях. Пускай вместо температуры будет перетекать сама вода. Представим себе 100 здоровенных баков, наполненных водой, а рядом ещё 100 таких же пу-



См. также № 5_6,
7_8/2014



Художник Татьяна Ахметгалиева

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

Подписной индекс по каталогу Роспечати 84252.

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



Новости науки и техники

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственные алмазы, графен, лазер против молний

ПРОСТОЙ СПОСОБ ПРЕВРАЩЕНИЯ ГРАФИТА В АЛМАЗ

Традиционно искусственные алмазы медленно выращивают из графита – материала, который можно условно рассматривать как многослойный графен. При очень высокой температуре и под очень высоким давлением, до 150 тыс. атмосфер, одномерная кристаллическая решётка графена перестраивается в трёхмерную кристаллическую решётку алмаза. Понятно, что механическое оборудование должно быть высокопрочным и теплостойким, что сказывается на стоимости конечного продукта – искусственных алмазов. Как это часто бывает в науке, новый метод изготовления дешёвых синтетических алмазов открыли в ходе исследований, проводимых совершенно с другими целями. Учёные из Стэнфордского университета (США) работали с графеном, пытаясь упростить технологию его применения в транзисторах. Они поместили на платиновую подложку несколько слоёв графеновой плёнки и подвергли верхний слой химической обработке водородом. И вдруг получился не очередной вариант материала для замены кремния, а один кристалл алмаза из нескольких графеновых слоёв! И без высокого давления! Более тщательные исследования позволили выяснить, что в присутствии водорода возникают ковалентные химические связи между нижним слоем графена и платиновой подложкой. А затем, опять-таки в присутствии водорода, к нижней части получившейся кристаллической решётки будущего алмаза начинают присоединяться и более верхние слои графена, а платиновая подложка выполняет роль стабилизатора структуры будущего кристалла. Учёные надеются, что дальнейшие исследования в этом направлении позволят им научиться с помощью простых технологий превращать одну любую форму углерода в любую другую, изменяя такие параметры, как материал подложки, количество углеродных слоёв, давление водорода и температуру.

<http://www.dailytechinfo.org/news/5785-uchenye-razrabotali-novyy-prostoy-sposob-prevrascheniya-grafita-v-almaz.html>

ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ В ОБОЛОЧКЕ – МОЛНИЕОТВОД

Разряд молнии – одно из наиболее опасных и частых явлений на земном шаре. В общей сложности каждую секунду молния бьёт в среднем 50 раз. Огромные разряды электричества, более горячие, чем поверхность Солнца, без всякого предупреждения поражают поверхность Земли, деревья, здания и другие объекты. Идея использования импульсов света лазера для управления разрядами молний уже далеко не нова. Луч на пути своего распространения возбуждает молекулы воздуха, которые распадаются на ионы и свободные электроны. Получившийся ионизированный канал обладает высокой электрической проводимостью и является идеальным путём для молнии. Используя такие каналы можно инициировать разряд и направить его энергию в место, где он не нанесёт никому никакого ущерба. Однако высокоэнергетичные импульсы лазера, рассеиваясь атмосферой, очень быстро теряют энергию. Американские учёные подошли к решению проблемы совершенно нетрадиционно: вместо того, чтобы наращивать мощность единственного луча они «обернули» один луч лазера в защитную оболочку луча второго лазера и получили короткий, но чрезвычайно мощный световой импульс, который может беспрепятственно пронизывать большие расстояния.

<http://www.dailytechinfo.org/news/5781-uchenye-razrabatyvayut-metodiku-upravleniya-molniami-pri-pomoschi-obernutogo-lazernogo-lucha.html>

См. также в ЭП: • Миниатюрная безлинзовая камера может снабдить функцией «зрения» практически любое электронное устройство • Обнаружена существенная часть «недостающей» материи Вселенной • Измерена масса самой тяжёлой элементарной частицы – истинного кварка • Получены доказательства существования гравитационных волн и факта расширения Вселенной • Разработан микродвигатель внутреннего сгорания абсолютно нового типа.

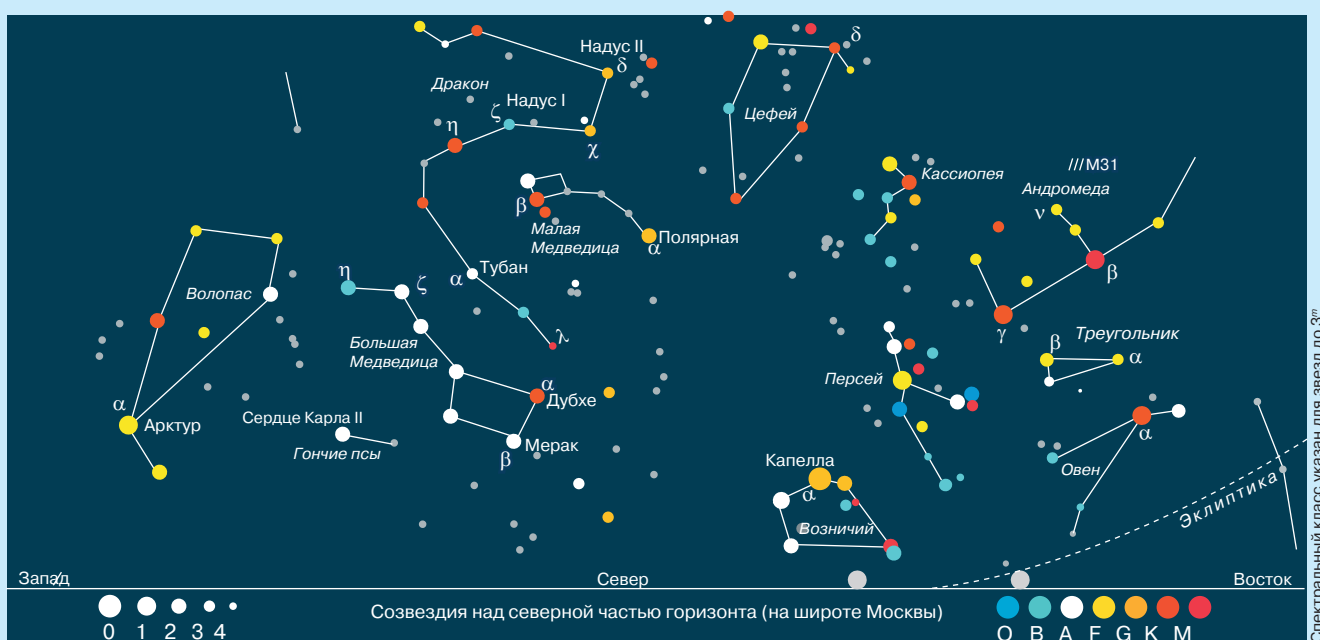
Л.В. ПИГАЛИЦЫН levp@rambler.ru,

МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл. www.levpi.narod.ru

стых. У каждого бака внизу на уровне дна есть кран. Можно перегонять воду из бака в бак по трубе, закрывая и открывая краны. Тогда легко перегнать почти всю воду во вторую сотню баков, не совершая никакой работы. Всю работу сделает сила тяжести – вода каждый раз перетекает в более пустой резервуар.



По материалам журнала
«Квантик» № 6/2013.



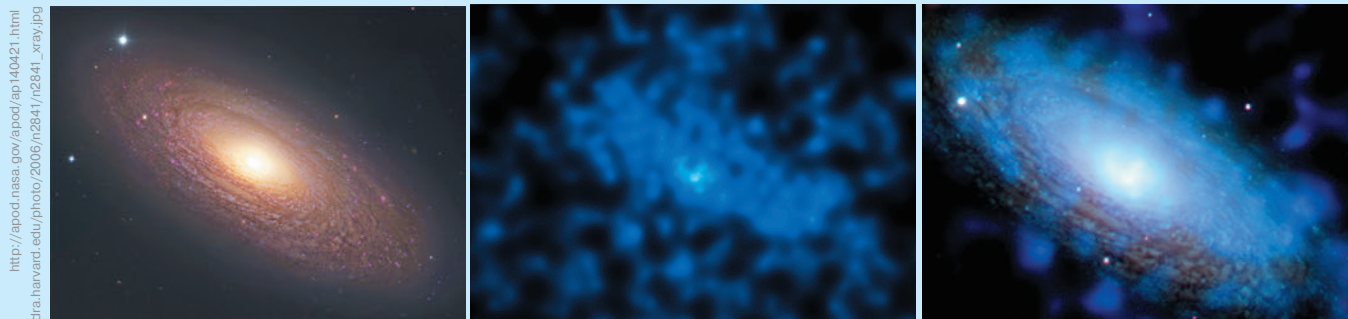
Продолжение. Начало см. на с. 30

На северо-востоке вблизи зенита хорошо заметно созвездие Кассиопеи. Между Полярной звездой (α Малой Медведицы) и Кассиопеей сияет созвездие Цефея. В этом созвездии найдём знаменитую цефеиду δ Цефея – пульсирующую переменную звезду. Между Пегасом и Цефеем в расположении сравнительно неярких звёзд попытаемся найти созвездие Ящерицы, а под крылом Лебеда и созвездием Дельфина попытаемся распознать созвездие Лисички. Созвездие Лебеда вытянуто вдоль Млечного Пути. Наше Солнце – рядовая звезда, одна из сотен миллиардов, входящих в состав Млечного Пути.

На юго-западе касается горизонта Змееносец, вокруг которого извивается Змея. Хвост змеи, состоящий из сравнительно слабых звёзд, направлен на Альтаир. Ещё можно найти α Змееносца (Рас-Альхаге) и рядом с ней α Геркулеса (Рас-Альгети). По-арабски, последнее звучит как Расл-Джаси (*голова коленопреклонённого*). Именно так изображали Геркулеса в старинных атласах. В созвездии Геркулеса, которое находится ещё довольно высоко на западе, найдём β Геркулеса – Корнефорс, что в переводе с греческого означает *носитель пики*. Если посмотреть на юго-восток, то у самого горизонта поднимается созвездие Кита, выше него под Пегасом – созвездие Рыб.

Встанем лицом на север. Вблизи нижней кульминации (пе-

ресекают небесный меридиан между полюсом и точкой севера) на горизонте находятся незаходящие на наших широтах созвездия Большой Медведицы и Рыси. Семь ярких звёзд Большой Медведицы создают рисунок телеги, которая катится с запада на восток вдоль горизонта. В созвездии Большой Медведицы рядом со звездой θ на расстоянии около 46 млн св. лет находится одна из наиболее массивных спиральных галактик NGC 2841, её размеры составляют почти 150 000 св. лет и существенно превышают размеры нашего Млечного Пути. Снимки этой галактики в оптических и рентгеновских лучах представлены на оптическом астрофото: видно ядро галактики жёлтого цвета, состоящее в основном из звёзд типа Солнца, и галактический диск. Протяжённые, широкие и плотно скрученные спиральные рукава перемежаются тёмными полосами пыли, розовыми областями звездообразования и многочисленными звёздными скоплениями синего цвета. Синий цвет молодых скоплений обязан излучению молодых горячих звёзд, недавно образовавшихся в них, а розовый цвет областей звездообразования обусловлен тем, что пыль и газ, окружающий эти области, сильнее поглощают синие и ультрафиолетовые лучи и меньше красные и оранжевые. Рентгеновский снимок галактики в центре получен космическим рентгеновским телескопом Чандра (назван в честь лауреата



Массивная спиральная галактика NGC 2841 в видимых (слева) и рентгеновских лучах (в центре). Справа – составной снимок с наложением рентгеновского и оптического снимков

Нобелевской премии астрофизика Субраманьяна Чандрасекара). Изображение в рентгеновских лучах совсем не похоже на оптическое, на нём не видны ни звёзды, ни пыль, ни газ, зато видны голубые клочковатые образования, концентрирующиеся к центру галактики (см. правое составное изображение с наложением оптического и рентгеновского снимков). Эти образования представляют собой пузыри и выбросы, состоящие из нагретого до температуры несколько миллионов градусов газа. При такой температуре разреженный газ в основном излучает в рентгеновских лучах, а звёзды в этих лучах почти не излучают. Этот газ образуется при взрывах сверхновых звёзд и сильном звёздном ветре от молодых массивных горячих звёзд, в большом количестве образующихся в диске и спиральных рукавах. Их движение наружу выше диска в гало галактики во многом напоминает движение горячего дыма из трубы, который поднимается вверх через плотный холодный воздух в атмосфере Земли. Эти, как их в шутку называют астрономы, галактические дымоходы поставляют в гало не только горячий газ, но и тяжёлые химические элементы, которые образовались в звёздах в течение их эволюции и во время взрывов сверхновых.

Западнее находятся созвездия Волопаса с ярким оранжевым Арктуром, Северной Короны и Гончих Псов. Они опускаются к горизонту, приближаясь к нижней кульминации. На юго-востоке возшёл Возничий с яркой Капеллой (α Возничего) и Телец с ярким оранжевым Альдебараном. Выше Возничего поднялся Персей.

Звёзды, которые мы видим, представляют собой гигантские раскалённые газовые шары, которые светятся за счёт термоядерных реакций, протекающих в их недрах. Большинство из них – нормальные звёзды типа Солнца, находящиеся «в расцвете сил». Небольшая группа звёзд, к которой относится Арктур (α Волопаса) и Альдебаран (α Тельца), представляют собой умирающие, раздутые до огромных размеров красные гиганты.

ПЛАНЕТЫ

Меркурий движется попятно с 4 по 25 октября и далее продолжает прямое движение, в этот момент его блеск 0,5^m, он будет виден в течение получаса в лучах утренней зари. Во время нижнего соединения планета будет находиться на минимальном расстоянии от Земли 0,663 а. е.

Венера движется по созвездию Девы, так как 25 октября произойдёт верхнее соединение планеты, в этом месяце её не видно.

Марс движется по созвездию Змееносца, а после 25 октября – по созвездию Стрельца, его блеск достигнет 0,9^m, так что планету можно видеть низко над горизонтом вечером в течение 1,5–2 ч.

Юпитер (–1,9^m) движется по созвездию Рака, а после 13 октября по созвездию Льва, его можно наблюдать после полуночи и до утра.

Сатурн (0,6^m) движется по созвездию Весов, его можно наблюдать вечером в течение почти двух часов после захода Солнца. В школьный телескоп хорошо видно кольцо и деление Кассини в нём, также виден самый крупный спутник планеты Титан.

Уран движется попятно по созвездию Рыб, 8 октября произойдёт противостояние планеты, когда её блеск достигнет 5,6^m. Планета видна всю ночь, и при хороших условиях её можно попытаться увидеть даже невооружённым глазом, используя подробную звёздную карту окрестностей [1].

Нептун (7,9^m) движется по созвездию Водолея около звезды σ . Используя подробную карту звёздного неба, его можно попытаться найти вечером в телескоп с увеличением не менее 100 крат.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Дракониды – известный поток, активность которого приходится на 8–10 октября с максимумом 10 октября (в среднем, около 7 мет./ч). В 1926 и 1933 гг. наблюдались звёздные дожди, когда выпадало до 1000 мет./ч. Созвездие Дракона (по которому и назван поток) является незаходящим, поэтому метеоры можно наблюдать всю ночь. Отличительной особенностью этих метеоров является красноватый цвет.

Писциды (от Pisces, лат. названия созвездия Рыб, в котором находится радиант) – активны 7–20 октября, максимум 10 октября (до 4 мет./ч). Этот поток можно наблюдать в вечерние часы.

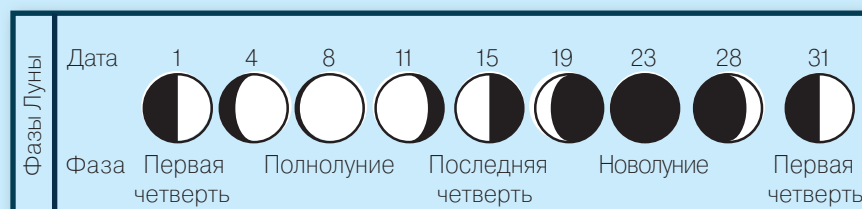
Ориониды (радиант в созвездии Ориона) активны 14–26 октября, максимум 22 октября (до 45 мет./ч). Этот поток связан с известной кометой Галлея, которая раз в 76 лет проходит вблизи Земли. Метеорные частицы – частицы кометы Галлея, потерянные ею при близком прохождении вблизи Солнца. Метеоры имеют белый цвет и оставляют за собой следы. Поток виден после полуночи, когда восходит созвездие Ориона.

Южные Ариетиды (радиант в созвездии Овна, латинское название которого в родительном падеже *Arietis*) – активны 11–27 октября, максимум 20 октября (до 11 мет./ч). Метеоры медленные, оранжевого цвета, без следов.

Цитиды (радиант в созвездии Кита – *Cetus*) – активны 13–24 октября, максимум 20 октября (до 10 мет./ч). Виден с вечера и всю ночь. 20 октября 1935 г. этот хорошо известный поток дал вспышку активности: до 100 мет./ч.

Литература

- Кузнецов Александр. Астрономический календарь на 2013 год в формате pdf. (<http://www.astronet.ru/db/msg/1283238>)
- Арат. Явления. Сб. Небо, наука, поэзия. Античные авторы о небесных светилах, об их именах, восходах, заходах и приметах погоды / Под ред. Н.А. Федорова и П.В. Щеглова. М.: Изд-во МГУ, 1992.



Фронтальный комплект оборудования нового поколения

Рассмотрены основные проблемы фронтального эксперимента при переходе к стандарту нового поколения и способы их решения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фронтальный эксперимент, школьное оборудование, ФГОС



Г.Г. НИКИФОРОВ
nikiforowgg@mail.ru,
ИСМО РАО, г. Москва,
О.А. ПОВАЛЯЕВ
olegpovalyaev@gmail.com,
фирма «Научные развлечения»,
г. Долгопрудный, Московская обл.

1. Основные проблемы фронтального эксперимента при переходе к стандарту нового поколения и способы их решения

Стандарт первого поколения уже изменил роль, место и функции самостоятельного эксперимента, переведя акцент с освоения отдельных практических умений на усвоение метода познания в целом, в том числе и его экспериментальной составляющей. Во ФГОСе в соответствии с этой тенденцией сформулированы новые типы планируемых результатов обучения, такие как проведение исследований и проверка гипотез. Впервые за всю историю отечественной методики поставлена задача научить учащихся определять *цель* экспериментального исследования.

Преобразование фронтальной работы в исследование, цель которого самостоятельно определяет ученик, – вот главная задача всей перестройки системы фронтального эксперимента. Решение этой задачи в значительной степени затруднено, так как большинство исследуемых во фронтальном эксперименте явлений – многофакторные, а существующее фронтальное оборудование не позволяет ученикам пронаблюдать действие этих факторов. Например, нет возможности исследовать зависимость массы тел от их объема и от вещества. Действительно, в школах есть набор тел для калориметра – стальной, алюминиевый и латунный цилиндры, но все одинакового объема. Следовательно, ученики могут исследовать зависимость массы от вещества, но не могут – от объема. Другой пример: в лабораторной работе по исследованию движения тела, брошенного горизонтально, ученики могут проверить возможные гипотезы о зависимости дальности полета от высоты, но не могут – от скорости, так как они как раз и определяют скорость по высоте и дальности полета, а оборудования для прямого измерения скорости в школах нет.

В оптике можно выяснить зависимость фокусного расстояния от радиуса кривизны, но нельзя – от вещества.

Выделим *основные проблемы*, которые необходимо преодолеть, чтобы обеспечить учителю оптимальные условия для организации фронтального эксперимента в соответствии с требованиями ФГОС.

- **Проблема уровня требований и уровня изучения.** В стандарте второго поколения (далее – Стандарт) требования (планируемые результаты обучения) сформулированы на двух уровнях – базовом и повышенном: базовый обозначен словами «ученик научится», повышенный – «ученик получит возможность научиться». Эти уровни различаются по критерию деятельности на одном предметном материале. Существующее лабораторное оборудование не позволяет в большинстве случаев сконструировать задания на повышенном уровне. *Базовый* – это уровень исполнительской компетенции, когда ученик действует по пошаговой инструкции, в рамках освоенных учебных действий. *Повышенный* – это уровень, когда ученик способен переконструировать уже освоенные учебные действия или создать новые.

В соответствии с системно-деятельностной концепцией Стандарта формирование экспериментальных умений на двух уровнях деятельности обязательно на любом уровне изучения физики – базовом или углубленном. Но и здесь проблема: **существующее фронтальное оборудование не позволяет эффективно осуществить разделение фронтального эксперимента по двум уровням Стандарта, осуществить постепенный переход от пошаговых инструкций к деятельностным; оно не включает в себя оборудование для проведения работ при углубленном изучении предмета.**

- **Проблема освоения метода познания.** В рамках Стандарта планируемые результаты обучения формулируются так, что явно выделены подсистемы универсальных учебных действий. В учебниках же и в авторских программах номенклатура лабораторных работ подобрана по тематическому принципу. В итоге возникает противоречие.

В качестве примера приведём проблему формирования умения построения графиков по результатам эмпирических исследований. В соответствии с тематическим принципом максимальное число графиков строится в лабораторных работах по механике, чуть меньше – при изучении электричества, а в лабораторных работах по молекулярной физике и оптике построение графиков вообще не предусмотрено: нет возможности эффективно формировать важнейшее умение, имеющее решающее значение в освоении и метода познания, и естественнонаучной грамотности.

Иногда существующее оборудование вынуждает проводить работы по технологии, противоречащей логике метода познания. Например, в составе фронтального оборудования нет источника с регулируемым напряжением, что вынуждает учеников вместо исследования зависимости силы тока от напряжения просто изменять силу тока.

Существующее фронтальное оборудование не позволяет организовать эффективную экспериментальную деятельность по формированию большинства новых типов планируемых результатов обучения.

• **Проблема реализации полной номенклатуры фронтальных работ.** В школах нет оборудования для исследования КПД электродвигателя и зависимости силы тока в двигателе от массы поднимаемого груза, для исследования плавления кристаллических тел, зависимости сопротивления от параметров проводника. До сих пор ученики не имеют возможности исследовать деформацию твёрдого тела и вынуждены изучать деформацию резины.

Существующее фронтальное оборудование не позволяет обеспечить одновременное выполнение всей тематической номенклатуры работ.

• **Проблема количества экспериментов и формы проведения фронтального эксперимента.** Число необходимых упражнений для усвоения конкретных умений, освоения опыта деятельности, позволяющих освоить способ проведения экспериментального исследования, имеют решающее значение в освоении соответствующих планируемых результатов обучения. Исследования, проведённые д. п. н. Нурминским И.И. и д. п. н. Гладышевой Н.К. (ИСМО РАО), показывают, что для 75% учащихся освоение в процессе собственной деятельности даже относительно простых умений требует значительного числа упражнений, которое в зависимости от трудности и уровня обученности класса колеблется в широких пределах. Например, в 7-м классе необходимо в среднем 15 упражнений, в 8 классе – 6. Как обеспечить такое число упражнений для всей совокупности планируемых результатов обучения экспериментального характера? Номенклатура работ, приведённая в примерной программе основной

школы [1], содержит примерно 65 названий, что составляет треть от общего количества часов, отводимых для изучения физики на базовом уровне. Кроме того в зависимости от раздела это число варьирует от 2 до 15. Отсюда следует, что только за счёт одночасовых фронтальных работ нельзя выполнить требования Стандарта в части формирования экспериментальных умений. Реализация этих требований возможна только за счёт сочетания кратковременных и одночасовых работ. Их номенклатура приведена в примерных программах Стандарта и содержит примерно 100 названий для 7–11-го классов, то есть треть от общего количества часов, отводимых на базовый уровень изучения физики.

Существующее фронтальное оборудование не позволяет организовать достаточное количество кратковременных экспериментальных работ и исследований.

• **Фронтальный эксперимент и Государственная аттестация выпускников основной (ГИА) и старшей школы (ЕГЭ).** В КИМ ГИА включены специальные задания с реальным оборудованием [2], которые выполняются на оборудовании тематических наборов «ГИА-лаборатория», серийно выпускаемых фирмой «Научные развлечения». В ЕГЭ включены практико-ориентированные задания экспериментального характера.

Существующее фронтальное оборудование не согласовано ни с этими заданиями, ни с оборудованием «ГИА-лаборатории».

• **Проблема реализации системы фронтального эксперимента в различных авторских учебно-методических комплектах.** В Федеральный каталог учебников включено большое число учебно-методических комплектов (УМК) как для основной, так и для старшей профильной школы. Естественно, что каждый из комплектов реализует авторскую концепцию при изложении и инвариантной части содержания и, особенно, вариативной, в том числе и номенклатуру фронтальных работ. Анализ этих систем показывает, что авторы УМК испытывают значительные трудности при формировании авторских технологий организации экспериментальной деятельности в рамках Стандарта, так как **существующее фронтальное оборудование было сформировано в условиях одной программы и одного единственного УМК.**

Фактически во всех УМК фигурирует один и тот же набор фронтальных работ. Учителя испытывают большие трудности при разработке экспериментальных технологий изучения физики в соответствии с требованиями Стандарта.

• **Проблема использования цифровых технологий во фронтальном эксперименте.** **Существующее фронтальное оборудование** противоречит рекомендациям Стандарта к материально-техническому



Рис. 1. Комплект «ГИА-лаборатория»: набор по механике: в упаковке (а); полный состав в разложенном виде (б)



обеспечению учебного процесса в части оптимального и постепенного внедрения цифровых технологий: **по сути, в нём имеется лишь один цифровой прибор – секундомер** (в наборе для изучения *поступательного движения*). Актуальна и проблема использования компьютерных измерений в системе фронтального эксперимента.

2. Фронтальные комплекты нового поколения

Фирма «Научные развлечения» уже выпускает (по исходным педагогическим требованиям Г.Г. Никифорова) фронтальные комплекты, позволяющие решить указанные проблемы и обеспечить учителю оптимальные условия для организации фронтальной экспериментальной деятельности в соответствии с требованиями Стандарта при работе по любому УМК Федерального каталога, а также обеспечить достижение планируемых результатов обучения.

Эти фронтальные комплекты разработаны на основе тематических наборов комплекта оборудования «ГИА-лаборатория» [2]. Это сделано, во-первых, для того, чтобы снять указанное выше противоречие между фронтальным оборудованием и оборудованием «ГИА-лаборатории», а во-вторых, потому что уже многие технические проблемы были решены при создании «ГИА-лаборатории». Например, в модернизированный по результатам апробации *набор по механике* (рис. 1) комплекта «ГИА-лаборатория» входят два динамометра с пределом измерения 1 Н и 5 Н, позволяющие сформировать такое метапредметное умение, как выбор прибора для обеспечения оптимальной точности в зависимости от цели измерения; две пружины разной жёсткости для проведения, например, исследований для сравнения графиков зависимости силы упругости от деформации; набор тел для проведения всех необходимых исследований (зависимостей массы – от объёма, силы тяжести – от массы,

выталкивающей силы – от объёма погруженной части тела и другие).

Набор для исследования механического движения (на базе электронного секундомера) позволяет исследовать все кинематические закономерности, применение второго закона Ньютона, законы изменения импульса и энергии, колебания груза и на нити, и на пружинах разной жёсткости, исследовать свободные колебания, движение материальной точки по окружности (конический маятник) с прямым измерением периода и скорости маятника. Использование направляющей длиной 750 мм (вместо 450 мм, как это было в наборе *L-micro*) позволяет пренебречь систематическими погрешностями при исследовании поступательного движения.

Набор по *молекулярной физике* (рис. 2, а) комплекта «ГИА-лаборатория» имеет в своём составе манометр (рис. 2, б) и сосуд переменного объёма, на базе которого легко можно сконструировать прибор для исследования изопроцессов.

Модернизированный набор по *электромагнитным явлениям* комплекта «ГИА-лаборатория» (рис. 3, а) включает в себя всё необходимое для изучения электрических цепей постоянного тока и электромагнитных явлений в 8-м и 10-м классах, в том числе позволяет исследовать: явление электромагнитной индукции (рис. 3, б), взаимодействие катушки с током и магнита (рис. 3, в), силу Ампера (рис. 3, г), поворот рамки в магнитном поле (рис. 3, д), а также её вращение при протекании переменного тока.

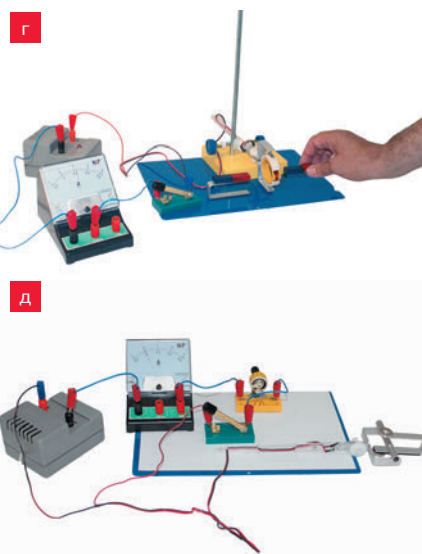
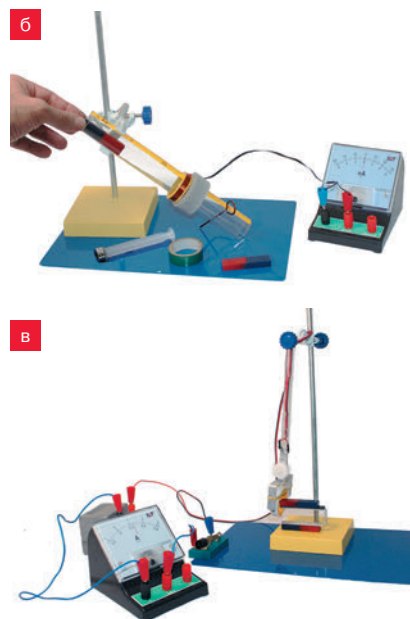
Набор по *оптическим и квантовым явлениям* комплекта «ГИА-лаборатория» (рис. 4) позволяет полностью изучить на экспериментальной основе геометрическую оптику и в основной, и в старшей школе, в том числе зависимость фокусного расстояния линзы от вещества, из которого она изготовлена, исследовать как тонкие, так и толстые линзы, зависимость угла преломления от угла падения,



Рис. 2. Комплект «ГИА-лаборатория»: набор по молекулярной физике (а); входящий в него манометр (б)



Рис. 3. Комплект «ГИА-лаборатория»: набор по электромагнитным явлениям (а) позволяет провести исследования явления электромагнитной индукции (б), взаимодействия катушки с током и магнитом (в), силы Ампера (г), а также наблюдать поворот рамки в магнитном поле (д)



определять границы применимости закономерности о пропорциональности угла преломления углу падения и прочее.

Таким образом, и педагогически, и экономически целесообразно сформировать фронтальные комплекты нового поколения на базе класс-комплекта «ГИА-лаборатория» (рис. 5). При наличии в школе фронтального класс-комплекта нет необходимости приобретать «ГИА-лабораторию». При наличии же в школе класс-комплекта «ГИА-лаборатории» можно расширить его до фронтального комплекта нового поколения, докупив специальный набор оборудования, который выпускает фирма «Научные развлечения» по заявкам потребителей.

3. Состав фронтального комплекта нового поколения

В комплект входят: набор оборудования общего назначения, четыре тематических набора (по механике, молекулярной физике, электродинамике, оптике и квантовой физике), методическое пособие и вариативный набор – цифровая лаборатория базового уровня.

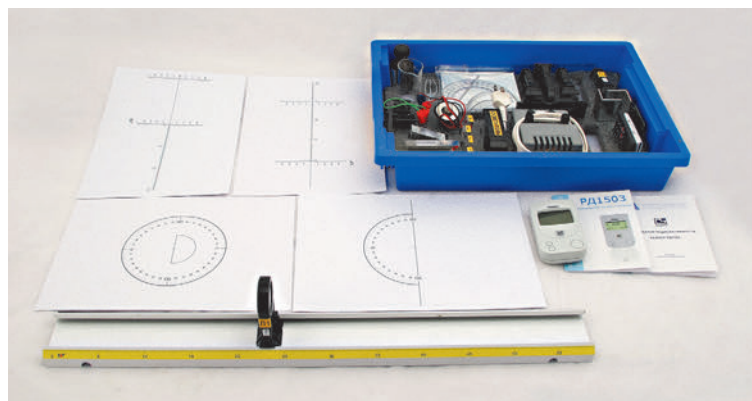


Рис. 4. Комплект «ГИА-лаборатория»: набор по оптическим и квантовым явлениям



Рис. 5. Фронтальный класс-комплект нового поколения на базе класс-комплекта «ГИА-лаборатория»

3.1. Набор оборудования общего назначения.

При формировании набора была решена принципиальная для всего комплекта проблема, которая касается дидактической функции оборудования: при отсутствии необходимого оборудования возникают непреодолимые препятствия в развитии фронтального эксперимента в соответствующем направлении. В частности, это касается источника напряжения и электроизмерительных приборов. Многие десятилетия в составе отечественного фронтального оборудования были только источники постоянного тока, что не позволяло проводить фронтальные опыты с переменным напряжением. И только при подготовке к реализации приоритетного национального проекта «Образование» (ПНПО, 2006 г.) по нашему предложению были разработаны выпрямители с низковольтными выходами гармонического напряжения (рис. 6). Это позволило проводить простые исследования в цепях переменного тока, например, процесса протекания переменного тока через конденсатор, рис. 7.

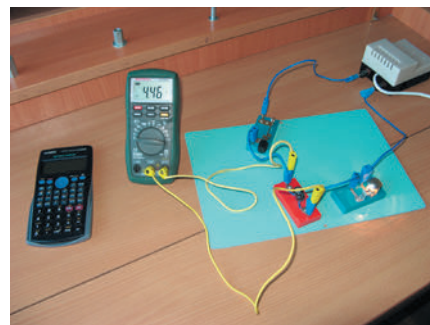
Чтобы решить проблему измерения в цепях переменного тока, в набор общего назначения пришлось ввести мультиметр. Мы выбрали MS8221 (рис. 7), потому что, во-первых, он не требует переключения диапазонов при измерении сопротивления; во-вторых, позволяет измерять температуру от -20°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Следовательно, его можно использовать и в работах по молекулярной физике, в частности, исследовать не только плавление льда и нагревание воды, но и нагревание льда в интервале от отрицательных температур до 0°C и дальнейшего нагревания воды.

Внимательный анализ показал, что ранее выпускаемый источник с низковольтным выходом переменного напряжения не полностью отвечает требованиям к фронтальному комплекту нового поколения. Почему? Здесь две проблемы.

Первая проблема не решалась столько лет, сколько лет фронтальному эксперименту в России: нерегулируемый по амплитуде выход приводит к тому, что при исследовании зависимости силы тока от напряжения ученики вынуждены изменять силу тока вместо изменения напряжения. Вторая проблема – для ключевого для школы физического эксперимента по наблюдению резонанса – необходим фронтальный генератор переменного напряжения. Вот почему в состав оборудования общего назначения мы включили два источника напряжения. Первый



Рис. 7. Простая цепь для исследования процесса протекания переменного тока через конденсатор с использованием одного из источников, представленных на рис. 6



имеет регулируемое по амплитуде напряжение – постоянное и гармоническое (рис. 8, а), второй имеет регулируемый и по частоте выход гармонического напряжения (рис. 8, б).

При разработке набора общего назначения фронтального комплекта нового поколения удалось решить ещё одну важную проблему – оптимизировать состав всего комплекта, чтобы исключить удорожание. Действительно, если в каждом комплекте «ГИА-лаборатории» имеется три штатива, четыре калькулятора, два источника тока, трое электронных весов, две направляющие (по механике и оптике), то в набор общего назначения фронтального комплекта нового поколения все эти элементы включены в единственном экземпляре.

Итак, в состав набора оборудования общего назначения (рис. 9) входят: штатив с двумя муфтами и лапкой, весы электронные, калькулятор fx-82ES, мерный цилиндр 250 мл, направляющая для опытов по механике и оптике, штангенциркуль пластиковый, линейка, транспортир, мерная лента, источники тока (генератор-источник напряжения или

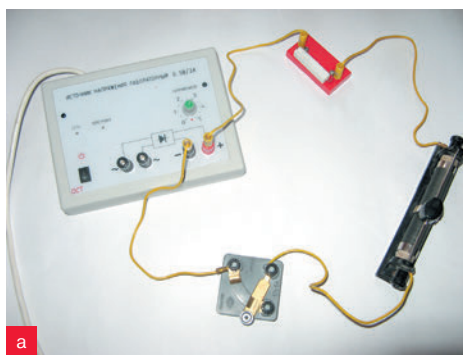


Рис. 8. Фронтальные генераторы напряжения: регулируемого по амплитуде постоянного и гармонического (а); регулируемого по частоте (б)

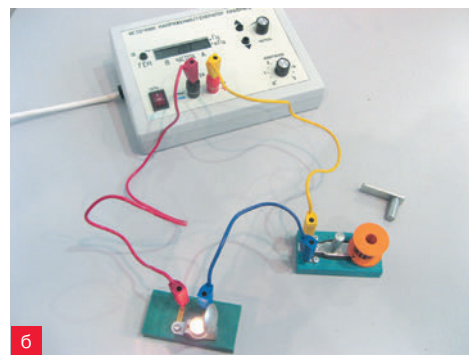




Рис. 9. Набор оборудования общего назначения из фронтального комплекта нового поколения

лабораторный источник постоянного напряжения и переменного напряжения 50 Гц с регулируемым по амплитуде выходом), часы с цифровой индикацией, мультиметр, электроизмерительные приборы.

3.2. Тематический набор «Механика»

Модернизированный набор «ГИА-лаборатории» по механике (см. рис. 1) полностью обеспечивает проведение фронтального эксперимента в основной школе в соответствии с требованиями ФГОС по организации деятельности на двух уровнях: базовом (ученик осваивает умение) и повышенном (ученик получает возможность освоить умение). Исключение составляет только оборудование для исследования движения тела, брошенного горизонтально, так как соответствующие эксперименты не входят в кодификатор ГИА.

При формировании фронтального набора по механике нового поколения предусмотрено оборудование для решения методической проблемы перехода от рычажных весов к цифровым; обеспечено исследование взаимодействия тел с прямым измерением скорости после взаимодействия; *изучение на экспериментальной основе вопросов динамики системы связанных тел, в том числе и роль идеализации типа «невесомый блок»*; исследование движения тела, брошенного горизонтально с прямым измерением начальной скорости; применение основного закона динамики вращательного движения к качению цилиндра по наклонной плоскости; исследование вынужденных колебаний с прямым измерением периода колебаний. Эксперименты, выделенные курсивом, реализуются с набором оборудования, показанным на рис. 10 (дополнительно к оборудованию, заимствованному из «ГИА-лаборатории», входят специальная направляющая, блок, цилиндр капролоновый со съёмным пусковым магнитом, шар пластиковый).

Рассмотрим два примера.



Рис. 10. Оборудование из набора по механике нового поколения для проведения лабораторных работ на уровне «ученик получит возможность освоить умение...» и при углублённом изучении физики

Пример 1. Движение тела, брошенного горизонтально.

На рис. 11, а показана установка для исследования на базовом уровне: *ученик научится* определять скорость тела, брошенного горизонтально, по измерению дальности и высоты. На рис. 11, б показана установка для исследования на повышенном уровне: *ученик получит возможность научиться* проверять прямыми измерениями предположения (гипотезы) о способах определения физических величин. Результат косвенного определения скорости по дальности и высоте проверяется измерением начальной скорости цилиндра с использованием двух датчиков и секундомера.

Пример 2. Применение законов динамики к движению тел.

На рис. 12, а показана установка для исследования на базовом уровне: *ученик научится применять законы динамики* для расчёта ускорения и проверять результаты на опыте. На рис. 12, б показана установка для исследования на повышенном уровне: *ученик получит возможность научиться* обнаруживать расхождение между теоретическими предсказаниями и результатами их экспериментальной проверки.

В этом исследовании расчёт ускорения в предположении, что массой блока можно пренебречь, не подтвердятся экспериментально (масса блока здесь сравнима с массой движущихся тел).



Рис. 11. Установки для исследования движение тела, брошенного горизонтально, на базовом (а) и повышенном (б) уровнях

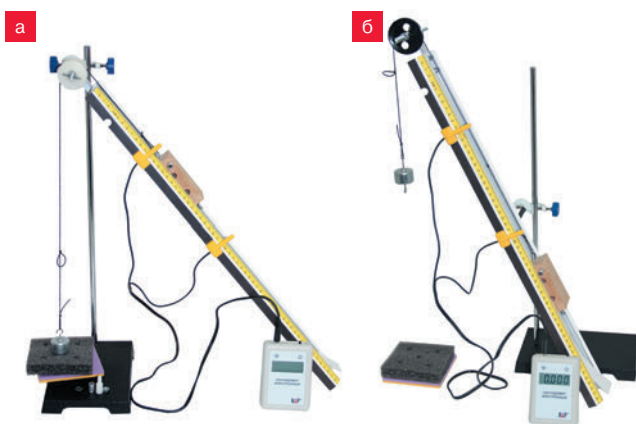


Рис. 12. Установки для исследования применения законов динамики к движению тел на базовом (а) и повышенном (б) уровнях

3.3. Тематический набор «Молекулярная физика и термодинамика»

Модернизированный набор «ГИА-лаборатории» по тепловым явлениям (см. рис. 2) полностью обеспечивает проведение фронтального эксперимента в основной школе в соответствии с требованиями ФГОС. Исключение составляет оборудование для исследования плавления вещества, поскольку соответствующие эксперименты не входят в КИМы ГИА [3]. При разработке набора решены актуальные проблемы экспериментального обеспечения исследований и в основной, и в старшей школе: поверхностного натяжения; изопроцессов и уравнения состояния; плавления и деформации твёрдого тела, а также броуновского движения. Прибор для исследования изопроцессов (рис. 13) сконструирован на основе баллонов переменного и постоянного объёма с манометром (см. рис. 2).

Исследование деформации твёрдого тела имеет важнейшее значение при формировании адекватных представлений учащихся о строении вещества. Такое исследование – единственный (вместе с измерением коэффициента поверхностного натяжения) способ реальных измерений межатомных взаимодействий. Установка представлена на рис. 14. Важно, что фронтальное оборудование нового поколения позволяет акцентировать внимание на фундаментальных аспектах исследования, например, на основе исследования изохорного процесса прийти к пониманию существования абсолютного нуля и оценить его значение по практической шкале температуры, например, Цельсия.

Продолжение идеи использования фронтальных работ как средства оценки фундаментальных постоянных и законов привело к тому, что в состав набора был включен планшет с треками броуновской частицы (рис. 15).

Работа с треками позволяет (как показал проф. В.А. Орлов) на основе прямых измерений определить среднее значение квадрата смещения броуновской частицы и убедиться в том, что оно пропор-



Рис. 13. Приборы для исследования изопроцессов на базовом (а) и повышенном (б) уровнях

ционально времени наблюдения. После такого исследования ученики могут сравнить закономерности механического и молекулярного движений и понять особенности последнего. Демонстрация видеоролика с записью реального броуновского движения и соответствующая работа практикума [4] позволяют изучить броуновское движение и на базовом, и на повышенном уровнях требований.



Рис. 14. Прибор для исследования деформации твёрдого тела

3.4. Тематический набор «Электродинамика»

Модернизированный набор «Электромагнитные явления» «ГИА-лаборатории» (см. рис. 3) полностью обеспечивает проведение фронтального эксперимента в основной школе. В старшей профильной школе выполняются исследования источника тока, снятие вольтамперных характеристик лампочек накаливания, качественное наблюдение прохождения переменного тока через катушку индуктивности, измерение силы Ампера, исследования явления электромагнитной индукции и зависимости силы индукционного тока от скорости движения магнита, индукции магнитного поля и магнитного потока, правила Ленца.

Включение в состав оборудования общего назна-

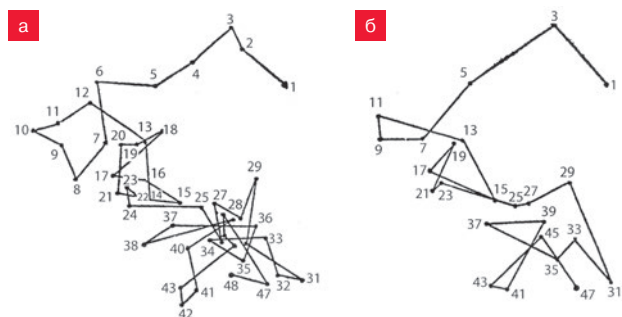


Рис. 15. Треки броуновской частицы в опытах Перрена, полученные при промежутке времени между наблюдениями: 30 с (а); 60 с (б)

чения источника-генератора и мультиметра решающим образом изменяет возможности эксперимента по электродинамике, так как позволяет исследовать цепи переменного тока всех типов, а также наблюдать вынужденные электромагнитные колебания и резонанс. С этой целью в состав набора включены конденсаторы (рис. 16). Мультиметр позволяет снимать вольтамперные характеристики диода и светодиода (рис. 17), а также обнаруживать $p-n$ -переходы транзистора.

Поскольку включённый в состав оборудования мультиметр автоматически определяет пределы измерения сопротивлений резисторов, легко провести совместное исследование зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры.

Важное значение для повышения практической направленности фронтального эксперимента, его политехнической составляющей имеет включение в состав набора по электродинамике деталей для сборки двигательной установки: возникает возможность исследовать границы применимости закона Ома для участка цепи ($I = U/R$), чтобы ученики поняли, что он выполняется лишь там, где вся энергия электрического поля переходит во внутреннюю. При подъёме груза закон Ома не выполняется, так как в соответствии с законом сохранения энергии $UIt = I^2Rt + mgh$. Парадоксальная зависимость силы тока от массы поднимаемого груза (рис. 18) очень хорошо позволяет понять приоритет фундаментальных законов перед эмпирическими. Непонимание этого обстоятельства сказывается и на результатах ЕГЭ. Мы отказались от включения в состав на-

бора уже собранных двигателей с редуктором в пользу самостоятельного конструирования такой установки. Она позволила включить в состав экспериментов по механике исследование вынужденных колебаний (рис. 19) и исследование скорости равномерного движения с помощью секундомера (рис. 20).



Рис. 16. Конденсаторы



Рис. 17. Диод (на верхней плоскости панели) и светодиод (на передней грани)

3.5. Тематический

набор «Оптика и квантовая физика»

Модернизированный набор «Оптические и квантовые явления» «ГИА-лаборатории» полностью обеспечивает проведение фронтального эксперимента в *основной школе*. В старшей профильной школе с использованием этого набора выполняются: исследование преломления света и измерение показателя преломления, наблюдение явления внутреннего отражения, исследование линз и сборка оптических систем и моделей оптических приборов, исследование зависимости оптической силы линзы от вещества (на примере жидких линз), преломление на цилиндрической поверхности.

В состав фронтального набора нового поколения включается оборудование для исследования волновых свойств света и измерения длины световой волны: призма, две дифракционные решётки с разным числом штрихов, специальный светодиодный осветитель, два поляроида и оборудование для на-

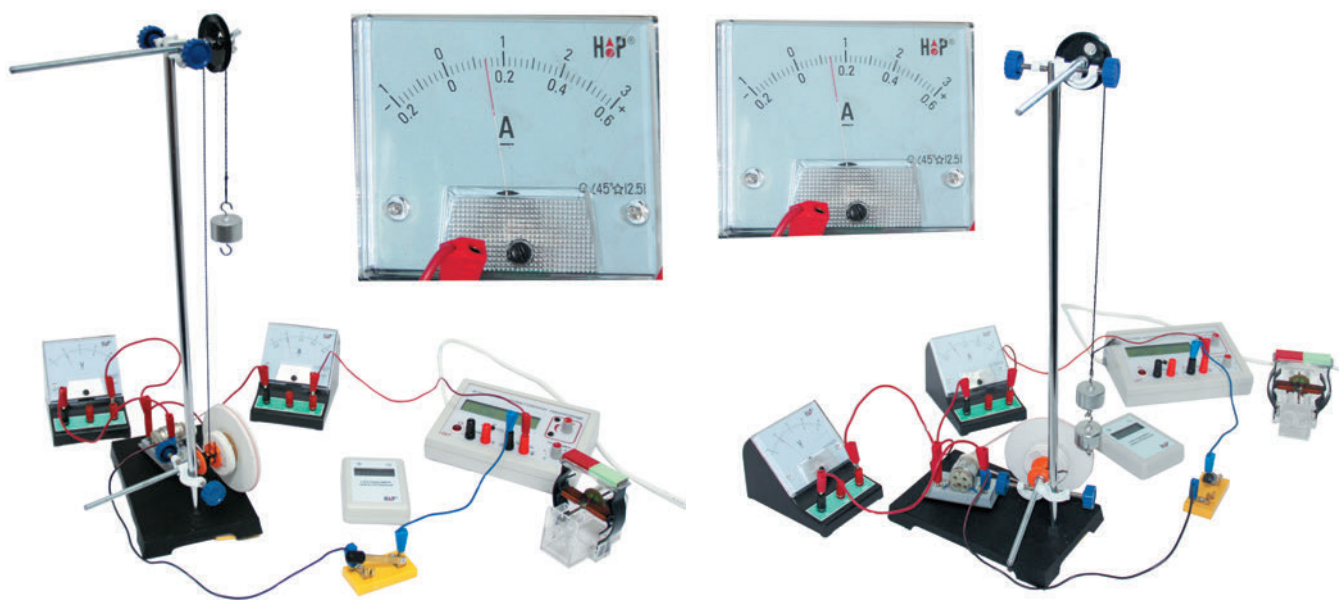


Рис. 18. Установка для исследования закона сохранения энергии при поднимании грузов разной массы электродвигателем (показаны два положения с разными грузами — при поддержании одного и того же тока в обмотке)



Рис. 19. Установка для исследования скорости равномерного движения с помощью секундомера

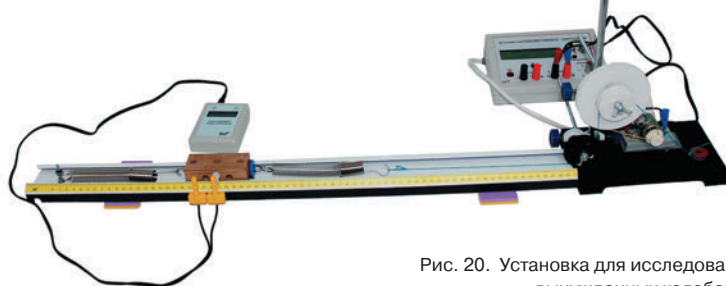


Рис. 20. Установка для исследования вынужденных колебаний

блюдения опыта Юнга, а также фотографии с треками заряженных частиц.

По квантовой физике проводится измерение радиоактивного фона с использованием модернизированного дозиметра RADEX (рис. 21).

3.6. Цифровая лаборатория базового уровня как вариативный набор фронтального комплекта нового поколения

Целесообразность включения цифровых лабораторий [5] в состав фронтального комплекта нового поколения диктуется целым рядом обстоятельств. Среди них отметим важнейшие: приобщение учащихся к современным методам научного познания, необходимость изучения процессов, которые не удаётся исследовать аналоговыми приборами, требования ФГОС о формировании ИКТ-компетентности.

В состав набора оборудования «Цифровая лаборатория» (рис. 22) входят четыре датчика с двумя соединительными кабелями: датчик положения, который фиксирует 4 положения бруска с магнитом; датчик температуры (0...100 °С); датчик абсолютного давления (0...200 кПа); осциллографический датчик напряжения с двумя каналами для измерения,

CD с программным обеспечением. Набор оборудования «Цифровая лаборатория» снабжён пособием, в котором подробно представлена технология проведения каждой работы.

Цифровая лаборатория может работать с любым компьютером, но в поставочный комплект «Научных развлечений» включён нетбук «Аквариус», имеющий встроенную ВЕБ-камеру. Такая камера необходима при проведении некоторых работ.

Цифровую лабораторию мы позиционируем как вариативный набор в составе фронтального комплекта нового поколения потому, что стоимость класс-комплекта цифровых лабораторий близка к стоимости фронтального класс-комплекта. В качестве серьёзности финансового ограничения можно указать такой факт – всего две школы Московской области: Удельнинская гимназия (учитель Андреева Н.В.) и школа № 29 г. Подольска (учитель Царьков И.С.) имеют полные класс-комплекты цифровых лабораторий. Впрочем, опыт начальных школ показывает, что с помощью региональных бюджетов проблема может быть решена. Например, во многих муниципальных районах той же Московской области начальные классы снабжены цифровыми лабораториями.

Опыт проведения курсов повышения квалификации в Московской области по работе с цифровыми лабораториями (авторы программ: Новиков С.М., Царьков И.С., Никифоров Г.Г.; преподаватели курсов Царьков И.С., Никифоров Г.Г., Андреева Н.В.) в три последние года в г. Подольске, в Раменском районе и в АСОУ Московской области показывает следующее: учителя выбирают правильную тактику преодоления финансовых ограничений – они сначала приобретают



Рис. 21. Модернизированный дозиметр RADEX



Рис. 22. Цифровая лаборатория и методическое руководство к работе с ней

до трёх лабораторий, что позволяет на первом этапе применять цифровые лаборатории для организации проектной деятельности.

Фирма «Научные развлечения» развивают системные подходы к созданию оборудования по физике для школ. При этом важно иметь в виду, что исходные технико-педагогические требования к ЕГЭ- и ГИА-лабораториям, а также к комплекту фронтального оборудования нового поколения были разработаны нами при тесном взаимодействии с лабораторией дидактики физики ИСМО РАО.

В мае 2013 г. на специальном совместном заседании система школьного оборудования «Научных развлечений» и, в том числе, концепция фронтальных комплектов нового поколения была одобрена.

Апробация фронтальных комплектов на экспериментальных площадках лаборатории дидактики физики в Удельнинской гимназии и в школе № 29 г. Подольска показывает, что их использование позволяет изучать физику на основе самостоятельно-го эксперимента в полном соответствии с системно-деятельностным подходом ФГОС.

Литература

1. Примерная программа по физике 7–9. М.: Про-

свещение, 2010, 2011.

2. Никифоров Г.Г., Поваляев О.А. Комплекты оборудования для проверки экспериментальных умений // Физика. ИД «ПС». 2011. № 13.
3. Никифоров Г.Г., Камзеева Е.Е., Демидова М.Ю. Физика. ГИА: Сб. экспериментальных заданий для подготовки к государственной итоговой аттестации в 9 классе (Сер. «Итоговый контроль: ГИА») / Под ред. М.Ю. Демидовой. 3-е изд. М.; СПб.: Просвещение, 2014. 173 с.
4. Царьков И.С., Никифоров Г.Г. Броуновское движение: фундаментальные и ключевые эксперименты // Физика в школе. 2012. № 8.
5. Цифровая лаборатория. Методическое руководство по работе с комплектом оборудования и программным обеспечением фирмы «Научные развлечения». Москва, 2011. Разработчики: А.Н. Болгар, О.А. Поваляев, Н.К. Ханнанов, С.В. Хоменко, М.М. Сазонов. Авторы методических рекомендаций: А.Н. Болгар, Н.К. Ханнанов.





Педагогический университет
«**Первое сентября**»

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

ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

(с учетом требований ФГОС)

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

образовательные программы:

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

Стоимость – 3990 руб.

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

Стоимость – 3390 руб.

По окончании выдается удостоверение о повышении квалификации
установленного образца

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

Пожалуйста, обратите внимание:

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

Загадка баллистического пистолета



Попытка ответить на вопрос, который обычно обходится стороной в школьном курсе физики ввиду неприменимости закона сохранения импульса для случаев незамкнутых систем, когда присутствуют внешние силы. На примере выстрела вертикально шариком из баллистического пистолета получаются парадоксальные, на первый взгляд, результаты. Однако подробное теоретическое и экспериментальное исследование позволяет дать вполне оправданный физический ответ на поставленную проблемную ситуацию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: баллистический пистолет, удар, закон сохранения импульса, закон сохранения энергии

Г.А. ГРИШИН

mash404@mail.ru,

С.Б. ДОБРОХОВ

МБОУ лицей при УлГТУ,

г. Ульяновск

При подготовке урока по теме «Применение законов сохранения» были проведены опыты с баллистическим пистолетом, в ходе которых были получены, на первый взгляд, парадоксальные результаты, касающиеся высоты подъёма шариков. При выстреле вертикально вверх стальными шариками разного диаметра (8 и 16,6 мм, см. № 2 и № 5 в таблице) ожидалось, что маленький шарик будет подниматься выше, чем большой. Однако на деле получилось как раз наоборот – маленький шарик поднимался почти в 1,5 раза ниже!

Для разгадки этой проблемы было проведено подробное исследование с шариками массой 0,25–129 г (диаметром соответственно 4–32 мм). Оказалось, что очень важно начальное положение шарика по отношению к бойку (см. рис. 1): в зависимости от этого энергия от пружины шарiku передавалась в результате либо «увлечения» (шарик довольно продолжительное время разгонялся вместе с бойком), либо упругого удара (кратковременное воз-

действие бойка). Высота подъёма фиксировалась видеосъёмкой (см. видеофайлы в ЭП) с ошибкой не более 5%. Разница в высотах подъёма при этих двух способах передачи энергии для самого маленького шарика диаметром 4 мм (№ 1 в таблице) доходила в наших опытах до 2,5 раз. Полученные высоты подъёма шариков при разгоне «увлечением» и «ударом» приведены на рис. 1. Массы шариков определяли на весах ВТ-200 с гириями 4 класса точности с ошибкой не более 3%. Для «увлечения» шариков диаметром больше 8 мм (это диаметр канала) использовалась лёгкая пластмассовая вставка, а для удара по шарикам № 1 и № 2 – лёгкие шайбы.

На диаграмме (рис. 2) видно, что удар более эффективный способ разгона, особенно если масса шарика значительно меньше массы бойка (38,75 г). Если масса шарика значительно превышала массу бойка, то высоты отличаются мало.

Отсюда можно сделать практические выводы. Например, ясно, что удар клюшкой на шайбе, молотка по гвоздю, бабой по свае эффективнее «увлечения» и, наоборот, толкание массивного ядра эффективнее удара.

Теоретически вопрос о распределении энергии при центральном упругом ударе двух шаров при отсутствии внешних сил рассмотрен в литературе [1]. В случае, если начальная скорость одного из шаров, например, шара-мишени (индекс 1), равна нулю, то

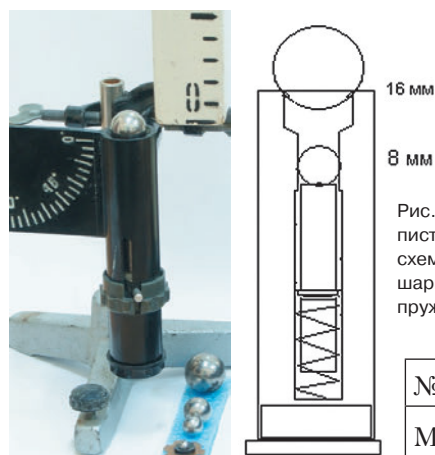


Рис. 1. Баллистический пистолет: общий вид и схема расположения шарика при сжатой пружине



Рис. 2. Зависимость высоты подъёма шариков разной массы при двух способах разгона (по горизонтали указаны номера шариков, соответствующую массу см. в таблице)

№ шарика	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса, г	0,25	2,10	4,07	11,2	18,75	31,8	35,6	66,8	94,3	129,3

доля энергии, передаваемая ему налетающим шаром (индекс 2), определяется соотношением:

$$\frac{\Delta W_1}{W} = \frac{4m_1m_2}{(m_1 + m_2)^2}, \quad (1)$$

где ΔW_1 – изменение энергии шара-мишени, а W – кинетическая энергия системы шаров, равная в данном случае начальной кинетической энергии налетающего шара. Из формулы (1) следует, что доля передаваемой энергии зависит от соотношения масс шаров и максимальна, если их массы равны (без учёта тепловых потерь). Данное утверждение относится к ситуации, когда шары движутся по горизонтали, то есть система взаимодействующих тел является замкнутой, а сила тяжести компенсируется, например, силой реакции опоры или подвеса.

В нашем случае боёк и шарик двигались по вертикали, так что сила тяжести являлась нескомпенсированной внешней силой. Чтобы обосновать возможность применения закона сохранения импульса в момент удара, нужно сравнить величину силы тяжести, действующей на шарик, и среднее значение силы упругости при деформации стального шарика. Время удара τ бойка по стальному шарикю оцениваем как 10^{-4} с [2], импульс бойка $\sim 0,1$ кг · м/с.

Отсюда $F_{\text{упр. max}} = \frac{\Delta(m \cdot v)}{\tau} = 10^3$ Н. Среднее значение

силы упругости $\langle F_{\text{упр}} \rangle$ можно взять на порядок меньше. Тогда сила тяжести, действующая, например, на шарик № 7, составит $\sim 0,35$ Н, что более чем на два порядка меньше $\langle F_{\text{упр}} \rangle$, то есть можно считать, что во время удара приближённо выполняется условие закона сохранения импульса [3].

Исходя из этого, расчёт максимальной высоты подъёма шарика производился с учётом законов сохранения импульса и энергии:

– в случае «увлечения» пружина разгоняет шарик совместно с бойком, так что не будь в пружинном пистолете ограничителя, боёк и шарик поднялись бы на одинаковую высоту h :

$$h = \frac{W_{\text{упр}}}{g \cdot (m_6 + m_{\text{ш}})}; \quad (2)$$

– в случае удара пружина полностью передаёт потенциальную энергию сжатия бойку, разгоняя его ($W = W_2 = W_{\text{упр}}$), боёк ударяет по покоящемуся шарикю, который поднимается на высоту h , при этом кинетическая энергия шарика переходит в потенциальную в поле тяжести.

Исходя из формулы (1), можем записать:

$$m_{\text{ш}}gh = \frac{4m_6m_{\text{ш}}}{(m_6 + m_{\text{ш}})^2} \cdot W_{\text{упр}}, \quad (3)$$

$$h = \frac{4W_{\text{упр}} \cdot m_6}{g(m_6 + m_{\text{ш}})^2}, \quad (4)$$

где $W_{\text{упр}}$ – энергия сжатой пружины. Расчёты высот по формулам (2) и (4) дали несколько завышенные результаты по сравнению с полученными в эксперименте, так как мы не учитывали неизбежные тепловые потери. Мы использовали пружину жёсткостью 495 Н/м, энергия сжатой пружины при деформации 25,4 мм составила 160 мДж с ошибкой не более 2%.

На рис. 3 показаны зависимости энергии, сообщённой шарикам разной массы, которая определялась по максимальной высоте подъёма при «увлечении» и при ударе. По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

– при разгоне «увлечением» энергия, полученная шариком, пропорциональна его массе (рис. 3, а); остальная часть энергии преобразуется во внутреннюю энергию при ударе бойка о корпус пистолета. Некоторое отклонение от линейной зависимости высоты от номера шарика объясняется не только экспериментальными ошибками, но и особенностью построения диаграмм – по горизонтали отложены номера, но не приращения масс;

– при разгоне ударом максимальная энергия передаётся шарикю, если его масса равна массе бойка (рис. 3, б), что соответствует теории удара [1]. При меньшей массе шарика часть энергии пружины идёт на нагревание корпуса пистолета и бойка с шариком, при большей массе шарика – на нагревание бойка и самого шарика, так как боёк при ударе о

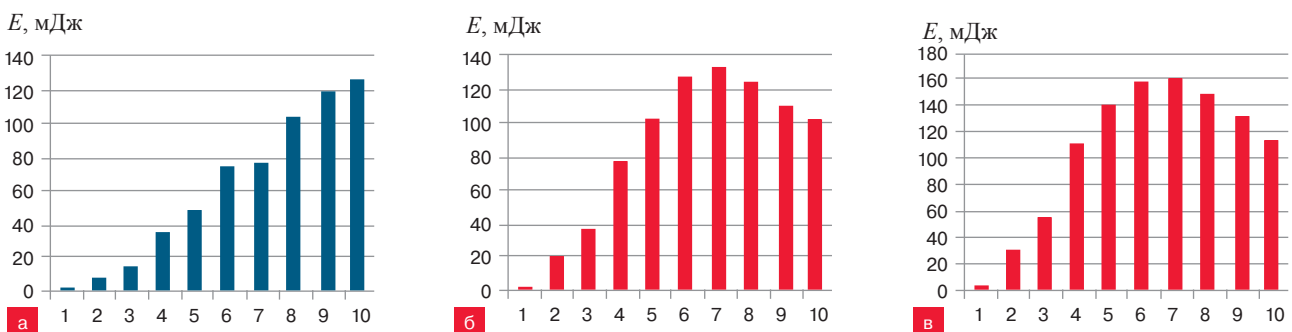


Рис. 3. Экспериментальные зависимости энергии шариков, мДж, разной массы при разгоне «увлечением» (а) и ударом (б), а также аналогичная расчётная зависимость энергии, полученной шариком при разгоне ударом (в). По горизонтали отложен номер шарика (масса увеличивается с номером, см. таблицу)

«ЕГЭ» по-американски

шарик практически теряет скорость, то есть взаимодействует как с массивной стенкой, и удар о корпус происходит на значительно меньшей скорости. Максимальный коэффициент передачи энергии (отношение энергии шарика к энергии пружины) составил 87% в случае примерного равенства масс шарика и бойка, а в случае самого малого шарика – около 1,5%.

Результат расчёта энергии шарика при ударе по формуле (3) (рис. 3, в) практически совпадает с результатом эксперимента с учётом погрешностей и тепловых потерь. Таким образом, используя законы сохранения, удалось объяснить первоначальную загадочную ситуацию с подъёмом шариков – оказалось, что удар более эффективен для передачи энергии. Рассмотрение аналогичных ситуаций в науке и технике, промышленности, военном деле позволяет показать учащимся практическую значимость законов сохранения.

Литература

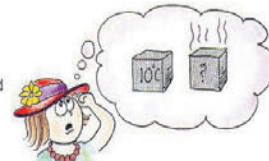
1. Поройков И.В. Краткий курс лекций по физике. М.: Высшая школа, 1965 г. С. 94.
2. Путилов К.А. Курс физики. Т. 1. / Изд-е 11. М.: Гос. изд. ФМЛ, 1963. С. 119.
3. Эвенчик Э.Е., Шамаш С.Я., Орлов В.А. Методика преподавания физики в средней школе. М.: Просвещение, 1986. С. 196.

87. Железный кубик имеет температуру 10°C . Есть такой же кубик железа, но горячее в два раза. Какую температуру имеет второй кубик?

Ответ. 293°C . Возьмём линейку длиной $273 + 10$ делений. Можно считать её шкалой термометра от -273°C до $+10^{\circ}\text{C}$. Согласитесь, что линейка в два раза длиннее будет иметь $2 \times 283 = 566$ делений (или, в градусах, 566 K). Вычтем исходные 273 и получим $566 - 273 = 293$ деления, что соответствует температуре второго кубика железа, который в два раза горячее первого.

Next-Time Question

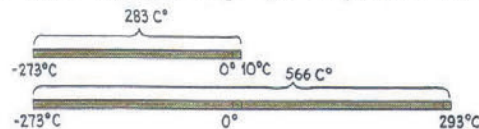
A piece of iron has a temperature of 10°C . A second identical piece of iron is twice as hot. What is the temperature of the second piece of iron?



Answer:

The twice as hot iron is 293°C .

Consider a stick that is $273 + 10$ units long. This is like a thermometer that extends from absolute zero (-273°C) to 10°C . Can you see that a stick twice as long is $2 \times 283 = 566$ units long? (Or temperature-wise, 566 K ?)



Subtract the 273 part and you have $566 - 273 = 293$ units—likewise for the twice-as-hot 10°C iron.

ARBOR SCIENTIFIC

© 2001 Paul G. Hewitt

Hewitt

Paul G. Hewitt. Next-Time Question, NTQ_THERMO_2QA, 2001.

88. Если вы дотронетесь до стенки раскалённой до 200°C печи, то обожжётесь. Но раскалённые до 1800°C искры от бенгальского огня, попадающие вам на кожу, ожога не вызывают. Почему?

Ответ. Температура пропорциональна энергии, приходящейся на одну молекулу. Больше молекул – больше энергия. Прикасаясь к стенке печи, вы контактируете с множеством молекул, поток энергии вызывает ожог. А когда на вашу кожу попадает одна искра, то количество контактирующих с ней молекул невелико, хотя каждая и сильно разогрета.

Девочка. Высокую температуру при низкой энергии можно сравнить с высоким напряжением при низкой энергии. И очень горячие искры, и высокое напряжение заряженного шарика не опасны, так как энергия в каждом случае мала.

Next-Time Question

Touch the inside of a 200°C hot oven and you burn yourself. But when the 1800°C white hot sparks from a 4th-of-July type sparkler hit your skin, you're okay. Why?



Answer:

Temperature is proportional to energy per molecule. How much energy depends on how many molecules. When you touch the inside surface of the oven, you're making contact with many, many molecules, and the flow of energy is a painful experience. Although the energy per molecule is much greater in the sparks of the firework, you make contact with only a relatively few molecules when a spark lands on you. The corresponding low energy transfer borders on your threshold of feeling.

High temperature at low energy is like high voltage at low energy. Both a high-temperature spark and the high voltage of a charged balloon are harmless because their energies are very small.

ARBOR SCIENTIFIC

© 2002 Paul G. Hewitt

Hewitt

Paul G. Hewitt. Next-Time Question, NTQ_HEAT_1QA, 2002.

Н.Д. Козлова (пер. с англ.)

Олимпиада «Ломоносов 2013-2014»



Представлены задачи по физике (механика, динамика, электростатика, электродинамика, МКТ, термодинамика, оптика) с решениями, предлагавшиеся на олимпиаде «Ломоносов», которая традиционно проводится МГУ им. М.В. Ломоносова.

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

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

В 2013/2014 учебном году олимпиада «Ломоносов» по физике проводилась в два этапа – отборочный и заключительный. Отборочный этап проходил заочно. Для учеников 7–9-х классов проводился один тур – с 21 ноября 2013 г. по 19 января 2014 г. Для учеников 10–11-го классов было три тура, проводимых по единой форме и с равноценными заданиями. Каждый ученик, если хотел, мог участвовать в одном, двух или во всех трёх турах. Задания олимпиады размещались в интернете на сайте <http://olymp.msu.ru>. Доступ к условиям заданий был открыт для участников трижды: с 21 по 24 ноября 2013 г. (1-й тур), с 16 по 19 декабря 2013 г. (2-й тур) и с 19 по 22 января 2014 г. (3-й тур). В эти же сроки принимались решения и ответы по каждому туру. После прохождения всех туров олимпиады каждый участник до 29 января 2014 г. должен был самостоятельно определить номер тура, который для него является официальным.

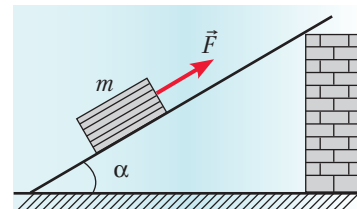
Победители и призёры отборочного этапа были приглашены для участия в заключительном очном этапе, прошедшем 28 февраля 2014 г. на физическом факультете МГУ и на 8 региональных площадках в городах Барнаул, Воронеж, Кисловодск, Саров, Таганрог, Уфа, Чебоксары и Челябинск. По желанию ряда учеников 7–9-го классов выполнение заданий заключительного этапа было организовано также в школах по месту их проживания.

Задания для учащихся 10–11-го классов были составлены в полном соответствии с кодификатором элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для единого государственного экзамена 2014 г. по физике и охватывали основные разделы кодификатора, а именно: механику, молекулярную физику и термодинамику, электродинамику и оптику. Типовое задание состояло соответственно из четырёх разделов, в каждом – краткий вопрос по теории и дополняющая его задача. Ниже приводятся примеры заданий олимпиады Ломоносов.

Отборочный тур

7–9-й классы

1. Рабочий затаскивает вверх по наклонному трапу ящик массой $m = 90$ кг, прикладывая к нему силу, направленную параллельно трапу и равную $F = 500$ Н. Трап образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а движение ящика происходит с постоянной скоростью. Найдите коэффициент полезного действия η используемого рабочего трапа. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с². Ответ приведите в процентах, округлив до целого значения.



Решение. Коэффициент полезного действия механизма, по определению, равен $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\%$, где $A_{\text{п}}$ – полезная работа по перемещению ящика, A_3 – полная (затраченная) работа. Пусть вертикальное перемещение ящика составило некоторую величину h . Тогда $A_{\text{п}} = mgh$, а $A_3 = Fs = F \frac{h}{\sin \alpha}$. Отсюда:

$$\eta = \frac{mg}{F} \sin \alpha \cdot 100\%.$$

Подстановка числовых значений даёт $\eta = 90\%$.

Ответ. $\eta = \frac{mg}{F} \sin \alpha \cdot 100\%$; $\eta = 90\%$.

2. На горизонтальном дне сосуда, доверху заполненного водой, лежит тело, имеющее форму полушара

ра радиуса $R = 10$ см, причём под нижнюю плоскую поверхность тела вода не подтекает. С какой силой N тело давит на дно сосуда, если масса тела $m = 2$ кг, а глубина сосуда $h = 30$ см? Плотность воды считайте равной $\rho = 1$ г/см³, а ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Атмосферное давление не учитывайте. Ответ округлите до целого значения.

Указание. Объём шара радиуса R равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$,

площадь круга того же радиуса равна $S = \pi R^2$.

Решение. Условие равновесия тела имеет вид: $N = mg + F_{\downarrow}$, где $F_{\downarrow}$ — суммарная сила давления со стороны жидкости на верхнюю полусферическую поверхность тела. Если бы жидкость подтекала под нижнюю поверхность тела, то на него бы действовала выталкивающая сила $F_{\text{выт}} = \rho g V$. Эта сила равна разности сил давления со стороны жидкости на нижнюю (плоскую) и верхнюю (полусферическую) поверхности тела: $F_{\text{выт}} = F_{\uparrow} - F_{\downarrow}$. Отсюда:

$$F_{\downarrow} = F_{\uparrow} - F_{\text{выт}} = \rho g h \cdot \pi R^2 - \rho g \frac{2}{3} \pi R^3.$$

Подстановка числовых значений даёт $N \approx 93$ Н.

Ответ. $N = mg + \rho g \cdot \pi R^2 \left(h - \frac{2}{3} R \right)$; $N \approx 93$ Н.

3. Между свободными концами двух последовательно соединённых резисторов поддерживается постоянное напряжение $U = 10$ В. Сопротивление одного из резисторов равно $r = 1$ Ом, а сопротивление R второго подобрано таким, что на нём выделяется мощность, максимально возможная при данном значении r . Определите мощность P , выделяющуюся при этом на резисторе, имеющем сопротивление r .

Решение. Обозначим через I силу тока в цепи. Тогда полная мощность, выделяющаяся в цепи, равна UI , а мощность, выделяющаяся на резисторе r , равна $I^2 r$. Если через P_x обозначить мощность, выделяющуюся на резисторе неизвестного сопротивления, то можно записать равенство:

$$UI = I^2 r + P_x \Rightarrow P_x = UI - I^2 r.$$

Поскольку P_x обращается в нуль при $I_1 = 0$ и $I_2 = \frac{U}{r}$, то максимум квадратичной функции $P_x(I)$ достигается при $I = I_0 = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{U}{2r}$ и равен $P_{x\text{max}} = \frac{U^2}{4r}$.

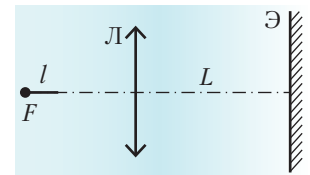
Следовательно, мощность, выделяющаяся при этом на резисторе r , равна

$$P = I_0^2 r = \frac{U^2}{4r}.$$

Подстановка числовых значений даёт $P = 25$ Вт.

Ответ. $P = \frac{U^2}{4r}$; $P = 25$ Вт.

4. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы L расположен отрезок тонкой светящейся нити длиной $l = 2$ см (см. рисунок). Дальний от линзы конец нити совпадает с фокусом



линзы. Фокусное расстояние линзы равно $F = 10$ см, а её диаметр $d = 8$ мм. По другую сторону за линзой на расстоянии $L = 20$ см от неё перпендикулярно её главной оптической оси расположен экран Э. Определите диаметр D светлого пятна на экране. Ответ выразите в миллиметрах.

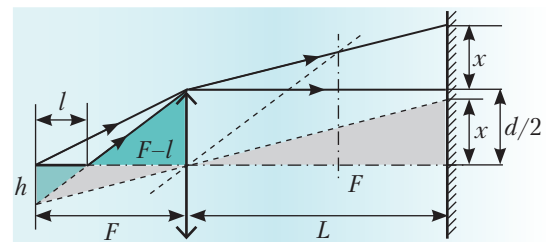
Решение. Ход лучей, испущенных двумя точками, находящимися на противоположных концах нити, изображён на рисунке. Видно, что диаметр светового пятна на экране определяется лучами, выходящими из ближнего к линзе конца нити и проходящими через край линзы. Из подобия треугольников (см. рисунок) имеем: $\frac{x}{h} = \frac{L}{F}$, $\frac{h}{l} = \frac{d/2}{F-l}$.

Исключая из этих выражений h , находим длину отрезка $x = \frac{dLl}{2F(F-l)}$. Учитывая, что $D = d + 2x$,

$$\text{получаем: } D = d \left(1 + \frac{Ll}{F(F-l)} \right).$$

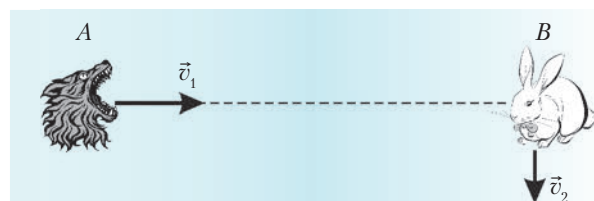
Подстановка числовых значений даёт: $D = 12$ мм.

Ответ. $D = d \left(1 + \frac{Ll}{F(F-l)} \right)$; $D = 12$ мм.



5. Ветер донёс до волка, затаившегося в точке A , запах зайца, лёжка которого расположена в точке B , находящейся от точки A на расстоянии $L = 1,3$ км.

Проголодавшийся волк осторожно двинулся по направлению от точки A к точке B со скоростью $v_1 = 2$ м/с. Через $t_0 = 1$ мин после этого заяц, почуяв неладное, начал уходить от своей лёжки в перпендикулярном направлении со скоростью $v_2 = 1$ м/с. Считая, что направления движения и скорости волка и зайца неизменны, найдите, через какое время t_1

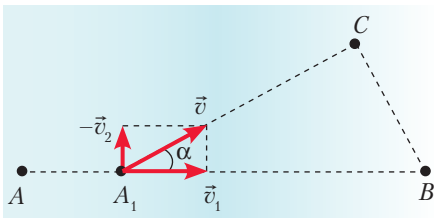


после начала движения волка расстояние между волком и зайцем будет минимальным. Ответ приведите в секундах.

Решение. В момент начала движения зайца волк находился в точке A_1 , расстояние A_1B равно $L_1 = L - v_1 \cdot t_0$. Перейдём в систему координат, движущуюся вместе с зайцем. Заяц в этой системе неподвижен, а у волка появляется дополнительная скорость $-\vec{v}_2$, направленная против движения новой системы отсчёта. Из рисунка видно, что модуль скорости волка относительно зайца $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, а угол α между векторами $\vec{v}$ и $\vec{v}_1$ удовлетворяет соотношению

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}.$$

Расстояние между волком и зайцем минимально, когда волк находится в точке C , причём $BC \perp A_1C$. После начала движения волк окажется в точке C



через время

$$\begin{aligned} t_1 &= t_0 + \frac{L_1 \cos \alpha}{v} = t_0 + \frac{L_1 \cos^2 \alpha}{v_1} = \\ &= t_0 + \frac{(L/v_1 - t_0)}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = t_0 + \frac{(L/v_1 - t_0)}{1 + (v_2/v_1)^2}. \end{aligned}$$

Подстановка числовых значений даёт: $t_1 = 532$ с.

Ответ. $t_1 = t_0 + \frac{(L/v_1 - t_0)}{1 + (v_2/v_1)^2}$; $t_1 = 532$ с.

6. Мальчик выстрелил из пневматического пистолета маленьким шариком, направив ствол пистолета вертикально вверх. Спустя время $\tau = 8,7$ с шарик вернулся в точку, откуда был произведён выстрел, имея в момент падения скорость $v_2 = 37$ м/с. Какова скорость v_1 , с которой шарик вылетел из ствола пистолета, если сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости шарика? Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².

Решение. По второму закону Ньютона, уравнение движения шарика имеет вид $m\vec{a} = m\vec{g} - k\vec{v}$, где m – масса шарика, $\vec{a}$ – его ускорение, k – коэффициент сопротивления. В проекции на координатную ось y , направленную вертикально вверх и имеющую начало в точке O вылета шарика из ствола пистолета, имеем:

$$m \frac{\Delta v_y}{\Delta t} = -mg - k \frac{\Delta y}{\Delta t} \Rightarrow m \cdot \Delta v_y = -mg \cdot \Delta t - k \cdot \Delta y.$$

Поскольку m , g и k – постоянные величины, последнее равенство можно записать в виде:

$$m[v_y(\tau) - v_y(0)] = -mg\tau - k[y(\tau) - y(0)].$$

Подставляя в это равенство соотношения $v_y(0) = v_1$, $v_y(\tau) = -v_2$, $y(0) = 0$, $y(\tau) = 0$, получаем:

$$m(v_1 + v_2) = mg\tau \Rightarrow v_1 = g\tau - v_2.$$

Подстановка числовых значений даёт $v_1 = 50$ м/с.

Ответ. $v_1 = g\tau - v_2$; $v_1 = 50$ м/с.

10–11 КЛАССЫ

Первый тур

1. Стоящий на горизонтальном льду мальчик массой $M = 30$ кг бросает в горизонтальном направлении камень массой $m = 3$ кг. Определите коэффициент трения μ мальчика о лёд, если после броска мальчик откатился на расстояние $L = 0,5$ м, а модуль скорости камня относительно земли в момент броска был равен $u = 10$ м/с. Влиянием силы трения во время броска можно пренебречь. Модуль ускорения свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

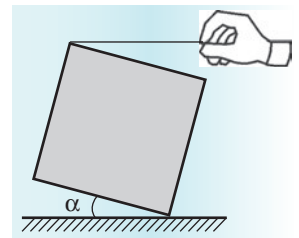
Решение. Пренебрегая импульсом силы трения во время броска камня, по закону сохранения импульса, имеем $mu = Mv$, где v – модуль скорости мальчика после броска. Согласно закону изменения механической энергии мальчика, при скольжении мальчика по льду $\frac{Mv^2}{2} = |A_{\text{тр}}|$, где $|A_{\text{тр}}| = \mu MgL$ – модуль работы силы трения. Отсюда $\mu = \frac{m^2 u^2}{2M^2 gL}$.

Подстановка числовых значений даёт $\mu = 0,1$.

Ответ. $\mu = \frac{m^2 u^2}{2M^2 gL}$; $\mu = 0,1$.

2. Железный кубик массой $m = 50$ г удерживают неподвижным на горизонтальной плоскости в положении, показанном на рисунке, с помощью натянутой горизонтально лёгкой нити, расположенной в вертикальной плоскости, которая проходит через центр масс кубика перпендикулярно его рёбрам. Определите модуль F силы, действующей на кубик со стороны плоскости, если угол $\alpha = 15^\circ$. Модуль ускорения свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

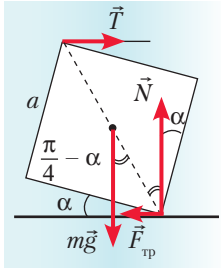
Решение. Обозначим силу натяжения нити через $\vec{T}$. Так как кубик покоится, то сумма моментов силы натяжения и силы тяжести $m\vec{g}$ относительно оси, проходящей через точки касания кубиком плоскости, равна нулю, то есть



$$T \cdot a\sqrt{2} \cos\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) = mg \cdot a \frac{\sqrt{2}}{2} \sin\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right),$$

где a – длина ребра кубика. Отсюда

$$T = \frac{1}{2} mg \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right).$$



Силу натяжения нити $\vec{T}$ должна уравновешивать сила трения кубика о плоскость $\vec{F}_{\text{тр}}$. Нормальная составляющая силы реакции плоскости $\vec{N}$ должна уравновешивать силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на кубик. Поэтому модуль искомой силы равен

$$F = \sqrt{F_{\text{тр}}^2 + (mg)^2} = mg \sqrt{\frac{1}{4} \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) + 1}.$$

Подстановка числовых значений даёт $F = 0,52 \text{ Н}$.

Ответ. $F = mg \sqrt{\frac{1}{4} \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) + 1}$; $F \approx 0,52 \text{ Н}$.

3. Находившийся в объёме $V_1 = 5 \text{ л}$ идеальный одноатомный газ массой $m = 0,8 \text{ г}$ под давлением $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ изохорно нагрели, а затем его объём изобарно уменьшили до величины $V_3 = 3 \text{ л}$, совершив работу $A = 400 \text{ Дж}$. Определите разность температур газа в конечном и начальном состояниях. Молярная масса газа равна $\mu = 4 \text{ г/моль}$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Ответ округлите до целых.

Решение. Обозначим начальную абсолютную температуру газа через T_1 , температуру газа после изохорного нагревания через T_2 , конечную температуру через T_3 . Тогда, согласно закону Менделеева–Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1, \quad p_2 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_2, \quad p_2 V_3 = \frac{m}{\mu} R T_3.$$

Поскольку $A = p_2(V_1 - V_3)$, то $T_3 = \frac{A V_3 \mu}{(V_1 - V_3) m R}$, а искомая разность температур:

$$\Delta T = T_3 - T_1 = \left[\frac{A V_3}{V_1 - V_3} - p_1 V_1 \right] \cdot \frac{\mu}{m R}.$$

Подстановка числовых значений даёт $\Delta T \approx 60 \text{ К}$.

Ответ: $\Delta T = \left[\frac{A V_3}{V_1 - V_3} - p_1 V_1 \right] \cdot \frac{\mu}{m R}$; $\Delta T \approx 60 \text{ К}$.

4. Два одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно и подключены к батарее. Между пластинами конденсаторов находится воздух. Ёмкость каждого конденсатора $C = 100 \text{ пФ}$, ЭДС батарейки $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$, а её внутреннее сопротивление $r = 10 \text{ Ом}$. Определите максимальное количество теплоты Q , которое может выделяться в батарее после заполнения одного из конденсаторов диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$. Ответ выразите в наноджоулях.

Решение. Ёмкость двух последовательно соединённых конденсаторов до заполнения одного из них диэлектриком была $C_n = C/2$, а после заполнения стала $C_k = \frac{\epsilon C}{\epsilon + 1}$. Поэтому в начальном и конечном состояниях соответственно установившийся на каждом конденсаторе заряд равен $q_n = C_n \mathcal{E} = \frac{C \mathcal{E}}{2}$, $q_k = C_k \mathcal{E} = \frac{\epsilon C \mathcal{E}}{\epsilon + 1}$, а энергия каждого конденсатора

$$\text{равна } W_n = \frac{q_n^2}{2C_n}, \quad W_k = \frac{q_k^2}{2C_k}.$$

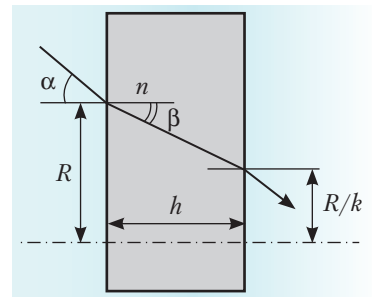
Заряд, протёкший через батарейку после заполнения одного из конденсаторов диэлектриком, равен $\Delta q = q_k - q_n$. Максимальная работа сторонних сил после заполнения конденсатора диэлектриком $A = \mathcal{E} \Delta q$, а изменение электростатической энергии конденсаторов $\Delta W = W_k - W_n$. Согласно закону сохранения энергии, искомое количество теплоты равно $Q = A - \Delta W$.

Подстановка числовых значений даёт $Q \approx 0,83 \text{ нДж}$.

Ответ. $Q = \frac{C \mathcal{E}^2}{4} \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 1}$; $Q \approx 0,83 \text{ нДж}$.

5. На переднюю грань находящейся в воздухе плоскопараллельной прозрачной пластинки с показателем преломления $n = 1,5$ падает сходящийся конический пучок с углом при вершине, равным $2\alpha = 60^\circ$. Ось пучка перпендикулярна плоскости пластинки. Радиус освещённого пятна на передней грани пластинки равен $R = 4 \text{ см}$. Определите минимальную толщину h пластинки, при которой радиус светлого пятна на задней её грани будет в $k = 2$ раза меньше R . Ответ приведите в сантиметрах, округлив до двух знаков после запятой.

Решение. Так как требуется найти минимальную толщину пластинки, то ход крайнего луча пучка должен быть таким, как показано на рисунке. По закону преломления, $\sin \alpha = n \sin \beta$. Из рисунка



видно, что $R \left(1 - \frac{1}{k} \right) = h \operatorname{tg} \beta$.

$$\text{Учитывая, что } \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}},$$

$$\text{находим } h = \frac{(k-1)R \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{k \sin \alpha}.$$

Подстановка числовых значений даёт $h \approx 5,66 \text{ см}$.

$$\text{Ответ. } h = \frac{(k-1)R \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{k \sin \alpha}; \quad h \approx 5,66 \text{ см}.$$

Продолжение следует

Луч Солнца золотой...

Показано, как из соображений размерностей определяющих физических величин можно получить законы термодинамически равновесного излучения и «мгновенно» оценить температуру Солнца, которое оказывается зелёной звездой и одновременно абсолютно чёрным телом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: закон смещения Вина, закон Стефана–Больцмана, фундаментальные физические константы

ПРОФ. А.Л. СТАСЕНКО

Serpantin37@mail.ru,
МФТИ, г. Жуковский,
Московская обл.

Кто не помнит М.Ю. Лермонтова:

...Под ним струя светлей лазури,
Над ним луч солнца золотой?

Вся жизнь на Земле обязана солнечному излучению. Но почему вообще возникает излучение? Для этого необходимо чтобы что-то возбуждало атомы и молекулы, забросив их электроны на верхние уровни, после чего, падая на нижние, они излучают порции энергии – кванты $h\nu$. Этим чем-то могут быть столкновения частиц друг с другом.

Вспомним, что средняя кинетическая энергия частицы массы m в тепловом равновесии характеризуется температурой T :

$$\frac{m\langle v^2 \rangle}{2} \sim kT,$$

где k – постоянная Больцмана.

Тут надо сделать небольшое уточнение. Часто говорят, что температура есть мера тепловой энергии. Но энергия аддитивна (то есть энергия двух частей тела равна сумме энергий этих частей), а температура – нет. Если слить тёплую воду из двух стаканов (с одинаковой температурой) в один сосуд, энергия этой воды удвоится, а температура останется прежней.

Далее, совершенно очевидно, что в наши рассуждения должна входить ещё одна фундаментальная константа – скорость распространения излучения, то есть скорость света c . Итак, если мы хотим найти плотность потока излучения q (Дж/(м²·с)) с единицы поверхности тела, нагретого до температуры T , мы должны связать такие величины, как kT (Дж), h (Дж·с), c (м/с).

Для определения соответствующих показателей степени запишем формулу размерности:

$$q \sim (kT)^l h^m c^n,$$

откуда

$$\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} = \text{Дж}^l (\text{Дж} \cdot \text{с})^m \cdot (\text{м} \cdot \text{с}^{-1})^n.$$

Приравнивая показатели степени в обеих частях этого соотношения, получим:

$$\begin{aligned} 1 &= l + m, \\ -2 &= n, \\ -1 &= m - n. \end{aligned}$$

$$\text{Отсюда } l = 4, m = -3, n = -2, \text{ так что } q \sim \frac{(kT)^4}{h^3 c^2}.$$

Мы получили замечательный закон Стефана–Больцмана: плотность потока излучения тела пропорциональна четвёртой степени его температуры: $q = \sigma T^4$ (где ещё в физике встретишь столь высокую степень!) Конечно, новая постоянная не равна в точности найденному нами значению – она отличается безразмерным множителем, который не могла «отловить» теория размерностей.

Тут надо остановиться и непременно восхититься, – как чудно оказались завязанными в один комплекс фундаментальные константы, относящиеся к различным разделам физики: квантовой механике – $h\nu$, термодинамике – kT , кинетике электромагнитного излучения – c ! Советуем вам перед сном запомнить численные значения этих констант (а утром проверить):

$$\begin{aligned} h &= 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}; \\ k &= 1,4 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}; \\ c &= 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \end{aligned}$$

– и вы получите возможность делать оценки многих других явлений, даже гуляя в лесу.

Итак, $q \sim T^4$. Уже одно это даёт нам возможность оценить, например, температуру «поверхности» Солнца T_c , даже не засылая туда термометры. Запишем баланс энергии Земли: сколько она получает от Солнца, столько же должна вернуть в космос при помощи своего излучения при температуре T_3 . Вся поверхность Солнца излучает энергию, мощность которой равна $q_c 4\pi R_c^2$. Земля получает долю этой энергии, равную $\frac{\pi R_3^2}{4\pi L^2}$ (где L – расстояние от Земли до Солнца), и излучает эту энергию со своей поверхности:

$$q_3 4\pi R_3^2 = q_c 4\pi R_c^2 \left(\frac{\pi R_3^2}{4\pi L^2} \right).$$

Это и есть баланс энергии: Земля в среднем не нагревается и не остывает. Отсюда видно, в частности, что искомый результат не зависит от радиуса Земли (R_3^2 сокращается в обеих частях равенства). А это значит, что любое тело, находящееся на орбите Земли, будет иметь её температуру.

Теперь осталось подставить $q_C = \sigma T_C^4$ и $q_3 = \sigma T_3^4$. В результате получим

$$\frac{T_C}{T_3} = 2 \left(\frac{L}{2R_C} \right)^{1/2}.$$

Здесь мы выделили диаметр Солнца $2R_C$ – это очень удобно, поскольку отношение $\alpha = 2R_C/L$ равно угловому размеру Солнца при его наблюдении с Земли: $\alpha = 0,5^\circ \approx 10^{-2}$ радиан.

Итак, $T_C / T_3 \approx 20$, а поскольку средняя температура Земли 300 К, то $T_C = 6000$ К. Заметим, что и константа σ оказалась излишней в приведённых рассуждениях: достаточно лишь утверждения $q \sim T^4$. Кстати, точное значение $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴) – легко запомнить: последовательность 5, 6, 7, 8.

Пора заметить, что в наши рассуждения не вошла частота излучения ν . Понятно почему: мы до сих пор интересовались суммарным излучением на всех частотах или длинах волн, или, как говорят умные люди, интегралом по всему спектру. Но в былинах, как правило, море *синее*, у поэта – светлей *лазури* (то есть зеленоватое); а есть моря Жёлтое, Красное, Чёрное... А металлы можно разогреть *до красна*, а то и до *белого* каления. В этом случае ясно, что с повышением температуры изменяется и характерная частота излучения ν_m , и длина волны

$$\lambda_m = \frac{c}{\nu_m}.$$

Из сказанного ясно, что тут должно играть роль отношение средней энергии кванта к средней тепловой энергии:

$$\frac{h\nu_m}{kT} = \frac{hc}{kT\lambda_m} \sim 1.$$

Здесь единица напоминает, что характерное значение λ_m надо искать там, где эти энергии сравнимы.

Это и есть закон смещения Вина: $\lambda_m T \sim \frac{hc}{k}$.

Значит, чем больше температура, тем меньше длина волны излучения. В частности, для «луча Солнца золотого» получим

$$\lambda_m \sim \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,4 \cdot 10^{-23} \cdot 6000} \sim 10^{-6} \text{ м}.$$

Эта оценка говорит лишь о том, что максимум спектра Солнца надо искать где-то в микрометровом диапазоне длин волн. Действительно, он соответствует значению $\lambda_m \sim 0,5$ мкм, так что

$$\lambda_m T = 0,5 \text{ мкм} \cdot 6000 \text{ К}. \quad (*)$$

(Заметим, что эта длина волны соответствует звёздам зелёного класса.) Однако, сколько замечательных имён оказалось в одной связке! Стефан (1835–1893), Больцман (1844–1906), Планк (1858–1947), Вин (1864–1928). А то, что скорость света конечна, подозревал ещё Альхазен (965–1039).

Теперь мы можем оценить и длину волны излучения собственного тела: поскольку его температура в 20 раз меньше температуры Солнца, мы (как и все предметы на Земле) излучаем на длине волны порядка 10 мкм. Конечно, только «порядка». Современные тепловизоры позволяют различать разность температур в доли градуса. Как тут не вспомнить Человека-Невидимку, который изобрёл способ сделать своё тело абсолютно прозрачным в оптическом диапазоне длин волн (0,4–0,8 мкм). Бедный человек! Чтобы использовать это преимущество, он должен был бегать абсолютно голым и быть при этом слепым, поскольку хрусталик его глаза не фокусировал бы лучи на сетчатке глаза. Мало того, он был бы легко различим в инфракрасных лучах, поскольку различные участки его тела должны иметь неодинаковые температуры – нос и уши холоднее, живот теплее (особенно после обеда).

Далее, как оказалось, весь космос «шумит» во всех направлениях на длине волны 1 мм (1000 мкм). Значит, как следует из (*), температура этого излучения 3 К и, значит, ни одно тело во Вселенной не может быть холоднее, – разве что искусные физики в своих лабораториях получили более низкие температуры. Кстати, эти же физики ввели определение: тело, поглощающее всё падающее на него излучение, называется абсолютно чёрным. Значит, и Солнце... абсолютно чёрное тело. И к тому же зелёная звезда! Если вы объявите об этом в автобусе, вам немедленно уступят место.

Однако пора кончать, ибо, как сказал Салтыков-Щедрин, излишними рассуждениями «градоначальническую власть не токмо не возвысишь, а наипаче сконфузишь».

Физические затмения в Солнечной системе

Рассматриваются явления образования тени и полутени от космических тел и земных предметов. Материал может быть использован при изучении астрономии и геометрической оптики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физические затмения, тень Земли, полутень, искусственные спутники Земли, рефракция

Е.Б. ГУСЕВ

e.gusev@rsu.edu.ru,
РГУ имени С.А. Есенина,
г. Рязань

Под физическим затмением понимают вхождение одного несамосвещающегося космического тела в тень от другого несамосвещающегося космического тела. Рассмотрим некоторые наблюдательные особенности физических затмений. Каждый школьник знает, что для образования тени нужен источник света, например, Солнце и непрозрачное и несвещающееся тело. Чтобы увидеть тень, необходим экран. В естественных условиях это может быть стена дома, поверхность дороги. В солнечный день легко увидеть тени от деревьев, столбов, от фигур людей. Земля тоже отбрасывает тень. Только вот как её обнаружить? Ещё древние учёные догадались, что в роли экрана может выступать Луна! Аристотель (384–322 гг. до н. э.), учитель Александра Македонского, наблюдая лунные затмения, первым пришёл к выводу, что Земля – шар, так как только от шара тень имеет форму круга при любом его повороте.

Наш спутник, движущийся на небесной сфере по лунному пути с угловой скоростью $13,2^\circ$ в сутки, нагоняет земную тень, которая движется по эклиптике со средней угловой скоростью примерно 1° в сутки (рис. 1). Угол между плоскостями эклиптики и лунного пути $5^\circ 09'$. Затмения могут происходить только вблизи узлов лунной орбиты. Тень от Земли на расстоянии Луны имеет средний угловой

диаметр $1^\circ 22'$, а угловой диаметр Луны равен $0,5^\circ$. Поскольку тень Земли гораздо больше диска Луны, лунные затмения длятся долго – несколько часов.

Есть и другие физические затмения, которые происходят намного чаще лунных, – это вхождение в тень Земли искусственных спутников (рис. 2). Искусственные спутники запускают по направлению вращения Земли, поэтому вечером спутник появляется над горизонтом в западной части неба. Вначале он имеет малый блеск, так как его фаза близка к «новолунию». Перед заходом в тень спутник становится наиболее ярким (фаза «полнолуние»). Войдя в тень, он перестаёт быть видимым. Большое количество спутников на низких околоземных орбитах позволяет даже в течение одного часа пронаблюдать несколько их затмений и тем самым оценить положение тени Земли. Предутренние часы в этом отношении являются менее удобными, так как спутники «выскакивают» из тени, и место их появления на небесной сфере без знания эфемерид зафиксировать сложнее.

Любознательный читатель может убедиться в существовании ещё одного способа обнаружения тени Земли. Для этого вечером после захода Солнца надо обратить внимание на восточную сторону небосвода, а в предутренние часы, соответственно, на западную. Обратимся к «сторонним» наблюдателям.

Смотри, как запад разгорелся
Вечерним заревом лучей,
Восток померкнувший оделся
Холодной, сизой чешуей!

Тютчев Ф.И., 1838

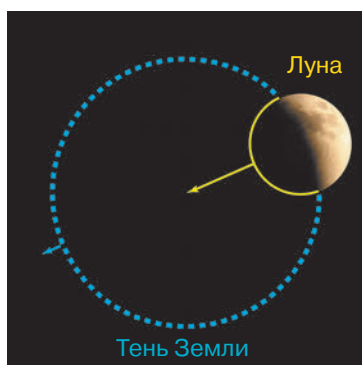


Рис. 1. Луна входит в тень Земли (частная фаза полного лунного затмения 4/5 мая 2004 г.)

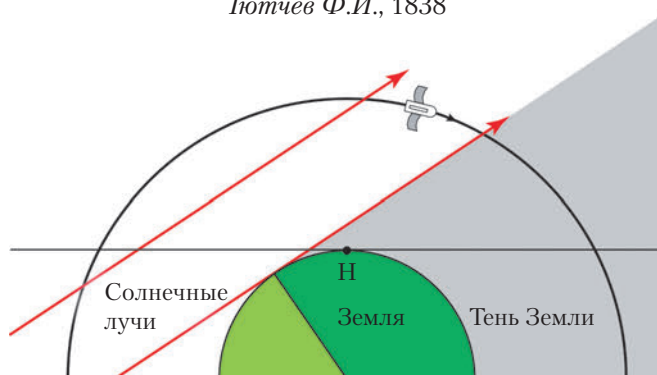


Рис. 2. Схема вхождения искусственного спутника в тень Земли

А вот описание последующей фазы явления:
 ...солнце уже успело скрыться, восточное небо стало фиолетовым, а западное позеленело... А через мгновение опять всё изменилось: восточный небосклон стал сине-лиловый, а море под ним густо-фиолетовое.

Бунин И.А. Воды многие.

URL: http://az.lib.ru/b/bunin_i_a/text_2300.shtm

Литераторы совершенно верно подметили явление проекции тени Земли на восточную часть небосвода после захода Солнца. Разумеется, положение тени Земли на небосводе не всегда чётко фиксируется, оно требует хорошей прозрачности атмосферы, открытости горизонта, отсутствия подсветки и внимательности наблюдателя. Но это явление вполне доступно наблюдению.

Теперь вернёмся к лунным затмениям. Рассмотрим структуру тени от Земли (рис. 3).

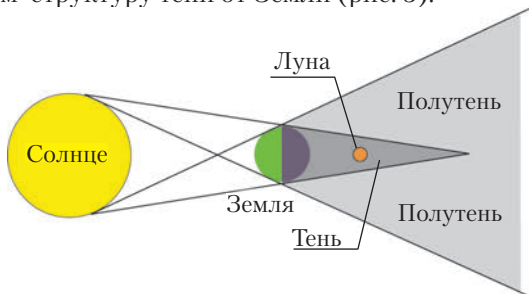


Рис. 3. Схема образования тени и полутени Земли

От Земли простирается сходящийся конус собственно тени и расходящийся конус полутени. Полутень — это область пространства, где наш спутник освещается только частью диска Солнца. При вхождении в полутень Луна становится более тусклой. Глаз не замечает полутень, но на фотографиях она проявляется в некоторой размытости края тени и в уменьшении яркости лунного диска. Полутень выявляется

и при затмениях искусственных спутников. Спутник при вхождении в тень исчезает не мгновенно, а виден ещё в течение нескольких секунд. Тень и полутень получается и от Луны, когда она закрывает для нас Солнце. В этом случае экраном является поверхность Земли (рис. 4).

Тела на Земле при освещении протяжённым источником света, например, Солнцем, также отбрасывают и тень, и полутень. У ног освещённой солнцем фигуры человека тень на горизонтальной поверхности резкая, а с удалением от них заметно размывается. Тени от листьев кроны деревьев всегда расплывчаты (рис. 5). Полутень легко продемонстрировать и в физическом кабинете, если воспользоваться двумя источниками света и небольшим предметом. Там, где предмет экранирует оба источника света, будет тень. Там, где один из источников света экранируется, видна полутень.

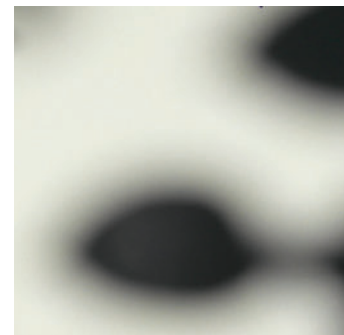


Рис. 5. Тень и полутень от листьев, освещённых Солнцем

Если же источник света занимает всю видимую небесную полусферу, возникнет только полутень. Примеры: гражданские сумерки, когда источником света служит ещё яркий небосвод; свечение неба днём при сплошном облачном покрове. Поскольку полутень в этих ситуациях имеет малую оптическую плотность, люди её обычно не замечают.

Большой интерес представляет видимость Луны во время полной фазы лунного затмения, когда наш спутник находится в тени Земли. По идее, Луна не должна быть видима в это время. Тем не менее она всё же видна, и на ней можно даже разглядеть моря, следовательно, свет на неё всё же попадает. Это происходит за счёт преломления света Солнца в земной атмосфере (рис. 6).

Среднюю рефракцию у горизонта принимают равной $35'$. У лучей Солнца, идущих касательно земной поверхности, преломление равно удвоенной рефракции, то есть $1^\circ 10'$. Угловой диаметр земной тени при наблюдениях с поверхности Земли равен $1^\circ 22'$. Таким образом, преломлённые нижними слоями атмосферы лучи Солнца заходят внутрь тени

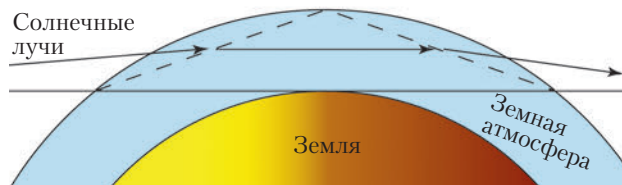


Рис. 6. Рефракция в земной атмосфере. Сечение шарового сегмента атмосферы условно аппроксимировано треугольной призмой



Рис. 4. Тень и полутень от Луны на облачном слое Земли во время солнечного затмения (съёмка с борта орбитальной станции «Мир» во время солнечного затмения 11 августа 1999 г. Две яркие точки в верхнем левом углу картинки — планеты Сатурн и Юпитер)



Рис. 7. Вид Луны во время теневой фазы лунного затмения

от запылённости и протяжённости атмосферы цвет Луны во время теневого затмения может меняться от тёмно-серого до кирпичного или даже медно-красного (рис. 7).

Многочисленные физические затмения, обусловленные большим количеством спутников, происходят и в системах планет-гигантов. Однако тут есть одна интересная особенность, связанная с удалённостью планет. Фазовый угол у этих планет (рис. 8), то есть угол между направлениями на Солнце и на Землю не сильно отличается от нуля, а это означает, что планеты-гиганты почти всегда

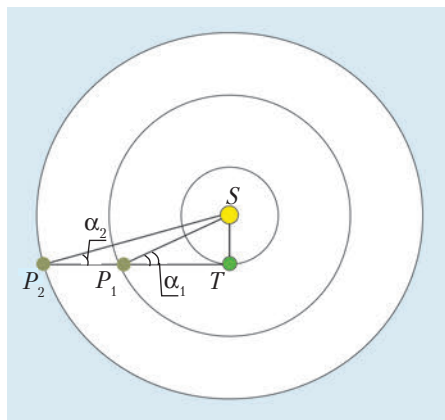


Рис. 8. К понятию фазового угла верхней планеты

находятся в фазе, близкой к «полнолунии». Например, максимальный фазовый угол у Юпитера $11^\circ 05'$, Сатурна $6^\circ 01'$, Урана $2^\circ 59'$, Нептуна $1^\circ 56'$. Поэтому в этих системах оптические затмения, то есть прохожде-

ния спутников по дискам планет хорошо видны, конечно, при соответствующей оптике, а вот физические затмения трудно наблюдаемы из-за небольших угловых размеров тени для земного наблюдателя.

Физические затмения в системах планет-гигантов эффектны при наблюдениях с космических аппаратов (рис. 9).

и освещают Луну. При прохождении через земную атмосферу происходит сильное ослабление коротковолновой части спектра, поэтому цвет Луны становится красным (кстати, красными мы видим и Солнце, и Луну, когда они находятся вблизи горизонта). В зависимости

При закреплении раздела «Геометрическая оптика» учащимся можно предложить сделать физический анализ содержания шуточного стихотворения Р.-Л. Стивенсона (1850–1894 гг., автора знаменитого «Острова сокровищ») «Моя тень».

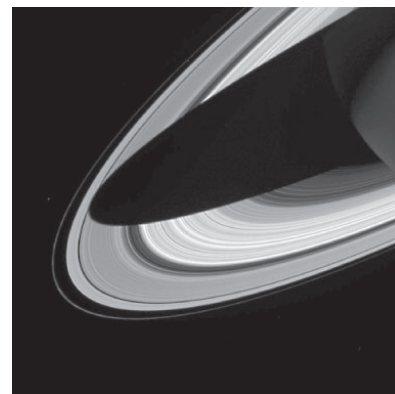


Рис. 9. Тень от Сатурна на его кольцах (фото сделано с КА «Кассини»). Резкий край тени от планеты обусловлен близким расположением к ней «экрана» (колец) и малым угловым диаметром источника света – Солнца ($3'$ на расстоянии Сатурна)

Тень бежит за мной вприпрыжку,
чуть я только побегу.

Что мне делать с этой тенью, я придумать не могу.
Мы похожи друг на друга, тень проворна и смешна,
И в постель под одеяло первой прыгает она.

Но смешней всего, ребята, это как она растёт.
Ей терпенья не хватает подрастать из года в год.
То взлетит она, как мячик, по стене гулять пойдёт,
То вдруг так она сожмётся, что и вовсе пропадёт.

Тень не знает, как играют, где найти других ребят.
Целый день меня дурачит, и всегда на новый лад.
Тень одна ходить боится, всё за мной она бежит.
Так за нянюшку цепляться для мальчишки
просто стыд.

Я поднялся рано-рано, до восхода полчасика,
Я увидел, как сверкала в каждом лютике роса.
Но ленивой в это утро что-то тень моя была,
Не хотела встать с постели и до солнышка спала.

Пер. Игн. Ивановского

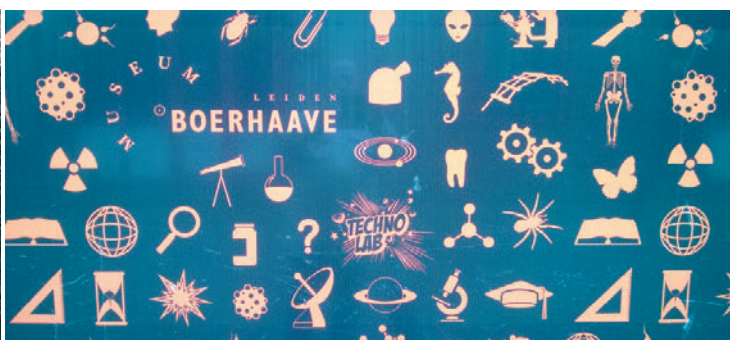
<http://bookre.org/reader?file=397511&pg=1>

Возможные качественные задачи: • Что могло быть источником света в ситуациях, описанных в первых трёх строках стихотворения? (*Солнце; а внутри помещения, возможно, пламя свечи.*) • Почему тень так сильно меняла свои размеры? (*Внутри помещения предмет находился ближе или дальше источника света.*) • Какой источник света «сверкал» в капельках росы до восхода Солнца? (*Сумеречный небосвод.*) • Почему, несмотря на наличие источника света, у мальчика могло не быть тени? (*Небосвод – это протяжённый источник света, поэтому тени не было, но была сплошная полутень.*) • Может ли возникнуть тень у земных предметов при условии сплошной облачности? (*Нет, только полутень.*)

Музей Бургаве (*Boerhaave*) в Лейдене

Изложены впечатления от посещения музея Бургаве в Лейдене, рассказаны несколько историй, связанных с великими открытиями голландских учёных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: музей Бургаве, Х. Гюйгенс, маятниковые часы



К.Ю. БОГДАНОВ

kbogdanov1@yandex.ru,

г. Москва

Музей Бургаве (*Boerhaave*), открытый в 1907 г. в Лейдене в здании бывшего женского монастыря, располагает богатейшей коллекцией экспонатов, по которым можно судить о вкладе голландских учёных в развитие медицины, физики, астрономии и различных технологий. Музей назван в честь известного голландского врача, ботаника и химика XVIII века Германа Бургаве (1668–1738), учениками которого считали себя Вольтер и Линней. Даже наш Пётр I, когда приезжал в Голландию в 1716 г., взял у Бургаве несколько уроков.

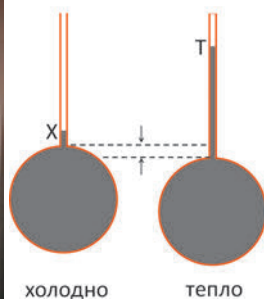
Экспозиция музея в первую очередь рассчитана на детей, хотя многие учёные, особенно те, кто занимается историей науки, могут найти немало для себя интересного. Два зала музея посвящены голландцам – нобелевским лауреатам по физике: • Х. Камерлинг-Оннесу (открыл явление сверхпроводимости) • П. Зееману и Х.-А. Лоренцу (объяснили эффект Зеемана) • Я.-Д. Ван-дер-Ваальсу (вывел уравнения состояния для газов и жидкостей). В этих залах можно увидеть части установки Камерлинг-Оннеса для получения жидкого гелия, криостат, в котором можно было хранить и транспортировать жидкий гелий для научных исследований. Интересно, что для его получения Х. Камерлинг-Оннес использовал компрессоры, работа которых сопровождалась значительной вибрацией. А вибрация мешала работать на струнном гальванометре другому будущему лауреату нобелевской премии (1924) В. Эйнтховену, открывшему электрокардиограмму. К 1909 г. они стали настоящими врагами, и

только вмешательство Я. Ван-дер-Ваальса помогло составить график работы компрессоров.

Значительная часть экспозиций музея посвящена вкладу голландских учёных и изобретателей в усовершенствование приборов по измерению времени. Это и понятно, ведь Голландия всегда была морской державой, а точные часы необходимы морякам для определения долготы своего положения в мировом океане. Одна из экспозиций музея посвящена ртутным маятниковым часам, сделанным в Голландии, ход которых не зависел от температуры (см. фото на с. 60). Известно, что стержень маятника часов при нагревании удлиняется (см. расстояние между пунктирными линиями на рисунке справа, сделанным автором), в результате чего их период увеличи-



Дети в зале, посвящённом механическим устройствам. Справа в витрине – три пары магдебургских полушарий, изготовленных в XVIII в.



Ртутные маятниковые часы и схема их устройства



▲ Hendrik Carre. Отец времени, 1735



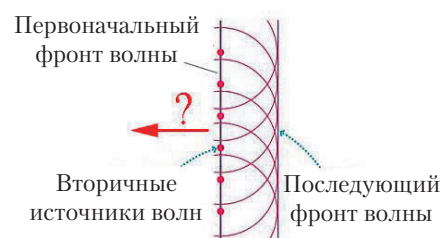
Изохронные часы Гюйгенса ► и ограничивающие движение маятника щёчки в форме циклоид

вается. У ртутных часов стержень полый, и полость соединена с полостью прикреплённого к нему груза, заполненной ртутью. При нагревании объём ртути увеличивается, и она поднимается вверх по стержню (см. разницу уровней X и T на рисунке справа), в результате чего центр тяжести ртути тоже поднимается. Таким образом, положение центра качания маятника при изменении температуры не изменяется, как и ход часов.

Несколько экспозиций музея рассказывают о работах великого голландского ученого Христиана Гюйгенса (1629–1695) в области механики, оптики и астрономии. Своими главными открытиями Гюйгенс считал изобретение изохронных маятниковых часов, открытие колец у Сатурна и его спутника Титана. Поэтому на картине, написанной в память Гюйгенса и названной «Отец времени» (художник *Hendrik Carre*, 1735), он изображен держащим так называемые «щёчки» в форме циклоиды, ограничивающие движение маятника часов. В левом верхнем углу показан Сатурн с кольцами (см. красную стрелку).

На следующем фото показаны изохронные часы Гюйгенса. Во врезе видны «щёчки» в форме циклоиды, которые, как показал Гюйгенс в своей работе «Маятниковые часы», заставляют центр тяжести маятника двигаться по циклоиде, а значит, с периодом, не зависящим от амплитуды. Однако моряки этими часами так и не пользовались — низкая точность не позволяла определять долготу местоположения. Для этого впоследствии стали применять пружинные часы, изобретённые Р. Гуком.

Критики принципа Гюйгенса указывали на то, что он запрещает распространение волн от воображаемых «вторичных» источников навстречу источнику света (см. красная стрелка на верхней схеме). Чтобы оправдать этот запрет, Гюйгенс в своём «Трактате о свете» (*Traité de la lumière*) использовал механическую аналогию, считая, что распространение света аналогично процессу соударений в длинной цепочке шариков ОДИНАКОВОЙ массы (см. нижнюю диаграмму). Поэтому движущийся слева направо «шарик света» А, сталкиваясь с покоящимся эшеленом аналогичных шариков, останавливается, передавая ВСЮ свою энергию крайнему справа шарiku D, и никакого отражения не происходит.



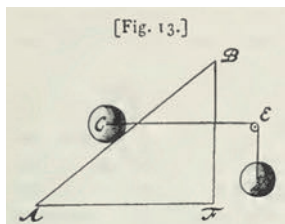
Христиан Гюйгенс (1629–1695).
Худ. Bernard Vaillant

http://en.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens

Там же Гюйгенс привёл оригинальное доказательство атомарного строения вещества, а именно, наличия промежутков между атомами: даже в таком плотном (тяжёлом) веществе, как золото, должны быть промежутки между атомами, иначе золотом можно было бы защитить предметы от силы магнита.

Задача Гюйгенса для школьников.

Лемма I в работе Х. Гюйгенса «О центробежной силе» (*De vi centrifuga*) утверждает, что отношение веса груза C , удерживаемого на наклонной плоскости ABF посредством горизонтального троса и блока E , к грузу D равно AF/BF . Лемма даётся без доказательства и вполне может быть задачей по механике для современных школьников. Английский перевод этой книги с оригинальными рисунками можно найти на сайте <http://www.princeton.edu/~hos/mike/texts/huygens/centriforce/huyforce.htm>



После посещения музея дети могут заняться механикой на свежем воздухе во дворе музея. В их распоряжении целая система каналов с проточной водой, которые можно перекрывать плотинами. Дети могут перекачивать воду из одного канала в другой с помощью, например, архимедова винта.

Если будете в Нидерландах, обязательно посетите этот маленький университетский городок, в котором жили и работали многие известные физики.



Рефераты электронных публикаций

АЛЕКСЕЕВА Е.В. n-ever@ya.ru (ЧУ Первая школа, г. Москва) • **«Физика вокруг нас».** Пропедевтический авторский учебный курс, имеющий основной целью мотивацию учащихся среднего звена средней общеобразовательной школы к дальнейшему изучению физики в 7–9-м классах. Курс рассчитан на 34 получасовых (20–25 мин) занятия в год с учащимися 5–6-го класса во внеурочное время, но может начинаться и с 3–4-го класса (например, в частных школах, где родители, как правило, заинтересованы в пропедевтике физики). Материал по физике интегрирован с материалом по истории, а также по географии, биологии, астрономии, как и предусматривается проектом ФГОС нового поколения. Уровень сложности превышает обязательный, что позволяет реализовать дифференцированный и индивидуальный подход к обучению, расширить кругозор учащихся, познакомить их с интересными фактами и явлениями окружающего мира. В 2014/2015 уч. г. будут опубликованы материалы второго года обучения.

Предполагаемые результаты второго года обучения

Обучающиеся должны:

– **знать:** • элементарную физическую терминологию, понятия *центр тяжести, центробежная сила, подъёмная сила, электрический заряд, электрический ток, электромагнитное поле, люминесценция, ядерная реакция* • элементарно о энергии, равновесии, электрических и магнитных явлениях, превращениях атомного ядра • суть закона сохранения энергии • строение атома и атомного ядра • причины возникновения и механизм развития некоторых природных явлений • устройство и принцип действия некоторых приборов, механизмов и устройств • строение и состав Солнечной системы, характеристику звёзд, планет и малых небесных тел, галактики, Вселенной • закономерности движения небесных тел;

– **уметь:** объяснять происходящие явления на основе полученных знаний • видеть связь между причиной и следствием явления • характеризовать свойства электрического заряда, электрического и магнитного полей, электрического тока • различать виды энергии, виды проводников, действия электрического тока, виды магнитов, виды некоторых электромагнитных излучений, виды люминесценции • использовать знания физики в реальной жизни • приводить примеры ко всем изученным понятиям.

Учебно-методические средства обучения. Подборки мультимедийных материалов и опытов (видеоверсии или описания для выполнения учащимися на занятиях и дома), авторские презентации, научно-познавательные фильмы.

Структура. Годовой курс разделён на 5 блоков по основным разделам физики, которые изучаются на 7 занятиях каждый (последний – на 6): 5 занятий по темам раздела, одно – по дополнительному материалу («Занимательная физика») и одно итоговое – конкурсная игра по всем темам раздела с привлечением интегрированного материала по предметам естественнонаучного цикла. Каждое занятие проходит в форме фронтальной беседы с обсуждением тематической презентации с мультимедийным материалом, научно-популярного фильма, демонстрацией опытов или их описанием для выполнения дома.

Содержание

– **первый год обучения** (материалы см. в ЭП к № 8–12/2013; 1–7_8/2014): • **Блок 1. Введение. Основные понятия физики. Строение вещества. Механические явления** (Физические величины. Шкала расстояний. Измерение времени. Строение вещества. Взаимодействие тел. Шкала масс. Движение. Занимательная физика: механические явления в замедлен-

ной видеосъёмке. Конкурсная игра) • **Блок 2. Силы в природе** (Сила тяжести. Сила упругости. Сила трения. Сила Архимеда. Реактивное движение. Занимательная физика: явление резонанса. Конкурсная игра) • **Блок 3. Тепловые явления** (Температура. Тепловое расширение. Фазовые переходы. Виды теплопередачи. Занимательная физика: возможные варианты конца света – Земля без человека. Конкурсная игра) • **Блок 4. Давление** (Давление твёрдых тел. Шкала давлений. Давление жидкостей и газов. Атмосферное давление. Поверхностное натяжение жидкости. Капиллярные явления. Занимательная физика: ошибки в художественных фильмах с точки зрения физики. Конкурсная игра) • **Блок 5. Световые и звуковые явления** (Свет. Отражение света. Преломление света. Природные явления – радуга. Цвет. Дальтонизм. Цветовое зрение животных. Звук. Инфра- и ультразвук. Голосовой и слуховой аппараты человека. Занимательная физика: окружающий мир глазами физика (итоговая беседа).

– **второй год обучения:** • **Блок 6. Механические явления:** **6.1. Энергия** (Виды энергии. Шкала энергий. Закон сохранения энергии). **6.2. Механика жидкости и газа** (Непрерывность струи. Подъёмная сила крыла. Сообщающиеся сосуды). **6.3. Равновесие тел** (Центр тяжести. Виды равновесия. Гироскоп). **6.4. Движение по окружности** (Центростремительная сила. Движение небесных тел). **6.5. Стихийные бедствия** (Обзор стихийных бедствий) **6.6. Занимательная физика** (Как это устроено? Как это работает? Замечательные изобретения и устройства) **6.7. Конкурсная игра.**

• **Блок 7. Электрические явления:** **7.1. Электрический заряд** (Строение атома. Электризация. Свойства электрического заряда. Электрическое поле). **7.2. Электрический ток** (Проводники и диэлектрики. Действия тока). **7.3. Электрический ток в металлах** (Тепловое действие тока. Лампа накаливания. Явление сверхпроводимости). **7.4. Электрический ток в жидкостях** (Электролиты. Электролиз. Применение электролиза). **7.5. Электрический ток в газах** (Виды самостоятельных рядов, примеры и применения). **7.6. Занимательная физика** (Интересные факты о электричестве). **7.7. Конкурсная игра.**

• **Блок 8. Магнитные явления:** **8.1. Магнитное действие** (Магнитное поле, линии поля. Магнитное поле катушки с током. Электромагнит, применение). **8.2. Постоянные магниты** (Естественные и искусственные магниты. Применение магнитов). **8.3. Магнитное поле Земли** (Дрейф магнитных полюсов. Магнитная буря. Магнитная аномалия. Полярное сияние). **8.4–8.5. Электромагнитное поле** (Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных излучений. Характеристика некоторых видов излучения). **8.6. Занимательная физика** (Электромагнетизм в живой природе). **8.7. Конкурсная игра.**

• **Блок 9. Физический калейдоскоп:** **9.1. Ядерная физика** (Строение ядра. Ядерные реакции. Деление ядра. Ядерная бомба. Атомный реактор. Термоядерный синтез). **9.2. Люминесценция** (Виды люминесценции, применение и примеры. Биолюминесценция. Люминофоры). **9.3. Научный лайфхак** (Использование знаний по физике в реальных жизненных ситуациях). **9.4. Удивительные свойства воды** (Характеристика механических, тепловых, оптических свойств воды. Интересные факты). **9.5. Разоблачение мифов** (Секреты чудес. Всеобщие заблуждения). **9.6. Занимательная физика** (Физиче-

ские явления в замедленной видеосъёмке. Научно-популярный фильм «TimeWarp»). **9.7. Конкурсная игра.**

• **Блок 10. Астрономический калейдоскоп:** **10.1. От Земли до края видимой Вселенной** (Вселенная. Галактика. Большой взрыв. Вероятное будущее Вселенной). **10.2. Солнечная система** (Обзорная характеристика. Планета Земля). **10.3. Звёзды** (Процессы в звёздах. Эволюция звёзд. Солнце). **10.4. Планеты** (Обзорная характеристика. Интересные факты). **10.5. Малые тела Солнечной системы** (Астероиды. Кометы. Метеороиды). **10.6. Занимательная физика** (Краткая история космонавтики, интересные факты).

В данном номере размещены пояснительная записка и полный комплект учебного материала к первым 4 темам **блока 6 «Механические явления».**

ДЕНИСОВА И.Э. irina.e.denisova@gmail.com (АКОШ № 3, г. Андреаполь, Тверская обл.). **Физика в игрушках.** Ученический проект *Насти Морoko и Ирины Вандышевой*, 8 кл. Учебный видеофильм, в котором рассмотрены физические законы и явления, лежащие в основе действия игрушек: плазменный шар, неваляшки, индукционный фонарик, пружина слинки, световоды, солнечный цветок, светящиеся шарики-прыгуны и других. Рекомендованы демонстрации конкретных игрушек при изучении отдельных тем. Проект выполнен в рамках школьного мегапроекта по созданию мультимедийных пособий для изучения физики.

РАДЧЕНКО Т.И. fizika-tehnika@rambler.ru (МОУ СОШ № 26, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания). **Физика для школьника: • Стенгазета № 9 • Сценка «Если не я, то кто?»** (7 кл., исполнители *Хамиков Азамат, Тебиев Азамат, Гарченко Артур*) • **Презентация с задниками к сценке • Жизнь первобытных** • Список литературы.

САПАНОВИЧ В.А. vsapanovich@gmail.com (Майская СШ, Жлобинский р-н, Гомельская обл., Респ. Беларусь). **Морской бой.** Представлены по 30 вопросов по всем темам для 8-го и 9-го классов к известной игре. Можно использовать на уроках обобщающего повторения, факультативах или на неделе физики.

ТАРЧЕВСКИЙ А.Е. tarchevskiy@mail.ru (ГОУСОШ № 179 МИОО, г. Москва). **«Красивые» опыты на уроках физики и в практикуме.** Презентация к докладу на Марафоне-2014: • цели и задачи физического практикума • рекомендации, как сделать практикум успешным • перечень более чем 60 работ практикума без использования цифровых лабораторий и с ними (автор готов поделиться своими методичками с описанием действий и подсказками, учитывающими типичные ошибки учащихся) • иллюстрации к экскурсиям школьников на производство и в технические музеи • модельное оборудование для практикума и демонстраций (парореактивный тепловой двигатель, электромагнитный левитрон, датчики звука, разности потенциалов и другие) • фронтальные работы практикума • возможности цифровых лабораторий.

ЧЖАН М.Б. (МОУ лицей г. Фрязино, Московская обл.). **Проблемный физический эксперимент как фактор развития критического и универсального мышления.** Тезисы доклада на Марафоне-2014 и презентация.

ЧУГАЕВА С.П. (МБОУ КСОШ № 1, г. Костерёво, Петушинский р-н, Владимирская обл.). **Детективные истории с физическим содержанием.** Три рассказа для знатоков физики любого возраста.

ж у р н а л

Физика – Первое сентября

1-е полугодие 2015 года

ПОДПИСКА

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



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

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

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





Общероссийский проект

Школа цифрового века

Издательский дом «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ» • Издательство «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Каждый педагогический работник образовательной организации, вошедшей в проект «Школа цифрового века», получает доступ ко всем материалам проекта по принципу «все включено» (без дополнительной платы)

МАТЕРИАЛЫ ПРОЕКТА

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

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

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

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

Продление участия и прием новых заявок от образовательных организаций продолжается

Подробности на сайте
digital.1september.ru

* в течение указанного срока предоставляются без ограничения количества курсов

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