

ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 3 (962)

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

Конкурс «Я иду на урок»

Итоги- 2013

- с. 4
- Ток в полупроводниках, 10 кл.
с. 7
- Механические колебания, 10 кл.
с. 11

Учебный физический эксперимент

- светодиод рисует параболу;
- интерферируют УЗ-волны;
- магнит висит под левитроном
с. 37

Инженерно-строительные задачи

- модуль Юнга;
- закон Паскаля;
- блоки
с. 46

Определи свой нано- IQ
с. 57

20 марта —
день весеннего равноденствия



издательский
ДОМ
1september.ru

Первое сентября

март
2014

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

В номере

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»

4–6

Итоги конкурса
«Я иду на урок»-2013

7–10

О.Н. Наливайченко
Электрический ток в
полупроводниках.
10, 11 кл.

11–15

А.А. Доценко
Механические
колебательные системы.
10 кл.

МЕТОДИКА

16–18

Д.А. Игнатъева
Исследование типовых
затруднений учащихся
при выполнении тестовых
заданий по физике

19–23

О.А. Новикова
Обобщающие уроки в
нестандартной форме.
7–9 кл.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

24–27

Ш.Г. Зиятдинов
Немного о блоках.
9–11 кл.

46–50

М.А. Бражников
«...На звание техника путей
сообщения». 9–10 кл.

АСТРОНОМИЯ

30, 31
34, 35

Проф. В.М. Чаругин
Звёздное небо в апреле

32–33

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

В.Ф. Карташов
Цветная Вселенная:
3. Солнечная дуга

36

Н.Д. Козлова
«ЕГЭ» по-американски

57–58

К.Ю. Богданов
Определи свой нано-*IQ*

ЭКСПЕРИМЕНТ

37–40

А.Е. Тарчевский
Учебный физический
эксперимент. 9–11 кл.

НАУКА И ТЕХНИКА:

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

41–45

В.И. Черкасов
О мостах и их испытаниях...

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

51–57

Н.В. Латухина
Физические основы
нанотехнологий: Лекция 2.
11 кл.

59

Рефераты электронных
публикаций

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

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор:

Артем Соловейчик
(генеральный директор)

Коммерческая деятельность:

Константин Шмарковский
(финансовый директор)

Развитие, IT и координация проектов:

Сергей Островский
(исполнительный директор)

Реклама, конференции и техническое
обеспечение Издательского дома:

Павел Кузнецов

Производство:

Станислав Савельев

Административно-хозяйственное
обеспечение: Андрей Ушков

Педагогический университет:

Валерия Арсланьян
(ректор)

ГАЗЕТА ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Первое сентября – Е. Бирюкова

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Английский язык – А.Громушкина,

Библиотека в школе – О.Громова,

Биология – Н.Иванова,

География – О.Коротова,

Дошкольное образование – Д.Тюттерин,

Здоровье детей – Н.Сёмина,

Информатика – С.Островский,

Искусство – О.Волкова,

История – А.Савельев,

Классное руководство

и воспитание школьников – М.Битянова,

Литература – С.Волков,

Математика – Л.Рослова,

Начальная школа – М.Соловейчик,

Немецкий язык – М.Бузоева,

ОБЖ – А.Митрофанов,

Русский язык – Л.Гончар,

Спорт в школе – О.Леонтьева,

Технология – А.Митрофанов,

Управление школой – Е.Рачевский,

Физика – Н.Козлова,

Французский язык – Г.Чесновицкая,

Химия – О.Блохина,

Школа для родителей – Д.Тюттерин,

Школьный психолог – М.Чибисова

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»
Зарегистрировано ПИ № ФС77-44336 от 21.03.11

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 15.02.14,

фактически 15.02.14. 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 январский номер.

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

Для активации кода:

• Зайдите на сайт www.1september.ru

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

• Введите код доступа и выберите своё издание

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



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

Корректур и набор:
И.С. Чугреева

Верстка:
Д.В. Кардановская

Иллюстрации: Фотобанк Shutterstock,
если не указано иное

Журнал распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 17 633 экз.

Тел. редакции: **(499) 249-2883**

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

Internet: **fiz.1september.ru**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

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

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

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

Уча других, мы учимся сами

Нет на свете профессии более важной и более мучительной, более радостной и более нужной, чем моя. Я с гордостью могу сказать: «Я – учитель».

Считаю, что учитель перестаёт быть учителем, если не постигает ничего нового, не учится всегда и везде, не совершенствует свои знания, не идёт в ногу со стремительно набирающим темп жизнью, не поспевает за молниеносными инновациями. Но любой учитель во все времена и в любом возрасте – ученик: он учится у окружающих людей, у природы, у самого себя, и, конечно, у своих учеников.

Хочу сказать словами Луция Аннея Сенеки: «Уча других, мы учимся сами».

Работая над эссе, я задумалась, а чему лично я научилась у своих ребят? Удивительно, но ответ пришёл сразу, сам собой: открытости, щедрости, справедливости, искренности, более стойкому отношению к некоторым жизненным мелочам.

Я пришла в школу сразу после педагогического училища, молодая и неопытная, не уверенная в своём выборе. С годами, видя отношение ко мне со стороны моих детей, ощущая их доверие, чувствуя их открытость передо мной, заглядывая в добрые глаза, я стала уверенней и поняла, что правильно выбрала профессию.

Я не стараюсь жить отдельно от них, я живу вместе с ними. Ещё М. Горький писал: «Учить детей – дело необходимое, следует понять, что весьма полезно и нам самим учиться у детей».

Всё знать невозможно. Если я чего-то не знаю, что-то забыла или допустила ошибку, не стараюсь это скрыть. Мы вспоминаем, находим, разбираем всё вместе. Ребятам даже импонирует, что некоторые вещи не знает учитель, и что они его тоже учат.

Не стесняйтесь слушать своих учеников, их мир мыслей и увлечений отличается от нашего. Мы, взрослые, не так смотрим на многие вещи, поступки, нововведения. Вы удивитесь, сколько нового и интересного для себя откроете, просто разговаривая со своими учениками, интересуясь их жизнью.

Л.Н. Толстой писал: «Если учитель имеет только любовь к делу, он будет хороший учитель. Если учитель имеет только любовь к ученику, как отец, мать, – он будет лучше того учителя, который прочёл все книги, но не имеет любви ни к делу, ни к ученикам. Если учитель соединяет в себе любовь к делу и к ученикам, он совершенный учитель».

Нельзя любовью к детям заболеть на время

Или в доверие втереться лишь на миг.

Не обмануть никак ребячье племя,

Как на ладони ведь учителя у них.

Любите своё дело, учеников, научитесь видеть их глазами, откройте им свою душу и сердце, старайтесь слышать голос каждого ребёнка и тогда всё у вас получится. Всегда помните: я в школе для детей, а не дети для меня.

Тогда школа станет миром открытий и открытий, жизненной радости, миром спокойствия и вдохновения, гармонии и сотрудничества.

О.А. Новикова
учитель физики и математики
МБОУ Щёколдинская ООШ,
Зубцовский район, Тверская обл.



*С Днём 8 марта,
дорогие коллеги!*

Итоги конкурса «Я иду на урок»-2013



Представлены итоги конкурса «Я иду на урок-2013»: 14 уроков разного типа. Присуждены три премии: Л.Р. Маркиной – «Мастер», В.П. Маркову, О.Ю. Морозовой и Е.П. Суханьковой. В ЭП даны все рецензии, а также сценарии всех уроков конкурса и дополнительные материалы к ним.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок-2013», Л.Р. Маркина, В.П. Марков, О.Ю. Морозова, Е.П. Суханькова

В 2013 г. в рамках конкурса были опубликованы 14 уроков (сценарии уроков, дополнительные материалы к ним и рецензии выложены в ЭП к этому номеру). Все работы оценивались по 5-балльной системе в каждой из четырёх категорий: эффективность усвоения учебного материала; оригинальность подбора материала и планирования учебной деятельности; возможность воспроизведения урока; профессионализм. Оценивались также и дополнительные материалы, размещаемые в ЭП, – презентации (за них ставились три оценки: эффективность, нетривиальность, «использую сам сейчас обязательно»), а также контрольные и лабораторные работы. Критериями присуждения премии «Мастер» являлись эффективность и нестандартность урока в сочетании с высоким профессионализмом. В жюри вошли девять учителей из разных городов и посёлков России, участвовавших в наших прежних турах. Их фотографии вы видите ниже. В этом году почти все члены жюри порекомендовали дать премию «Мастер» Людмиле Романовне Маркиной (к. п. н., за прекрасный урок изучения нового материала «Всегда ли можно верить глазам?», 5 кл. Второе и третье места поделили между собой Василий Петрович Марков с уроками «Звук», 10 кл. и Елена Петровна Суханькова с уроком «Статика. Устойчивость равновесия тел», 10 кл., при подготовке которого большую помощь оказала специалист по ИКТ Ольга Юрьевна Морозова. Лауреаты конкурса награждаются дипломами, денежными премиями по 2,5–5 тыс. руб. и подпиской на электронную версию журнала «Физика» (ИД Первое сентября) на первое полугодие 2014 г. Члены жюри получают также дипломы, денежные премии и электронную версию журнала «Физика-ПС» на первое полугодие 2014 г.

Приглашаем к участию в конкурсе 2014 г.!!!

НАШЕ ЖЮРИ (слева направо):

- **Нана Дмитриевна Козлова** fiz@1september.ru (председатель, гл. ред. журнала «Физика» ИД «ПС»),

- **Людмила Ивановна Аристархова** 9157895240@mail.ru (МОУ Ревякинская СОШ, п. Ревякино, Ясногорский р-н, Тульская обл.),

- **Марина Валерьевна Блинова** mari60@bk.ru (МОУ СОШ № 5, г. Сергач, Нижегородская обл.),

- **Ольга Ивановна Данилова** olgdan1956@yandex.ru (КСШ, с. Кулига, Кезский р-н, Респ. Удмуртия),

- **Геннадий Васильевич Дмитриев** dgena1969@yandex.ru (МОУ Новошимковская СОШ, д. Полевые Буртасы, Яльчикский р-н, Чувашская Респ.),

- **Наталья Анатольевна Зотова** anastaszotova@yandex.ru (МОУ Щёлковская гимназия, г. Щёлково, Московская обл.),

- **Юрий Анатольевич Каверин** kaverin@rambler.ru, к. п. н. (МОУ Тамбовская СОШ, с. Тамбовка, Терновский р-н, Воронежская обл.),

- **Дмитрий Ананьевич Лаптев** dim.dam78@rambler.ru (МОУ ООШ с. Пунгино, Верхошижемский р-н, Кировская обл.),

- **Наталья Борисовна Махова** mahnb@mail.ru (МБОУ СОШ № 49, г. Мурманск),

- **Лариса Николаевна Оситняжская** ositnyazhskaya.lara@yandex.ru (МОУ Куриловская гимн., г. Серпухов-15, Московская обл.).



ПОЗДРАВЛЯЕМ С ПРЕМИЕЙ «МАСТЕР»!

ЛЮДМИЛА РОМАНОВНА МАРКИНА markinalr@gmail.com (МОУ СОШ № 7 с УИОП, г. Серпухов, Московская обл.), к. п. н. **Всегда ли можно верить глазам?** Урок изучения нового материала, 5 кл. № 5.

• Интересный урок, очень насыщенный, продуктивный, поддерживающий постоянную активную деятельность детей (и эксперименты, и фронтальная беседа, и измерения), а смена видов деятельности позволяет снизить утомляемость на уроке. Урок действительно формирует заявленные УУД учащихся. Хочется отметить огромную подготовительную работу учителя. Материалы урока, несомненно, можно использовать и для детей более старшего возраста • Замечательный урок! Доступно



и понятно объясняется механизм человеческого зрения. Качественные иллюстрации подобраны удачно. Уместно используются межпредметные связи с искусством, литературой. Сценарий урока можно взять на вооружение и в старших классах в соответствующей теме. Обязательно использую • Учащиеся весь урок в работе. Интересно выстроен процесс изучения нового материала: фронтальные опыты – обсуждение результатов экспериментов – формулировка выводов. Это позволяет выделить основные

идеи изучаемого материала • Но вот к презентации есть некоторые замечания: картинки в основном чёрно-белые, как будто взяты из старой книги. Можно было найти более интересные иллюзии, работать не только с экраном, а и с раздаточным материалом, чтобы дети что-то померили, где-то более внимательно рассмотрели, поработали индивидуально. Ведь видение иллюзий – это индивидуальная способность • Спасибо за УУД, которые расписаны к этапам урока.

ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ ЛАУРЕАТОВ

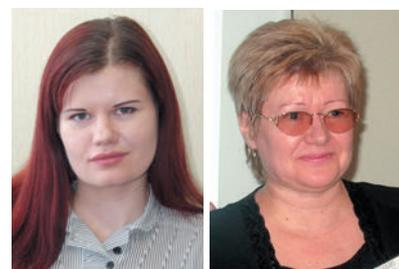


ВАСИЛИЙ ПЕТРОВИЧ МАРКОВ liceum42@mail.ru (МОУ лицей № 42, г. Люберцы, Московская обл.). **Два урока по теме «Звук»**, 11 кл. № 11. (ЭП: плакаты.)

• Грамотно, научно, современно, здорово! Легко применимо! Спасибо! • Урок наглядно демонстрирует возможности применения компьютера на уроке физики как средства проведения эксперимента. Одно дело – послушать учителя, посмотреть наглядность и демонстрационные эксперименты, и совсем другое – самому провести исследование и сформулировать выводы • Вряд ли в скором времени массовой школе будет доступно подобное оборудование, но это нисколько не уменьшает ценность таких уроков.

ОЛЬГА ЮРЬЕВНА МОРОЗОВА, ЕЛЕНА ПЕТРОВНА СУХАНЬКОВА elena517@mail.ru (МБОУ СОШ № 12 им. Героя Советского Союза И.Н. Машкарин). **Статика. Устойчивость равновесия тел.** Повторительно-обобщающий открытый интегрированный урок ФИЗИКА + ИНФОРМАТИКА (2 ч), 10 кл. № 6. (ЭП: полный текст сценария.)

• Учителя – мастера! Действительно интегрированный урок – физика и информатика тесно переплетены. Хорошо, что в электронных приложениях поместили конспект урока, иначе возникло бы много вопросов • Грамотная смена видов деятельности, сочетание групповой и индивидуальной работы, реального эксперимента с компьютерными моделями и тестированием. Оправданно используются возможности ИКТ при построении чертежей. Очень хороши обобщающие таблицы и качественные задачи по фотографиям.



УЧАСТНИКИ КОНКУРСА



Антюхина В.Д. valentina.antiukhina@yandex.ru (МОУ Остафьевская СОШ, с. Остафьево, Подольский р-н, Московская обл.). **Закон Ома для участка цепи.** Урок изучения нового материала, 8 кл. ЭП: презентация. № 1.

• Отличный урок изучения нового материала в сопровождении групповой экспериментальной работы. Учитель постоянно привлекает детей к диалогу. Удачно организована самооценка после проведения тестового задания. Презентация помогает восприятию материала. Прослеживается взаимосвязь всех этапов урока. Хочу провести такой же урок!

гания и мотивации в начале урока, этап подведения итогов урока. Мало проблемных вопросов и заданий. Урок рассчитан на уровень воспроизведения.

Борисова Л.А. borisowalyudmila@yandex.ru (МБОУ СОШ № 98, г. Барнаул, Алтайский кр.). **Закон всемирного тяготения.** Урок объяснения нового материала, 10 кл. ЭП: презентация, доп. информация насчёт планеты Глория. № 11.

• Урок без излишеств и приукрашивания, оптимальный вариант для базового уровня. Мало самостоятельной работы учащихся. Почему мы не доверяем ученикам? Почему не хотим заставить их вспомнить, что изучали в 9-м классе?



Борисова Е.С. pedagog80@rambler.ru (МБОУ ООШ № 4, п. г. т. Росляково, Мурманская обл.). **Фотоэффект. Закон фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.** Урок объяснения нового материала, 11 кл. ЭП: видеоролики, доп. информация. № 1.

• Урок насыщенный по объёму информации, получаемой школьником. Однако отсутствуют этапы целепола-

Зиновьева О.Я. zinovyeva.o@gmail.com (МБОУ Одинцовский лицей № 2, г. Одинцово, Московская обл.). **Статика. Условия равновесия тел.** Урок обобщения и систематизации знаний, 10 кл. № 5. ЭП: презентация, раздаточный материал, карта ученика.



• Хороший, добротный по содержанию урок. Красивое начало – актуализация знаний через практическую ситуацию. Удачное возвращение к решению этой проблемной ситуации на физкультминутке. Но надо очень постараться, чтобы всё успеть за 45 минут. С удовольствием попробую с поправками «под себя».



Золова Н.А. vlasovanatalia2008@rambler.ru (МБОУ СОШ № 98, г. Барнаул, Алтайский кр.). **Законы постоянного тока.** Урок объяснения нового материала, 10 кл. ЭП: презентация. № 4.

• Классический урок без «изюминки». Выполняется программная лабораторная работа, отрабатываются схемы изучения физической величины, групповые экспериментальные задания. Но все эксперименты, которые предлагает учитель, уже были проделаны ребятами в 8-м классе. Надо было бы добавить что-то новенькое, чтобы вызвать интерес у ребят.



Зубцова А.В. subcv@rambler.ru (ГУО СШ № 7, г. Новополоцк, Витебская обл., Респ. Беларусь). **Законы постоянного тока.** Урок систематизации и обобщения знаний, 7 кл. ЭП: презентация, раздаточный материал. № 7_8.

• Классический, очень насыщенный урок систематизации знаний (всё же для 9-го, а не для 7-го класса). Эффективные приёмы: самостоятельный выбор учащимися уровня сложности задания и самооценка его выполнения; групповая экспериментальная работа без пошаговой инструкции, а только с подсказками; обращение к истории и примерам скоростей в природе. Интересный приём – анализ графика эмоционального состояния детей на уроке.



Лобачёв С.Н. slobatchov@gmail.com (НОУ Православная классическая гимназия София, г. Клин, Московская обл.). **Центр масс.** Урок изучения нового материала, 7 кл. ЭП: презентация, раздаточный материал, шаблоны деталей, инструкция к сборке модели самолёта. № 11.

• Самое привлекательное – использование методов технического творчества. Учащиеся не просто выполняют лабораторную работу по определению центра тяжести плоской пластины, а рассчитывают центр тяжести модели самолёта. Сам процесс сборки модели и проведение расчётов в группах, безусловно, поддерживают интерес на протяжении всего урока. Каждому хочется создать летающую модель! Нестандартность просто зашкаливает. Но на то учитель и выпускник МАИ!

Мыхина Г.В. nat.makarova@mail.ru (МБОУ СОШ № 4, г. Апатиты, Мурманская обл.). **Познай себя!** Урок объяснения нового материала и развития экспериментальных умений, 9 кл. ЭП: презентация и тестовое задание. № 3.

• Идея показа применения законов физики к живому организму интересна, но к сожалению, задумка учителя реализована не совсем удачно • Такой материал хорошо можно использовать для проведения элективного курса или другого внеурочного занятия. Итоговый тест никак не согласуется с уроком. Непонятно с какой целью составлены вопросы в презентации «Куда спешить?» • Смущает последнее задание по выяснению, с какой скоростью работает мысль.

Ноздрихина Т.В., Королёва Л.Б. school5ram@mail.ru (МОУ Раменская СОШ № 5, г. Раменское, Московская обл.) **Решение задач на оптимизацию.** Интегрированный урок АЛГЕБРА + ФИЗИКА, 11-й кл., 2 ч. ЭП: Задачи. № 7_8.

• Не вижу эффективности от урока. И литература, и экстремумы, и цепи с конденсаторами, и уравнения движения! • Большой плюс – составление алгоритма решения задач на оптимизацию (обязательно буду пользоваться им). Но, на мой взгляд, перед групповой работой нужно рассмотреть больше простых задач, чтобы этот алгоритм отработать.



Шатохин С.И. sichat@list.ru (Крутовская ООШ, с. Крутое, Колпнянский р-н, Орловская обл.). **Энергия топлива. Удельная теплота сгорания топлива.** Урок объяснения нового материала, 8 кл. ЭП: презентация и календарно-тематические планы курса физики для 7, 8, 9 кл. по УМК В.А. Орлова, О.Ф. Кабардина, В.А. Корвина и др. № 6.

• Удачные моменты: карточка для входного контроля, приём со взвешиванием куска угля (надо бы дать эту работу непоседе или не самому трудолюбивому ученику), попытка объяснения процесса горения (восьмиклассники плохо понимают этот процесс). Но нет: дифференцированных заданий (все ученики в классе средненькие?), качественных задач (школа сельская – вот и сравнили бы удельную теплоту сгорания дров из разных пород деревьев в печи или на костре, газа, угля).

Шижков П.А. dd291067@rambler.ru (МБОУ лицей № 22, г. Орёл). **Свободные колебания нитяного маятника.** Открытый урок-лабораторная работа с элементами здоровьесберегающих технологий, 9 кл. ЭП: раздаточный материал. № 6.

• Грамотно построенный урок, с соблюдением здоровьесберегающих технологий. Спокойный темп, дети успевают усваивать материал, материал разбит на логические дозы. Эффективность такого урока-эксперимента, думаю, высокая.



Электрический ток в полупроводниках



Представлен конспект урока объяснения нового материала и первичного закрепления с использованием различных видов физического эксперимента (группового исследовательского, демонстрационного) по УМК Генденштейна Л.Э., Дика Ю.И. Физика-10, 11. Презентация дана в ЭП.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», полупроводники, УМК: Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика-10, 11

О.Н. НАЛИВАЙЧЕНКО

noln73@mail.ru,
МБОУ Кулешовская СОШ № 17,
с. Кулешовка, Азовский р-н,
Ростовская обл.

Цели урока: *Дидактическая цель:* создать условия для осознания блока новой учебной информации и включения субъектного опыта учащихся в процессе познания.

Цели урока: • **образовательные** – освоение системы знаний о свойствах и применении электротехнических материалов – полупроводников; знакомство с электроизмерительным прибором (цифровым мультиметром) и электротехническими элементами (диодом, фотоэлементом, термоэлементом); дальнейшее овладение методом научного познания в процессе применения моделей: электрического тока в металлах и полупроводниках • **развивающие** – развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей учащихся в процессе выполнения самостоятельных экспериментальных исследований по установлению односторонней проводимости полупроводникового диода, при составлении описания полупроводниковых приборов • **воспитательные** – знакомство с биографиями отечественных учёных, внёсшими большой вклад в изучение свойств полупроводников (А.Ф. Иоффе, Ж.И. Алфёров); развитие навыков групповой деятельности учащихся на уроках физики.

Форма организации познавательной деятельности: фронтальная, групповая, индивидуальная.

Оборудование: компьютер, мультимедийный проектор, экран, визуализатор, презентация; батарейки на 4,5 В, цифровой мультиметр, лампочка лабораторная, гальванометр демонстрационный, полупроводниковый диод, кремниевый фотоэлемент, терморезистор, транзистор; ёмкости с горячей и холодной водой.

ХОД УРОКА

I. Актуализация знаний, мотивация и целеполагание (5 мин)

Фронтальная беседа: • На какие виды делятся все вещества по их электрическим свойствам? (*Проводники и диэлектрики.*) • Какие вещества называются диэлектриками? Приведите примеры. (*Вещества, не про-*

водящие электрические заряды: стекло, резина, воздух, пластмассы...) • Почему металлы способны проводить электрические заряды? • Каковы особенности строения диэлектриков? (*В металлах много свободных электронов – порядка 10^{28} в m^3 , – которые перемещаются между ионами кристаллической решётки.*) • Каковы особенности строения диэлектриков? (*Атомы диэлектриков прочно удерживают электроны, свободных электронов почти нет – их в сотни миллиардов раз меньше, чем в металлах.*) • Что происходит со свободными электронами в металлах под действием электрического поля? (*Движение электронов под действием электрического поля приобретает упорядоченный характер – появляется электрический ток.*)

Учитель. Итак, все вещества по электрическим свойствам делятся на проводники и диэлектрики (*слайд 1*). Так ли это? Может быть, существуют вещества, которые могут быть одновременно и проводниками, и диэлектриками в зависимости от внешних условий? (*Выслушиваются предположения учащихся.*)

Давайте посмотрим на периодическую систему элементов Д.И. Менделеева (*слайд 2*), на её центральную часть: германий, кремний, селен, мышьяк, теллур, бор, фосфор и ряд других элементов. Изучение этих веществ привело к открытию у них интересных и важных свойств, благодаря которым их стали использовать во многих электрон-



									1	1,00794	He 2	4,00260			
											ВОДОРОД	ГЕЛИЙ			
Li 3	6,941	Be 4	9,01218	B 5	10,811	C 6	12,011	N 7	14,0067	O 8	15,9994	F 9	18,9984	Ne 10	20,179
ЛИТИЙ		БЕРИЛЛИЙ		БОР		УГЛЕРОД		АЗОТ		КИСЛОРОД		ФТОР		НЕОН	
Na 11	22,9897	Mg 12	24,305	Al 13	26,9815	Si 14	28,0855	P 15	30,9737	S 16	32,066	Cl 17	35,453	Ar 18	39,948
НАТРИЙ		МАГНИЙ		АЛЮМИНИЙ		КРЕМНИЙ		ФОСФОР		СЕРА		ХЛОР		АРГОН	
K 19	39,0983	Ca 20	40,078	Sc 21	44,9559	Ti 22	47,88	V 23	50,9415	Cr 24	51,996	Mn 25	54,938	Fe 26	55,847
КАЛИЙ		КАЛЬЦИЙ		СКАНДИЙ		ТИТАН		ВАНАДИЙ		ХРОМ		МАРГАНЦ		ЖЕЛЕЗО	
Cu 29	63,546	Zn 30	65,39	Ga 31	69,723	Ge 32	72,59	As 33	74,9216	Se 34	78,96	Br 35	79,904	Kr 36	83,80
МЕДЬ		ЦИНК		ГАЛЛИЙ		ГЕРМАНИЙ		МЫШЬЯК		СЕЛЕН		БРОМ		КРИПТОН	
Rb 37	85,4678	Sr 38	87,62	Y 39	88,9062	Zr 40	91,224	Nb 41	92,9064	Mo 42	95,94	Tc 43	97,9072	Ru 44	101,07
РУБИДИЙ		СТРОНЦИЙ		ИТРИЙ		ЦИРКОНИЙ		НИОБИЙ		МОЛИБДЕН		ТЕХНЕЦИЙ		РУТЕНИЙ	
Ag 47	107,868	Cd 48	112,41	In 49	114,82	Sn 50	118,710	Sb 51	121,757	Te 52	127,60	I 53	126,904	Xe 54	131,29
СЕРЕБРО		КАДМИЙ		ИНДИЙ		ОЛОВО		СУРЬМА		ТЕЛЛУР		ИОД		КСЕНОН	

ных устройствах. Эти вещества назвали *полупроводниками*. Они составляют 2/3 всех веществ в природе [1].

Сегодня на уроке мы познакомимся с электрическими свойствами полупроводников и их практическим применением, изучим действие некоторых полупроводниковых приборов, выслушаем сообщения об истории их открытия. Запишите тему урока (*слайд 3*). «Электрический ток в полупроводниках» и цель урока: изучить электрические свойства полупроводников, узнать об их практическом применении.

II. Теория [2] (5 мин)

Учитель. Чтобы понять, чем полупроводники отличаются от металлов, рассмотрим модель прохождения тока через полупроводники (*слайд 4*). Поскольку свободных электронов, то есть свободных носителей заряда, в полупроводнике при обычных условиях мало, электрический ток мал, сопротивление велико. Но при нагревании или освещении кристалла часть электронов в атоме приобретает избыточную энергию и становятся свободными электронами. На слайде показан только один свободный электрон, покинувший свой атом, но таких атомов в кристалле много, поэтому и свободных электронов появляется много.

А что происходит с атомом, от которого оторвался электрон? Он приобретает положительный заряд, становится положительным ионом. В результате в кристаллической решётке наряду с нейтральными атомами появляется заметное число ионов. Под действием внешнего электрического поля свободные электроны начинают перемещаться к положительному полюсу, возникает так называемый *электронный ток*. Но в том же направлении перемещаются и связанные электроны, перескакивая из одного атома в другой. Такое движение можно представить как перемещение положительного заряда – так называемой *дырки* – к отрицательному полюсу. В полупроводнике как бы текут навстречу друг другу два разных тока: ток электронов и ток дырок.

Соответственно различают два типа проводимости: *электронную*, вызванную движением свободных электронов в полупроводнике, и *дырочную*, вызванную движением валентных электронов, расположенных на внешних оболочках атома (что эквивалентно движению положительного заряда в обратном направлении). В идеальном полупроводнике число электронов равно числу дырок. Изменяя химический состав (*легируя*), можно получать полупроводники *n*-типа (с преимущественно электронной проводимостью) или полупроводники *p*-типа (с преимущественно дырочной проводимостью).

Посмотрите на графики зависимости сопротивления от температуры (*слайд 5*). Как вы думаете, какой из них относится к металлам, а какой к полупроводникам?

- Чем сильнее нагревается или освещается полупроводник, тем больше в нём появляется свободных электронов и тем больше становится *его электрическая проводимость, т. е. уменьшается сопротивление полупроводника.*

III. Групповой эксперимент (12 мин) (развитие умения выдвигать и обосновывать гипотезы, совместно решать проблемы, выбирать и конструировать способ деятельности, оценивать результаты собственной и коллективной деятельности)

Учитель. Давайте, работая в группах, исследуем свойства некоторых полупроводниковых приборов. Свои наблюдения и вывод запишите на бланке. По окончании эксперимента представители от каждой группы представят результат для обсуждения.

Группа 1. Исследование зависимости сопротивления полупроводника от температуры (*слайд 6*).

Оборудование: терморезистор, мультиметр, визуалайзер, горячая вода, холодная вода.

Ход работы. Подключите терморезистор к мультиметру (установите переключатель вида работ в положение измерения сопротивления), опустите терморезистор в ёмкость с горячей водой, определите показания мультиметра, затем в ёмкость с холодной водой, снова определите показания мультиметра.

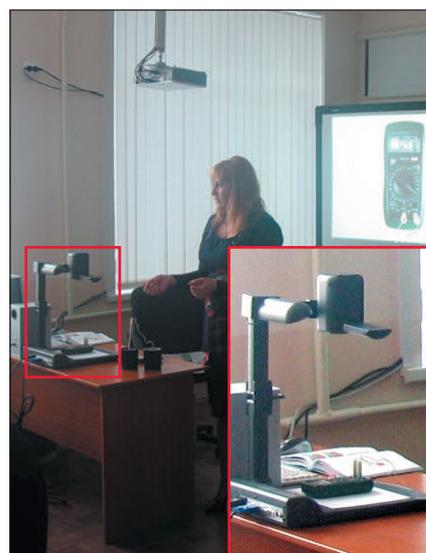
Описание наблюдений: как изменяются показания на индикаторе мультиметра при увеличении температуры; при её уменьшении. Чтобы показания мультиметра были видны всем учащимся, можно использовать визуалайзер.

Анализ результатов эксперимента: что происходило с сопротивлением полупроводников в каждом эксперименте? а с проводимостью?

Вывод: при увеличении температуры полупроводника его сопротивление уменьшается. Прибор, с которым мы проводили эксперимент, называется *терморезистор*.



Группа 2. Исследование зависимости сопротивления полупроводника от освещённости (*слайд 6*).



Визуалайзер, или документ-камера, используется для проекции на экран различной информации, показаний мультиметра, увеличения мелких предметов (например, полупроводниковых диодов), чтобы все учащиеся могли рассмотреть детально мелкие объекты

Оборудование: фоторезистор (кремниевая пластина), гальванометр.



Ход работы. Подключите фоторезистор к гальванометру; обратите внимание на положение стрелки; направьте свет от окна на фоторезистор и заметьте новое положение стрелки.

Описание наблюдений: стрелка гальванометра отклоняется – появляется электрический ток в цепи.

Анализ результатов эксперимента: что происходило с сопротивлением полупроводника в каждом случае? а с проводимостью?

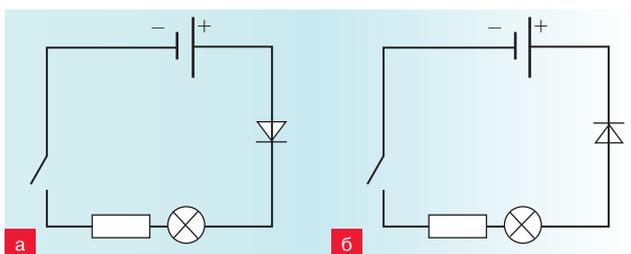
Вывод: при увеличении освещённости полупроводника его сопротивление уменьшается. Прибор, с которым мы проводили эксперимент, называется *фоторезистором*.

Группа 3. Исследование полупроводникового прибора с $p-n$ -переходом (слайд 6) [3].

Оборудование: источник питания, полупроводниковый диод Д9Б, резистор, электрическая лампочка, ключ, соединительные провода.

Ход работы. Соберите электрическую цепь по схеме, показанной на рис. а. Горит ли лампочка? Переключите полупроводниковый прибор, как показано на рис. б. Горит ли лампочка в этом случае?

Анализ результатов эксперимента: каким свойством обладает данный полупроводниковый прибор?



Вывод: контакт полупроводников p - и n -типа обладает односторонней проводимостью и пропускает ток в направлении – от полупроводника p -типа к полупроводнику n -типа. Это явление используется в приборах, которые называются *полупроводниковыми диодами* (слайд 7). В пластину германия вплавлена капля индия, благодаря чему в месте их соединения образуется $p-n$ -переход.

Диоды применяются в выпрямителях переменного тока (слайд 8). Дело в том, что на электростанциях вырабатывается переменное напряжение, которое поступает в дома, на транспорт и на предприятия. Вместе с тем множество устройств работает на постоянном токе: электровозы, электропоезда, компьютеры, видеотехника. Для включения в цепь переменного тока в них обязательно должен быть выпрямитель. Посмотрите, какие бывают диоды: от маленьких до огромных.

IV. Индивидуальное задание (7 мин)

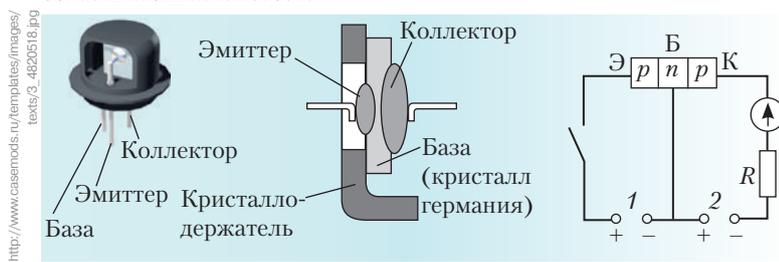
Учитель. Пользуясь текстом Приложения 1 (слайд 9), составьте паспорт в виде таблицы:

Название прибора	Терморезистор	Фоторезистор	Полупроводниковый диод
Условное обозначение			
Явление, на котором основано действие прибора			
Применение			

(Обсуждение результатов в группах и в классе; несколько тетрадей можно посмотреть на экране с помощью визуализера.)

V. Демонстрационный эксперимент [4] (9 мин)

Учитель. Рассмотрим работу транзистора – полупроводникового прибора с двумя $p-n$ -переходами, позволяющего усиливать очень слабые сигналы. *Транзистор:* от англ. *transfer* (*переносить*) + *resistor* (*сопротивление*). В германиевую пластину, называемую *базой*, с обеих сторон вкраплены капли индия. Германий является полупроводником n -типа, индий – полупроводником p -типа. В транзисторе создаются два $p-n$ -перехода. Область с большей концентрацией носителей заряда (в данном случае, это области p -типа, носители заряда – дырки) называют *эмиттером*, а область с меньшей концентрацией – *коллектором*. Средняя область называется *базой*.

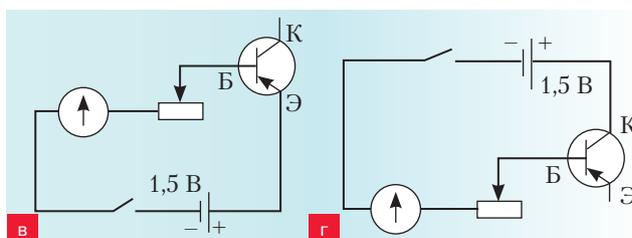


Общий вид $p-n-p$ -транзистора, разрез и схема включения в цепь

Собираем цепь по рис. в, соединяя последовательно источник тока, демонстрационный гальванометр от амперметра, реостат сопротивлением 5–10 кОм, ключ и ножки база и эмиттер транзистора → наблюдаем отклонение стрелки гальванометра, что свидетельствует о наличии тока в цепи база–эмиттер.

Изменяем полярность включения источника тока, рис. г: база оказывается соединённой с положительным полюсом источника тока, а эмиттер – с отрицательным → стрелка не отклоняется, электрический ток через транзистор прекращается.

Повторяем опыт, но на этот раз в цепь источника включаем коллекторный переход транзистора: на базу транзистора пода-



ём отрицательный потенциал, а на коллектор – положительный, наблюдаем отклонение стрелки гальванометра. При обратной полярности напряжения тока нет, транзистор заперт.

Вывод: транзистор как бы включает в себя два диода, связанных друг с другом. Если мы изменяем ток в цепи эмиттера, то изменяется и ток в цепи коллектора. На этом основано усилительное действие транзистора.

VI. Исторические справки (4 мин, заранее готовят учащиеся)

- [5]. В 1931 г. Абрам Фёдорович Иоффе (слайд 11) впервые обратил внимание на необходимость изучения полупроводников как новых материалов для электроники и предпринял их всестороннее исследование. Исследования электрических свойств полупроводников (в 1931–1940 гг.) школой Иоффе положили начало развитию новых термо- и фотоэлектрических генераторов и термоэлектрических холодильных устройств. В 1942 г. А.Ф. Иоффе удостоен Государственной премии за исследования в области полупроводников. В 1954 г. был создан кремниевый фотоэлемент. В том же году впервые была построена солнечная батарея, состоявшая из большого числа кремниевых фотоэлементов. Располагая полупроводниковый диод рядом с радиоактивным материалом, получили атомную батарею, которая может вырабатывать электрическую энергию на протяжении многих лет. На основе полупроводников были созданы фотодиоды. Они позволяют считать движущиеся объекты – от деталей на конвейере до пассажиров в метро. Приборы на фотодиодах могут определять бракованные изделия на конвейере и выключать оборудование, если в его опасную зону попадают руки рабочих.

Создание приборов на основе полупроводников произвело в середине XX в. техническую революцию. Дальнейшее их развитие привело к созданию интегральных микросхем, появлению новых поколений электронно-вычислительных

машин и персональных компьютеров. Сейчас ни одна область науки и техники не обходится без их применения.

Огромная заслуга в этом принадлежит русскому учёному, Нобелевскому лауреату Жоресу Ивановичу Алфёрову (слайд 11). Сделанные им открытия позволили кардинально улучшить параметры полупроводниковых приборов и создать принципиально новые перспективные приборы оптической и квантовой электроники. Они используются в проигрывателях CD-дисков, устройствах, декодирующих товарные ярлыки, в лазерных указках и во многих других приборах.

VII. Рефлексия и коррекция промежуточных результатов (3 мин)

Учитель. Изучению какой темы мы посвятили сегодняшний урок? Давайте проследим логику изучения темы по опорному конспекту (слайд 12).

Запишите домашнее задание (слайд 13): подготовить сообщение по одной из тем (выбор – по желанию) «Солнечные батареи и их применение», «Применение светодиодов», «История изобретения транзисторов».

Литература

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2004.
2. Шахмаев Н.М., Бунчук А.В., Дик Ю.И. Физика. 8 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Мнемозина, 2007.
3. Гуревич А.Е. Физика. 8 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 1999.
4. Хорошавин С.А. Демонстрационный эксперимент по физике. Электродинамика. М.: Просвещение, 2008.
5. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов. М.: Лань, 2006.
6. Турышев И.К., Львова О.В. Исторические сведения о полупроводниковых приборах // Физика в школе.



Ольга Николаевна Наливайченко – учитель физики высшей квалификационной категории, окончила Ростовский ГПУ (ныне Педагогический институт ЮФУ) по специальности «Физика», педагогический стаж 18 лет. Продолжатель педагогической династии: прабабушка – учитель начальных классов, мама – учитель физики, сестра – преподаватель английского языка. Педагогическое кредо: из каждого ребенка вырастить настоящего человека, не перестающего удивляться совершенству мира. Считает, что современному учителю необходимо уметь ориентироваться в мире педагогических инноваций, чтобы обеспечить всестороннее развитие личности учащегося. Сторонник деятельностного подхода на основе экспериментальной подготовки учащихся и освоения ИКТ. Формирует банк электронных тетрадей по различным разделам физики. На уроках комбинирует натуральный и виртуальный эксперимент, что позволяет расширить инструментарий познания мира. Ученики регулярно показывают стабильные знания по физике, побеждают на муниципальных этапах Всероссийской олимпиады школьников по физике, на районных олимпиадах, занимают призовые места на областных НПК ДАНЮИ (диплом III степени на XXXVIII научно-практической конференции ДАНЮИ им. Ю.А. Жданова, тема «Физика человека»), участвуют в заочной «Олимпиаде атомных станций». В 2010 г. стала абсолютным победителем районного конкурса профессионального мастерства «Учитель года», а в 2011 г. – регионального конкурса «Учитель года Дона». В 2012 г. награждена Почётной грамотой МОиН РФ. В 2013 г. стала победителем конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России» и лауреатом премии губернатора Ростовской области. Награждена медалью «За доблестный труд на благо Донского края». Участвовала в работе VI съезда Всероссийского педагогического собрания (2011 г.). Свои работы выкладывает на личном сайте <http://nalivaichenko.ucoz.ru>. Увлекающаяся и любознательная по натуре, Ольга Николаевна любит рыбачить, путешествовать с семьёй – мужем (в прошлом тоже преподавателем физики и математики) и дочерьми 9 и 19 лет, кататься на лыжах, делать фотографии пейзажей, увлекается поэзией.

Механические колебательные системы. Маятник как пример колебательной системы

Приведён сценарий урока физики с применением метода мини-проектов. Урок способствует развитию коммуникативности, креативности, самостоятельности и ответственности, толерантности, способности к самооценке и самоанализу. Дополнительный материал дан в электронных приложениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурс «Я иду на урок», механические колебательные системы, математический маятник, пружинный маятник, 10 класс



Урок объяснения нового материала и первичного закрепления, 10-й класс. УМК:

Генденштейн Л.Э.,

Дик Ю.И. Физика-10, -11

А.А. ДОЦЕНКО

docenko79@bk.ru,

МБОУ гимназия № 13,

г. Новомосковск, Тульская обл.

Методы обучения: проблемное обучение, метод проектов, сотрудничество.

Цель урока: развитие навыков мыслительных умений: выдвижение идеи, проблематизация, целеполагание и формулирование задачи, выдвижение гипотезы и её формулировка, выбор способа или метода деятельности, планирование своей деятельности, самоанализ и рефлексия через создание обучающимся мини-проекта и его защите.

Задачи урока: • **личностные** – развитие умений и навыков: • мыслительных умений (выдвижение идеи, проблематизация, целеполагание и формулирование задачи, выдвижение гипотезы и её формулировка, выбор способа или метода деятельности, планирование своей деятельности, самоанализ и рефлексия) • презентационных умений (построение устного доклада о проделанной работе, выбор способов и форм наглядной презентации результатов деятельности) • коммуникативных умений (слушать и понимать других, выражать свои мысли, взаимодействовать внутри группы, вести обсуждение и дискуссию) • поисковых навыков (отбирать нужную информацию на бумажных и электронных носителях) • информационных умений (структурировать информацию, выделять главное, принимать и передавать информацию, представлять её в печатном и электронном виде) • **метапредметные** – развитие навыков экспериментальной, исследовательской и проектной деятельности, самостоятельного приобретения новых знаний, постановки целей, анализа результатов деятельности одноклассников при работе над созданием мини-проекта, развития монологической и диалогической речи • **предметные:** • повторить понятия «колебательная система», «математический маятник», «пружинный маятник», а также основные характеристики колебательного движения

($T = \frac{t}{N}$ – период колебаний, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ – период

математического маятника, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ – период

пружинного маятника) • формировать умения исследовать зависимость периода математического и пружинного маятников от массы груза; обнаруживать зависимости между физическими величинами (периодом математического и пружинного маятников и массой груза); представлять результаты измерений в виде таблицы и графика • формировать навыки решения разноуровневых задач на применение формул для периода колебаний, периода математического и пружинного маятников, частоты колебаний.

Оборудование: учебник [1], компьютер, проектор, 4 ноутбука, штатив с муфтой и лапкой, нить длиной 1 м, пружина жёсткостью 40 Н/м, набор грузов массой по 100 г, секундомер, калькулятор, информационный и иллюстративный материал на бумажных и электронных носителях, бланк разноуровневых задач на электронном носителе.

Ход урока

Маятник старательный и грубый
Времени непризнанный жених,
Заговорщица-секундам рубит
Головы хорошенькие их.

Н.С. Гумилёв. Огненный столп

I. Начальный этап урока (7 мин)

Цель этапа: мотивировать учащихся к постановке учебной задачи урока через рассказ учителя о значении колебаний в окружающем мире.

Учитель. Мы живём в мире колебаний. Маятник стальных часов (*слайд 2*), кузов железнодорожного вагона (*слайд 3*), струна гитары (*слайд 4*), качели (*слайд 5*), ... Колебания играют важную роль в ведущих областях техники, связанных с электрическими и электромагнитными колебаниями: выработка, передача и потребление электрической энергии, телефония, радиовещание, телевидение, радиолокация (*слайд 6*). С колебаниями мы встречаемся и в живом организме (*слайд 7*): биение сердца, сокращение желудка, деятельность кишечника. Строители и механики имеют дело с колебаниями сооружений и машин. Кораблестроители – с качкой и вибрацией корабля. Трудно назвать такую

область, где колебания не играли бы существенной роли. Поэтому значение основ физики колебаний необходимо знать любому человеку. Для продолжения работы я прошу вас сформулировать задачу урока.

В помощь предлагаю вопросы и советы (слайд 8), которые зачитает (*называет фамилию ученика*): 1. Когда были открыты законы колебаний маятников? 2. Что произойдёт с периодом математического маятника, если массу подвешенного груза увеличить/уменьшить? 3. Какого учёного раскачивающаяся люстра побудила приступить к исследованиям колебаний? 4. Используйте метод Шерлока Холмса: от простого к сложному. 5. Как изменится период колебаний пружинного маятника, если изменить массу груза? 6. Можно ли с помощью маятника продемонстрировать суточное вращение Земли? 7. Существует ли идеальный маятник? 8. Отметим особо: точность науки в том, что её языком служит язык математики. (*Ученики формулируют основные задачи урока: расширить знания о простейших механических колебательных системах – маятниках, провести исследование зависимости периодов математического и пружинного маятников от масс грузов, решить разноуровневые задачи.*)

Распределим вопросы на группы по объединяющему признаку.

Ученик 1. К первой группе можно отнести вопросы 1, 3, 6, 7, так как в них речь идёт непосредственно о маятниках.

Ученик 2. Ко второй группе относим вопросы 2, 5, так как для ответа необходимо рассмотреть зависимость периода маятников от массы.

Ученик 3. Пункты 4 и 8 относятся к одной группе. Согласно п. 4 необходимо что-то распределить, а согласно п. 8, возможно – распределить формулы.

Учитель. Вы правильно разбили вопросы на III группы (слайд 9), и соответственно им разбиваетесь на три команды. У каждого на столе лежит цветной квадратик, по его цвету вы объединяетесь в команду единомышленников: команда жёлтых, команда зелёных, команда оранжевых. Просмотрите, пожалуйста, полученный материал и дайте соответствующее название команде. Вы должны за 15–20 мин создать мини-проект, следуя паспорту (слайд 10): • Форма представления проекта (постер, альбом, видеofilm, презентация и т. п.) • Название • Проблема • Авторы (школа, класс, количество участников) • Научный руководитель/консультант • Тип проекта по доминирующей в проекте деятельности (исследовательский, творческий, практико-ориентированный), по предметно-содержательной области (культурологический, естественнонаучный, экологический, исторический), по количеству участников проекта (личный, парный, групповой), по широте охвата содержания (монопредметный, межпредметный), по методам и средствам решения проблемы.

Прошу команды огласить полученный материал и название команды.

Команда жёлтых. Мы получили текст исторического содержания и презентацию к нему (см. ЭП. – *Ред.*). Название нашей команды – «Историки».

Команда зелёных. Нашей команде досталось лабораторное оборудование, название нашей команды – «Исследователи».

Команда оранжевых. Нам предложили разноуровневые задачи (см. ЭП. – *Ред.*), поэтому мы назвали команду «Практики».

Комментарий: у учащихся появился мотив к познанию истории открытия законов колебаний маятников, исследованию зависимости периода математического и пружинного маятников от массы груза, анализу, дифференциации и решению задач. Развиты мыслительные умения: выдвижение идеи, проблематизация, целеполагание и формулирование задачи. Образовались команды.

II. Основной этап урока (15 мин)

Цель этапа: развитие презентационных, коммуникативных, поисковых, информационных умений через представление «готового продукта» – мини-проекта.

(*Ученики работают, учитель консультирует.*)

Учитель. Предлагаю каждой команде представить на защиту «готовый продукт» – свой мини-проект. Остальные слушают и оценивают проекты по заданным критериям (слайд 11). После защиты всех мини-проектов все в своих командах делятся впечатлениями о защите, обсуждают, а потом один сообщает общее мнение команды классу.

III. Защита мини-проекта (15 мин)

(*После защиты каждой группой своего мини-проекта учитель вносит тексты в конспект.*)

Команда жёлтых («Историки»). **Конечным продуктом** нашего мини-проекта является презентация, которую выполнили ученики 9-го класса «Б» МБОУ гимназия № 13 в составе 5 человек, поэтому наш проект является **групповым**. Два члена команды работали с текстом [2–5]: отобрали информацию, соответствующую поставленной перед нами проблеме. Один работал над презентацией, а двое оставшихся готовили защиту мини-проекта. Консультант проекта – учитель физики. Свой мини-проект мы назвали «История маятника» и поместили портреты Г. Галилея (1564–1642) и Ж. Фуко (1819–1868), которые внесли большой вклад в теорию колебаний (слайд 1-У). Наша **проблема:** с чего и с кого все началось? На слайде 2-У вы видите люстру Пизанского собора, «прародительницу» первого маятника, использованного для научных исследований, и конечно, определение маятника. Также упомянуто его первое применение в медицине: «Удлиняя или укорачивая маятник, Галилей достигал согласования колебаний маятника с биением пульса» [2]. Затем, мы обратили внимание на ещё один маятник, с помощью которого французский физик и астроном Жан Фуко смог привести ещё одно доказательство суточного вращение Земли – он поставил опыт с маятником, названным впоследствии его именем (слайды 3-У, 4-У) [4]. Первая публичная демонстрация состоялась в парижском Пантеоне в 1851 г. В элементарной теории колебаний рассматривается математический маятник.

На слайде 5-У вы видите его определение, а также условия, при которых маятник можно считать математическим. Заканчивается наша презентация выводом о том, к каким системам относится маятник (слайд 6-У).

Наш **мини-проект** относится к **творческому**, а по предметно-содержательной области – к **естественнонаучному** и **историческому**, поэтому его можно считать **межпредметным**. Свою работу мы выполнили с использованием двух ноутбуков, выбрав фрагменты из предоставленной нам текстовой информации и найдя в интернете подходящие иллюстрации. Считаем, что нашу презентацию можно использовать на уроках физики в качестве дополнительного материала при изучении темы «Механические колебания». По нашему мнению, мы в ходе создания мини-проекта решили поставленную проблему.

Команда зелёных («Исследователи»). **Конечный «продукт»** нашего мини-проекта представляет собой отчёт в виде таблиц и графиков. Проект подготовили ученики (5 человек) 9-Б класса МБОУ гимназия № 13, поэтому он является **групповым**. Два члена нашей команды исследовали зависимость периода математического маятника от массы груза, заполнили табл. 1, по данным таблицы начертили график и сделали вывод. Ещё двое исследовали зависимость периода пружинного маятника от массы груза, заполнили табл. 2, по данным таблицы начертили график и также сделали вывод. Пятый член нашей команды **защищает** мини-проект. **Консультировал** и направлял нашу деятельность учитель физики. **Назвали** мы свой мини-проект «Исследование зависимости периода математического и пружинного маятников от массы груза».

Таблица 1

№ опыта	Масса груза m , кг	Время движения t , с	Число колебаний N	Период T , с
1	0,1	60	30	2
2	0,2	60	30	2
3	0,3	60	30	2
4	0,4	60	30	2

Таблица 2

№ опыта	Масса груза m , кг	Время движения t , с	Число колебаний N	Период T , с
1	0,1	60	30	2
2	0,2	84	30	2,8
3	0,3	102	30	3,4
4	0,4	120	30	4



Выявленная **проблема**: зависит ли и как зависит период математического и пружинного маятников от массы груза. Для её решения мы использовали: нить длиной 1 м, пружину заданной жёсткости, набор грузов массой по 100 г, секундомер, калькулятор. **Метод** решения поставленной проблемы – исследовательский. В результате мы увидели (*ученик показывает последнюю колонку в табл. 1*), что число не меняется, а на графике все точки лежат на прямой, параллельной горизонтальной оси.

Период пружинного маятника зависит от массы (*ученик показывает последнюю колонку в табл. 2*) – значения меняются, а график не является прямой, то есть зависимость периода пружинного маятника от массы груза не линейная.

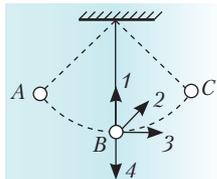
Таким образом, мы пришли к выводу*: период колебаний нитяного маятника не зависит от массы груза, а период пружинного маятника зависит как \sqrt{m} . По **основному виду деятельности** наш мини-проект является исследовательским, по **предметно-содержательной** области – естественнонаучным, а по **широте охвата** – межпредметным. На основании полученного нами вывода, мы можем сказать, что проблема, поставленная нами, решена в полном объёме.

Команда оранжевых («Практики»). **Конечным «продуктом»** нашего мини-проекта является составление варианта контрольной работы по теме «Механические колебания». В работе принимали участие все члены команды, поэтому наш мини-проект, как и предыдущие, является **групповым**. **Помогал** нам в нашей деятельности учитель физики. **Название** проекта: «Вариант контрольной работы по теме «Механические колебания»». Перед нами встала **проблема**: дифференцировать и решить предложенные задачи. Приступив к выполнению работы, мы увидели, что не все задачи подходят к нашей теме, поэтому мы выбрали только 6. Затем, мы поняли, что эти задачи отличаются по сложности, а к трём из них предложены ответы. Тогда мы решили распределить задачи так, как обычно это делается в контрольной работе: часть А – 3 задачи с выбором варианта ответа, которые решали два члена команды; часть В – 2 задачи, потруднее, их решали ещё двое; часть С – одна задача. Лишь взглянув на рисунок, мы поняли, что это точно часть С. Её решение пишет на доске один из членов команды. Второй ученик, решивший задачи уровней А и В, защищает весь мини-проект. Хочу заметить, что одна из задач части А не имела правильного ответа, и мы предложили свой (см. таблицу). Для быстрого распределения задач (что соответствует методу Шерлока Холмса: от простого к сложному) мы использовали два ноутбука; для быстрого вычисления – калькулятор, для наглядного изображения – мультимедийный экран, доску и мел. Мы считаем, что наш мини-проект является

* По кривой, построенной по 4 точкам, сделать вывод о характере зависимости без дополнительных предположений нельзя. Необходимо предположить, что период прямо пропорционален корню квадратному из массы, а затем построить график, отложив по оси абсцисс корень квадратный из массы, прямо пропорциональный характер полученной зависимости свидетельствовал бы о справедливости гипотезы. – Прим. ред.

практико-ориентированным и межпредметным. Все задачи мы решили и получили правильные ответы, следовательно, поставленную перед нами проблему решили, а наш мини-проект учитель может использовать на контрольной работе по теме «Механические колебания».

Задачи [6]



A1. Грузик, подвешенный на нити, совершает свободные колебания между точками A и C (см. рисунок). Как направлен вектор ускорения грузика в точке B?

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

A2. За какую часть периода шарик математического маятника проходит путь от левого крайнего положения до правого крайнего положения?

- 1) T; 2) $\frac{3}{2}T$; 3) $\frac{1}{4}T$; 4) $\frac{1}{8}T$.

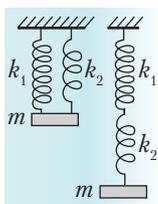
A3. Маятниковые часы спешат. Чтобы часы шли точно, необходимо увеличить период колебаний маятника. Для этого надо:

- 1) увеличить массу маятника;
2) уменьшить массу маятника;
3) увеличить длину маятника;
4) уменьшить длину маятника.

B1. При свободных колебаниях за одно и тоже время первый маятник совершает одно колебание, а второй – три. Как относятся длины маятников?

B2. Груз, подвешенный на пружине массой 4 кг, совершает свободные гармонические колебания. Какой должна стать масса груза, чтобы частота колебаний этого же груза увеличилась в 2 раза?

C1. Найдите период колебания тела массой m в системах, изображённых на рисунке. Жёсткость пружин k_1 и k_2 . Трением пренебречь.



Ответы и решения

Задание	A1	A2	A3	B1	B2
Ответ	1	$\frac{1}{2}T$	3	9 : 1	1

Решение [7]. Рассмотрим левый рисунок. При смещении тела возникает возвращающая сила, действующая на обе пружины одновременно: $\vec{F}_{\text{воз}} = \vec{F}_{\text{упр}1} + \vec{F}_{\text{упр}2}$, где $\vec{F}_{\text{воз}}$ также является силой упругости. По закону Гука, $F_{\text{упр}} = k \cdot x$, где x – деформация, причём в данном случае она одинакова для обеих пружин. Отсюда:

$$k \cdot x = k_1 \cdot x + k_2 \cdot x \Rightarrow k = k_1 + k_2. \quad (1)$$

Для жёсткости системы из двух параллельных пружин получаем период пружинного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} = 2.$$

Теперь обратимся к правому рисунку. В этом случае при смещении тела на расстояние x также возникает возвращающая сила $F_{\text{воз}}$, которая также является силой упругости и в положении равновесия равна силе тяжести: $F_{\text{воз}} = mg$. Но в этом случае деформации пружин разные, то есть сила тяжести растягивает каждую пружину не одинаково. В положении равновесия:

$$F_{\text{упр}1} = mg, \quad F_{\text{упр}2} = mg \Rightarrow k_1 \cdot x_1 = mg; \quad k_2 \cdot x_2 = mg \Rightarrow x_1 = \frac{mg}{k_1}; \quad x_2 = \frac{mg}{k_2}.$$

Тогда формула (1) запишется в виде:

$$k \cdot \left(\frac{mg}{k_1} + \frac{mg}{k_2} \right) = mg.$$

Разделим обе части на mg и приведём к общему знаменателю: $k \cdot \frac{k_2 + k_1}{k_1 k_2} = 1$, следовательно, жёсткость системы из двух последовательных пружин

есть $k = \frac{k_2 + k_1}{k_1 k_2}$, а период такого пружинного маятника:

$$T = 2\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}.$$

Комментарий: обучаемые развили личностные, метапредметные и предметные навыки и умения, намеченные в задачах урока, а также сформировали универсальные учебные действия (экспериментальные навыки, навыки исследовательской и проектной деятельности, навыки самостоятельного приобретения новых знаний, постановки целей, анализа результатов деятельности одноклассников при работе над созданием мини-проекта, развития монологической и диалогической речи).

III. Закрепление и проверка усвоения изученного материала (3 мин)

Учитель. Теперь проверим знания, полученные на уроке: укажите правильный ответ в тестовых заданиях «Маятник» [6].

1. Учёный, который открыл законы колебания маятников?

- А) Фуко; Б) Галилей; В) Максвелл.

2. Математический маятник – это:

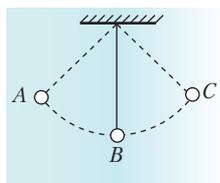
- А) груз, подвешенный на нити;
Б) груз, подвешенный на пружине;
В) материальная точка, обладающая массой и подвешенная на невесомой нерастяжимой нити.

3. Как изменится период нитяного маятника, если его массу увеличить в 2 раза?

- А) не изменится;
Б) увеличится в 2 раза;
В) увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

4. Пружинный маятник массой m совершает свободные гармонические колебания на Марсе. Период колебаний такого маятника прямо пропорционален:

- А) m ; Б) \sqrt{m} ; В) m^2 .



5. Грузик, подвешенный на нити, совершает свободные колебания между точками А и С (см. рисунок). В какой точке ускорение равно нулю?

- А) А; Б) В; В) С; Г) нигде.

Учитель. Сравните свои ответы с ключом к тесту (слайд 12: 1Б; 2В; 3А; 4Б; 5Г) [7]. (Ученики сравнивают.)

IV. Рефлексия (5 мин)

Цель этапа: провести рефлексивный анализ учебной деятельности учащихся на уроке.

Учитель. Сегодня на уроке, создавая мини-проекты, вы расширили свои знания о простейших механических колебательных системах – маятниках, провели исследования и решили разноуровневые задачи. Я предлагаю вам, посоветовавшись в группах (1–3 мин), высказать своё мнение о мини-проектах одноклассников и представить его классу.

Команда «Исследователи». Конечный «продукт» – презентация – нам очень понравилась. На слайдах наглядно показана история развития представлений о маятнике. Ребята учли возможности каждого члена команды, что позволило им добиться хороших результатов. И, что немало важно, презентация является хорошим дополнением школьного материала.

Команда «Практики». Вывод, полученный в ходе исследования, соответствует поставленной цели. Полученные график наглядно иллюстрируют линейную и нелинейную зависимости периода соответственно нитяного и пружинного маятников от массы. Однако при защите проекта хотелось бы увидеть и эксперимент. Ребята не показали его, хотя бы частично. В целом их работа интересная, ребята грамотно и правильно отвечали на вопросы.

Команда «Историки». Способ оформления конечных результатов практиков нас удивил. Мы привыкли больше к презентации, отчётам в виде таблиц и графиков, стенгазет. Однако, грамотно распределив задачи между собой, ребята продемонстрировали хорошие навыки решения, а учителю сэкономили время для подготовки к контрольной работе.

Учитель (подводит итоги работы на уроке, благодарит учеников за хорошую работу и творческий подход к проведению урока). Я хочу вам пожелать меньше колебаний в вашей жизни. Шагайте по дороге знаний уверенно.

Комментарий: обучающиеся развили мыслительные умения: самоанализ и рефлекссию.

Задание на дом. Подготовить информационный материал по темам: «Звук и его основные характеристики», «Ультразвук. Применение ультразвука», «Влияние ультразвука на живые организмы», «Инфразвук. Применение инфразвука».

Литература

1. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика-10: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Мнемозина, 2011.
2. Рассказ для историков. URL: <http://www.zanud.ru/docs/index-1005222.html>
3. Теория маятника и маятниковые часы Галилея. URL: <http://www.forclock.ru/hronom2.php>
4. Маятник Фуко. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Маятник_Фуко
5. Первому опыту с маятником Фуко в Исаакиевском соборе исполняется 75 лет <http://www.fontanka.ru/2006/04/11/162161/>
6. Демидова М.Ю., Нурминский И.И. ЕГЭ-2009. Физика. Федеральный банк экзаменационных материалов. М.: Эксмо, 2008.
7. Парфентьева Н.А., Фомина М.В. Решение задач по физике: В помощь поступающим в вузы. Ч. 2. М.: Мир, 1993.



Анастасия Александровна Доценко – учитель высшей квалификационной категории, победитель Всероссийского конкурса педагогического мастерства «Мой лучший урок», Международного конкурса учителей «Профессионалы», обладатель гранта губернатора Тульской области. Окончила Тульский ГПУ им. Л.Н. Толстого в 2001 г. Девиз: цель творчества – самоотдача. Занимается разработкой уроков по проектной технологии – применение метода мини-проектов в условиях коллективной работы класса. Педагогическое кредо – стимулировать ученика не оценкой, а заинтересованностью учителя в его успехах, дружеской эмоциональной поддержкой. Ученики поступают в ТулГУ, в РХТУ им. Д.И. Менделеева. Замужем. Любит вышивать крестом и бисером.

Исследование типовых затруднений учащихся при выполнении тестовых заданий по физике

Представлены результаты локального педагогического исследования по выявлению типовых затруднений и заблуждений при изучении физики. За основу взяты аналитические отчёты ФИПИ по результатам сдачи выпускниками ЕГЭ по физике, составленные после обработки огромного массива данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЕГЭ, типовые ошибки, педагогическое исследование



Д.А. ИГНАТЬЕВА
littledasha92@mai.ru,
РГПУ им. А.И.Герцена,
г. Санкт-Петербург

■ Такое явление, как типовые ошибки и затруднения учащихся при решении задач, хорошо известны учителям физики. Характерно, что они с завидным постоянством проявляются у разных учащихся, обучающихся у разных учителей, в разное время, по разным программам. Это даёт основание предположить, что в таком случае их причиной является не просто недостаток обученности по предмету, а некоторые особенности мышления школьников. Именно такой информации не хватает учителям для коррекции знаний учащихся.

В этой связи нами было начато исследование, направленное на выявление типовых затруднений и заблуждений при изучении физики. Его целью было определить и попытаться объяснить происхождение некоторых из них и таким образом выявить причины. За основу были взяты аналитические отчёты ФИПИ по результатам сдачи выпускниками ЕГЭ по физике, составленные после обработки огромного массива данных, который невозможно получить в локальном педагогическом исследовании. Изучение отчётов за 2003–2012 гг. показало, что из года в год повторяются одни и те же ошибки с небольшими вариациями в количественном распределении, что подтвердило предположение о необходимости изучения их причин.

Для данного исследования была сделана подборка тестовых заданий с выбором ответа, особо отмеченных в отчётах ФИПИ как наиболее трудных. В исследовании участвовали 50 учащихся 11-го класса из различных школ, имеющие различный уровень подготовки, но ориентированные на сдачу ЕГЭ по физике. Как и следовало ожидать, были допущены типовые ошибки, но нас интересовало, прежде

всего, распределение неправильных ответов и мотивация их выбора, то есть логика рассуждений ученика, приводящая к выбору неправильного ответа. Для проверки правильности моделирования проводились выборочные собеседования. Приведём примеры тестовых заданий и анализ ошибок учащихся (*правильные ответы выделены в таблицах жирным шрифтом, в строке под ними – доля выбравших данный вариант*).

- У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который с помощью реактивных двигателей удерживается неподвижно относительно Земли на расстоянии двух её радиусов от земной поверхности?

А) 360 Н;	Б) 240 Н;	В) 180 Н;	Г) 80 Н.
41,7%	37,5%	2%	18,8%

Выбор ответа А свидетельствует о незнании закона всемирного тяготения (просто поделили друг на друга числовые данные условия). Ответ Б показывает, что учащиеся знают о зависимости силы тяготения от расстояния между центрами тел, но не учитывают квадратичный характер этой зависимости. А при выборе ответа В ученики учли расстояние лишь от поверхности Земли до космонавта. И таких ошибок большинство (37,5%).

- Камень бросили с балкона три раза с одинаковой по модулю начальной скоростью. В первый раз вектор скорости камня был направлен вертикально вверх, во второй раз – горизонтально, в третий раз – вертикально вниз. Если сопротивлением воздуха можно пренебречь, то модуль скорости камня при подлёте к земле будет:

А) больше в первом случае;	24,5%
Б) больше во втором случае;	6,1%
В) больше в третьем случае;	30,6%
Г) во всех случаях одинаковым.	38,8%

Печатается по докладу на Всероссийской олимпиаде студентов по теории и методике обучения физике (ЧГПУ, г. Челябинск, 2013 г.).

В основном ученики выбрали ответы А и В. Причиной могут быть бытовые представления: выше поднимется – дольше пролетит – больше скорость наберёт; а в случае Б учащиеся реагируют не на скорость тела, а на быстроту протекания процесса («быстрее упадёт, значит, скорость больше»). Но применив закон сохранения энергии, сразу можно увидеть, что модуль скорости камня при полёте к земле полностью определяется его начальной скоростью и начальной высотой над поверхностью земли.

• Модуль изменения импульса материальной точки массой 1 кг, движущейся по окружности со скоростью 10 м/с, за одну четверть периода равен*:

- | | |
|------------------------------------|-------|
| А) $10\sqrt{2}$ кг · м/с; | 35,5% |
| Б) 0 кг · м/с; | 3,5% |
| В) $\frac{10}{\sqrt{2}}$ кг · м/с; | 6,7% |
| Г) 10 кг · м/с. | 22,3% |

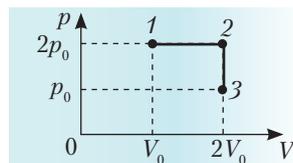
Выбор ответа Б свидетельствует о том, что школьники интерпретировали импульс как скалярную величину; выбор ответа В – о том, что школьники допускают ошибки в правилах действий с векторами и в геометрии; выбор ответа Г – о невнимательности при чтении задания, так как учащиеся находят не изменение импульса, а его величину.

• Как изменится давление насыщенного пара при повышении его абсолютной температуры в 2 раза?

- | | |
|--|--------------|
| А) Увеличится в 2 раза; | 52,2% |
| Б) увеличится менее чем в 2 раза; | 2,2% |
| В) увеличится более чем в 2 раза; | 36,9% |
| Г) не изменится. | 8,7% |

Большинство школьников выбрали ответ А. Он был бы верен, если бы речь шла о ненасыщенном паре и идеальном газе, давление которых при постоянном объёме зависит от температуры, а концентрация молекул остаётся постоянной. В случае насыщенного пара давление зависит и от температуры, и от концентрации, которая увеличивается с повышением температуры. Те, кто выбрал ответ Г, что-то знают о свойствах насыщенного пара и помнят, что его давление «от чего-то не зависит» (а именно: от объёма при постоянной температуре).

• Идеальный одноатомный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объёма. Количество теплоты, переданное газу, равно:



- | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| А) $p_0 V_0$; | Б) $2p_0 V_0$; | В) $4p_0 V_0$; | Г) $5p_0 V_0$. |
| 23,4% | 36,2% | 23,4% | 17% |

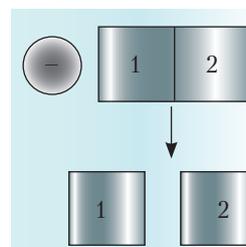
Ответ А свидетельствует об устойчивых стереотипах, сложившихся в процессе обучения: нужно вычислять площадь под графиком, вот они и вычисляют площадь прямоугольника 1-2-3-4. Ответ В показывает ещё более грустную картину: он получен перемножением: $2p_0 \times 2V_0$. Ответ Г свидетельствует о более глубоких знаниях учащихся, но некоторой поспешности в применении первого закона термодинамики: ответ справедлив только для количества теплоты, полученного в процессе 1-2.

• Напряжённость электрического поля измеряют с помощью пробного заряда. Если величину пробного заряда уменьшить в 2 раза, модуль напряжённости:

- | | |
|-------------------------|-------|
| А) не изменится; | 27,2% |
| Б) увеличится в 2 раза; | 20,8% |
| В) уменьшится в 2 раза; | 35,4% |
| Г) уменьшится в 4 раза. | 16,6% |

Учащиеся преимущественно выбирают вариант ответа В, а это указывает на то, что ученики не понимают смысла напряжённости электрического поля и процедуры её определения, путают роль заряда, создающего поле, и роль пробного электрического заряда. Напряжённость электрического поля не зависит от величины вносимого пробного заряда. Она определяется лишь средой, величиной точечного заряда, создающего поле, и расстояния до точки. Выбор ответа Г свидетельствует, что учащиеся слышали о том, что напряжённость зависит от «чего-то в квадрате», но от чего и как именно, не помнят.

• Два металлических кубика 1 и 2 сблизил вплотную и поместили в электрическое поле отрицательно заряженного шара, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, и уже потом убрали заряженный шар (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделённых кубиков 1 и 2 правильно?



* По-видимому, автор ошиблась: сумма не равна 100%. – Ред.

- А) Заряды первого и второго кубиков положительны; 4,4%
- Б) заряды первого и второго кубиков отрицательны; 34,5%
- В) заряд первого кубика положителен, заряд второго – отрицателен;** 39,4%
- Г) заряды первого и второго кубиков равны нулю. 21,7%

Выбор неверных ответов указывает на то, что учащиеся не усвоили, как происходит перераспределение заряженных частиц в веществе под воздействием электрического поля. Ответ А выбирают те, кто помнит, что разноимённые заряды притягиваются, поэтому у кубиков должен быть заряд, противоположный заряду шарика. Учащиеся, выбравшие ответ Б считают, что кубики зарядились от шарика. Выбравшие ответ Г забыли особенности внутреннего строения металлов, а также наличие в них большого количества свободных электронов, которые могут перемещаться под действием электрического поля.

• Как изменится частота обращения заряженной частицы в однородном магнитном поле при уменьшении её скорости в n раз? Рассмотрите нерелятивистский случай ($v \ll c$).

- А) Увеличится в n раз; 50%
- Б) увеличится в n^3 раз; 12,5%
- В) увеличится в n^2 раз; 17,5%
- Г) не изменится.** 20%

Это один из самых трудных вопросов. Он направлен на проверку знания того факта, что период (и частота) обращения заряженной частицы в магнитном поле не зависит от скорости частицы, а полностью определяется отношением массы частицы к заряду и индукцией магнитного поля. Большинство школьников выбрали первый вариант ответа, рассуждая, что чем меньше скорость, тем больше время движения, и забывая, что частота при этом должна уменьшаться. В предложенном списке нет ни одного варианта ответа с уменьшением частоты, поэтому правильный ответ можно было бы выбрать даже методом исключения. В свою очередь это говорит и об удачности подбора дистракторов.

Проведённая работа действительно помогает выявить и структурировать типовые ошибки, пробелы в подготовке учащихся, что позволяет проводить профилактическую работу при дальнейшем обучении. Это позволит сократить вероятность появления ошибок. Результаты для многих учителей оказались неожиданными.

Реклама



Авторы:
Л.С. Хижнякова,
А.А. Сиявина,
С.А. Холина

Физика

Линия учебно-методических комплектов
7–9 классы



- Единство теоретического и экспериментального методов познания
- Принцип дифференцированного обучения
- Межпредметная связь с курсами математики, химии, астрономии
- Оценка результатов собственной экспериментальной деятельности

В содержании представлены:

- материалы для дополнительного изучения;
- экспериментальные и теоретические задания;
- фронтальные и домашние лабораторные работы;
- проекты.

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



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
**ВЕНТАНА
ГРАФ**

Учебники включены в федеральный перечень, входят в систему УМК «Алгоритм успеха»

Обобщающие уроки в нестандартной форме



Предложены планы-конспекты обобщающих уроков по курсу физики 9-го класса (УМК Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. или УМК Громова С.В., Родиной Н.А.), составленных в рамках педагогической технологии В.М. Монахова. Планом урока является однотипная информационная карта, варьируемая в деталях, например, в форме проведения занятия, используемом оборудовании. Аналогичные планы-конспекты обобщающих уроков для 7-го и 8-го классов даны в электронном приложении. Отмечается активность учащихся, повышение их интереса к предмету.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обобщающий урок, нестандартный урок, педагогическая технология В.М. Монахова, информационная карта

О.А. НОВИКОВА

nowickowaolia@yandex.ru,
МБОУ Щеколдинская ООШ,
д. Щеколдино, Зубцовский р-н,
Тверская обл.

Предлагаем планы-конспекты обобщающих уроков по всему курсу 9-го класса, проведённых по педагогической технологии В.М. Монахова* (учебник [1]). Информационные карты уроков различаются только в деталях (например, формой проведения занятия, описанием оборудования).

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. Обобщающий урок-соревнование

Оборудование: линейка, штангенциркуль, вольтметр, амперметр, соединительные провода, лампочки, схемы-таблицы «Опасность молнии», «Правила поведения во время грозы», таблица удельного сопротивления веществ.

*Получить представление о технологии В.М. Монахова можно, например, по работе учителя Л.В. Гобозовой (URL: <http://gobozova-lv.solovschool.edusite.ru/p4aa1.html>). Более детально мы предполагаем ознакомить читателей с этой технологией в августе. – *Ред.*

Информационная карта

Задачи		
Обучение	Развитие	Воспитание
1. Обобщить и систематизировать знания по изученной теме. 2. Закрепить навыки решения задач: расчётных, качественных и экспериментальных. 3. Учить применять знания в новой ситуации.	Развивать произвольное внимание в условиях смены форм познавательной деятельности.	Воспитывать уверенность в своих силах и возможностях, в способности преодолевать возникающие трудности.
Содержание	Методический инструментарий	Ожидаемые результаты
1. Организационный этап (1 мин). 2. Основная часть (42 мин). 3. Итог урока (2 мин).	<i>Методы:</i> словесно-наглядный; частично поисковый. <i>Средства:</i> сравнение; обобщение; средства наглядности (см. п. «Оборудование»). Форма обучения: практикум. Форма организации учебной работы учащихся: коллективная; индивидуальная.	Показать свои знания по изученной теме: умение оперировать основными понятиями, формулами, законами.

II. Основная часть

Учитель. У каждой команды на столе отрезки алюминиевой, стальной, медной проволоки. Пользуясь таблицей Менделеева, определите состав атомов алюминия и меди, состав ядер этих атомов. Вычислите сопротивление каждого проводника, измерив его длину, площадь поперечного сечения и используя таблицу удельных сопротивлений.

– Соберите электрическую цепь и начертите её схему, измерьте силу тока и напряжение, вычислите сопротивление. *Приборы:* источник питания, амперметр, вольтметр, две лампочки, соединительные провода (вид соединения – по желанию).

– Ребята и взрослые люди часто неправильно обращаются с электроприборами, подвергая свою жизнь опасности. Опасность заключается в том, что мы не можем без приборов обнаружить ток и напряжение, а наше тело является довольно хорошим проводником. У каждой команды на столе текст с описанием ситуации из жизни. Обсудите ситуации в команде и дайте устный развернутый ответ. Найдите ошибку в действиях человека и укажите, как следует поступать правильно:

- Маша включает в розетку фен, держа его в руках. Рая спрашивает: «Что ты делаешь?» «Сегодня дискотека, хочу хорошо выглядеть», – отвечает Маша, и подносит фен к самой голове.
- На столе стоит стакан с кипятком. Саша говорит Вите: «Посмотри, согрелась ли вода?» Витя опускает палец в стакан при включённом кипятильнике.
- Коля, вынимая шнур от настольной лампы из розетки, взялся не за вилку, а тянет за шнур.
- «Аня, выключи свет», – говорит Вера. Аня с мокрыми руками идёт к выключателю.

– Электротравмы – повреждения организма электрическим током бывают и на производстве (в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте), и в быту. Их причиной может быть и атмосферное электричество. Что это такое и как от него уберечься, сейчас узнаем из сообщений, которые вы готовили дома.

– Капитаны команд решают кроссворд – кто быстрее [3, с. 253].

– Капитаны вытаскивают карточку с задачей, команды решают её:

- Какое количество электричества протекает в катушке гальванометра, включённого в цепь на 2 мин, если сила тока в цепи 12 мА?
- Электрическая плитка при силе тока 5 А за 30 мин потребляет 1080 кДж энергии. Рассчитайте сопротивление плитки.

III. Итог урока

Каждому члену победившей команды вручается медаль «Знаток электричества».

2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

Обобщающий урок-зачёт

Оборудование: мини-лаборатория* по электродинамике (наборы для сборки электрических цепей, постоянные магниты и электромагниты), карточки с билетами по числу сдающих зачёт.

Подготовка к уроку. За день до урока я принимаю зачёт у двоих ребят, которые на уроке помогают принимать его у остальных. К зачёту готовлю билеты. В каждом три вопроса: теоретический (требуется полный развернутый ответ), практический (требуется показать умение применять теорию на практике), экспериментальный (требуется выполнить небольшую практическую работу). Билеты с вопросами учащиеся тянут.

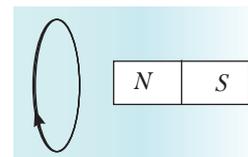
Билет № 1: • Постоянные магниты. Магнитное поле тока • На рисунке показан проводник с током, находящийся в магнитном поле. Изобразите силу Ампера, действующую на этот проводник • Соберите электромагнит и покажите принцип его действия.



Билет № 2: • Действие магнитного поля на движущийся заряд, на проводник с током, на рамку с током • На рисунке изображены притягивающиеся друг к другу магниты. Обозначьте неизвестные полюса магнитов • Продемонстрируйте свойства постоянных магнитов.



Билет № 3: • Электромагнитное поле • Как будет взаимодействовать магнит с проволочным витком с током – притягиваться или отталкиваться? • Определите полюса немаркированного магнита.



Билет № 4: • Электромагниты • В вакууме распространяется электромагнитная волна частотой 100 кГц. Чему равна её длина волны? • Продемонстрируйте действие магнитного поля на ток.

По окончании урока подводим итог, указываем темы, которые слабее освещались на зачёте. Выставляем отметки.

3. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. Обобщающий урок-игра «Восхождение»

Оборудование: набор линз и зеркал, мини-лаборатория по оптике, карточки с заданиями.

Подготовка к уроку. Заготавливаем карточки с заданиями и вопросами, ребята на каждом привале тянут карточку.

Правила игры. Играют две команды. Каждой на каждом привале задают по одному вопросу или заданию. Если команда не может ответить на вопрос

*Я использую мини-лаборатории по механике, оптике, электричеству, термодинамике, которые получила (по 5 коробок по каждой теме) несколько лет назад по президентской программе, когда комплектовали кабинеты физики, биологии и других предметов.

или отвечает неправильно, то отвечает другая команда. За правильный ответ команда получает жетон и поднимается в гору на 100 м. В команде ребята сами решают, кому отдать жетон (отдают тому, кто ближе к правильному ответу). Выигрывает команда, которая первой взойдёт на вершину или поднимется выше другой.

Оформление класса: большой рисунок горы на доске (нанесены отметки по 100 м).

Учитель. Я знаю – где-то есть заветная гора.
Я верю, что придёт прекрасная пора
И, может быть, не раз придётся отступить –
Я должен там когда-то побывать.

Р. Шмаков

Сегодня мы тоже будем покорять гору, то есть совершать восхождение. Каждая команда имеет по человечку, которым она и будет обозначать свои шаги (*объясняет правила игры*). Прошу занять стартовую черту у вершины горы.

Вопросы на карточках: • При каких условиях за непрозрачным телом наблюдается одна тень с чёткими границами? • Луч света падает на зеркальную поверхность под углом 30° и отражается. Каков угол отражения? • Линза даёт изображение Солнца на расстоянии 10 см от своего оптического центра на главной оптической оси. Каково фокусное расстояние линзы? Дайте определение всем понятиям, входящим в текст задачи • Отчего происходят лунные затмения? • Человек, стоящий перед зеркалом, приближается к нему на 20 см. На сколько он приблизился к своему отражению? • Почему, не видя источника света, мы можем видеть предметы, окружающие нас? • В народе говорят: нечего на зеркало пенять, коли рожа крива. Какие особенности имеет изображение предмета в плоском зеркале? • В каких средах испытывает преломление солнечный луч, прежде чем мы его увидим? • Почему фокус у рассеивающей линзы называется мнимым? • Может ли оптическая сила линзы быть 0 дптр? • Что является главной частью оптических приборов: микроскопа, лупы? • Какие виды телескопов вы знаете? • Какие недостатки зрения вы знаете? • Радуга-дуга, перебей дождя... Почему радуга всегда связывается с дождём?

Задания на карточках: • Постройте ход лучей в стеклянной призме • Постройте изображение предмета в плоском зеркале • Постройте изображение предмета в тонких линзах • Определите оптическую силу линзы • Определите фокусное расстояние линзы • Определите вид линзы • Расскажите о строении глаза человека. Что такое близорукость и дальновидность? Что такое аккомодация?

По результатам работы капитан команды выставляет оценки своим игрокам.

4. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. Обобщающий урок-игра «Невероятное путешествие»

Оборудование: карта города.

Учитель. Сегодня мы посетим город Оптику. Это очень важный город на физической карте, так как изучаемые в нём явления очень важны. Давайте закроем глаза на минуту и побудем в полной темноте – и сразу мои слова наполнятся смыслом.

Итак начнём путешествие.

Этап 1. Вход в метро

Чтобы попасть на центральную улицу, воспользуемся метро.

Кассир (делает сообщение «Свет – источник жизни» [4, с. 206]). Каждый, кто отгадает мою загадку, получает входной билет: • Придёт в дом, не выгонишь колом, пора придёт – сам уйдёт. (*Световой луч.*) • Где свету конец? (*В тёмной комнате.*) • Ты от неё – она за тобой, ты к ней – она от тебя. (*Тень.*) • И языка нет, а правду скажет. (*Зеркало.*) • Когда небо ниже земли бывает? (*Когда отражается в воде.*) • Поднялись врата – всему миру красота. (*Радуга.*) • Своих глаз нет, а другим видеть помогают. (*Очки.*)

Этап 2. Конечная станция метро

В ходе изучения темы «Оптические явления» наша исследовательская группа собрала материал по теме «Влияние света на организм животных» [4, с. 304] (план: • Свет – источник жизненно важной информации • Приспособленность животных к условиям окружающей среды ограничена и зависит от... • В режиме «ночь» нарушаются естественные связи и ориентация, активность мушек...), продумала технику и условия постановки опыта, размножила и вырастила дрозофилл, провела наблюдения. Заслушаем результаты.

Этап 3. Парк «Царство света»

Директор парка. Мы – в парке развлечений. Но это не обычный парк, а научный. Помогите закончить начатые практические работы (*выдаёт карточки с чертежами недостроенных изображений в тонкой линзе*): достроить ход лучей, положение предмета, дать характеристику изображения.

Этап 4. Магазин «Оптические приборы»

Хозяин магазина. Помогите, пожалуйста: было открыто окно, и этикетки слетели с приборов (*лупа, телескоп, микроскоп, бинокль, труба Кеплера, очки*). Теперь в витрине моего магазина неразбериха. Разделите приборы на те, при помощи которых мы заглядываем в микромир, и на те, с помощью которых заглядываем в макромир.

Этап 5. Сквер «Здоровый образ жизни»

Смотритель сквера. Каждому посетителю нашего парка выдаём «Памятку для сохранения нормального зрения» и проводим гимнастику для глаз.

Этап 6. Переулоч «Объясни объяснимое и познайся с загадочным»

Экскурсовод. Давайте разделимся на группы. Каждая группа получает пакет с практическим материалом (*описаниями опыта Мариотта, иррадиации, утомления сетчатки, примерами зрительных иллюзий*) и планом действий: рассмотрите предложенный пример, произведите необходимые измерения, наблюдения, опыты; сделайте выводы; попробуйте объяснить наблюдаемый эффект на основе своих знаний о свойствах глаза; проанализируйте результат и подготовьте краткий рассказ о проделанной работе.

(*Подведение итогов игры, выставление отметок.*)

5. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

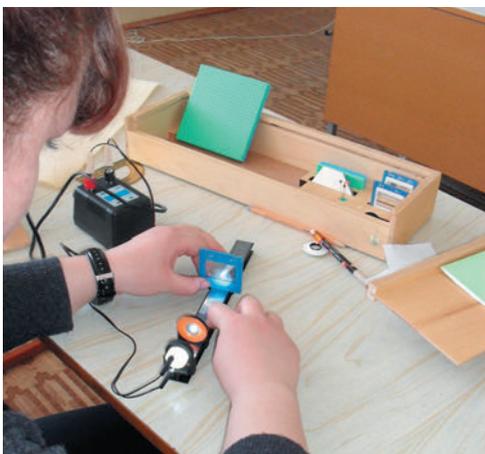
Обобщающий урок-игра «Кто лучше знает и помнит?»

Оборудование: мини-лаборатория по механике, наборы карточек по числу учащихся.

Подготовка к уроку. Заранее готовлю карточки квадратной формы из плотной бумаги в количестве равном удвоенному числу понятий изученной темы. Карточки делю на пары: на одной пишу определение понятия, на другой – его название. На уроке карточки перемешиваю и раскладываю чистой стороной вверх.

Ход урока. Первый игрок «открывает» две любые карточки. Если они парные, то берёт их себе и делает следующий ход. Если они непарные, то переворачивает в исходное положение, а ход передаёт другому. Все стараются запомнить место карточки на столе и её содержание. Игра продолжается до тех пор, пока на столе не останется ни одной карточки. Выигрывает тот, у кого окажется больше пар.

Победителю (победителям) задаю дополнительный вопрос и ставлю оценку.



Девятиклассники выполняют лабораторные работы, пользуясь мини-наборами: по оптике ▲; по электродинамике ►



6. ИТОГОВОЕ ПОВТОРЕНИЕ. Урок-игра

Подготовка к уроку. Готовлю игровое поле с таблицей 3 × 3, карточки со значками «крестик» и «нолик» для закрывания использованных клеток игрового поля, два набора карточек с заданиями.

Этап 1. Игра «Крестики-Нолики»

Делимся на две команды: «Крестики» и «Нолики». Выбираем капитанов. Команды поочередно называют номер клетки, отгадывают мою загадку и, если ответ верный, ставят в клетке значок команды («X» или «0»), если ответ неверный – отвечает другая команда. Выигрывает команда, первой заполнившая вертикаль, горизонталь или диагональ своими значками. Право первого хода надо заработать. Даю карточки: чья команда быстрее и больше найдёт ошибок в тексте, та и начнёт игру: • Сила тока – векторная физическая величина • Оптика – наука о движении тел • Единица давления – ньютон • Закон Кулона: $Q = P \cdot R \cdot t$ • Линза – непрозрачное вещество, ограниченное двумя сферическими поверхностями • Свободно падающее тело, начальная скорость которого горизонтальна, упадёт по прямой.

Итак, первый ход делает команда...: • Гроза застала в поле – садись на землю. Почему? • К дальним сёлам, городам // Кто идёт по проводам? Светлое величество – // Это... • Что такое электрический заряд, электричество, электрический ток? • Золотая птичка вечером в дом влетает – весь дом освещает • Кто изобрёл лампочку? Каково устройство и принцип её действия? • Ты за ней – она от тебя, ты от неё – она за тобой • Что такое тень? Объясните механизм её образования • В лес со мною заберётся – с пути не сойдётся • Объясните принцип действия компаса • Когда небо ниже земли бывает? • Ни жара, ни тепла, ни огня я не имею, а многое прожигая. (*По выполнению заданий подводит итог.*)

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Этап 2. Собери прибор.

Командная игра

Учитель. У меня – два конверта с практическими заданиями. Команды выбирают конверт и приступают к выполнению задания: • соберите простейший электромагнит (даются гвоздь и проволока) • соберите простейший телескоп (даётся мини-лаборатория по оптике). (*По выполнению заданий подводит итог.*)

Этап 3. Узнай формулу.

Командная игра

Учитель. Возьмите карточки с формулами (*подобраны формулы, с которыми у ребят наибольшие за-*

труднения). Узнайте формулы и как можно быстрее впишите в них пропущенные физические величины.

Этап 4. Реши задачу. Конкурс капитанов: кто быстрее решит задачу

• Стрельба из ружья по летающим тарелочкам – один из видов спорта. Но осколки разлетаются на большие площади, их трудно потом собирать. Как быть? (В состав тарелочек можно добавить немного железного порошка – они будут притягиваться к магниту.)

Этап 5. Физическое лото. Командная блиц-игра

(Раздаю командам половину заранее заготовленных карточек: на одних записаны физические величины, на других – формулы для их расчёта. Другую половину оставляю себе. Формулы подбираю такие, с которыми у ребят проблемы. Вытаскиваю из своей стопки по карточке, а дети ищут соответствующую ей половину. Играем быстро, почти не делая пауз.)

Этап 6. АБВГД-ка. Индивидуальный конкурс

(Записываю на доске в два столбика ряд терминов с точками на месте пропущенных букв. Выбираю термины, в которых дети делают наибольшее количество ошибок. По одному участнику из команды выходят и одновременно начинают вписывать пропущенные буквы – кто быстрее. Если результат одинаковый, задаю дополнительный вопрос или прошу дать определение любому термину из списка.)

Этап 7. Найди правильную дорогу. Командная игра

Учитель. Соедините стрелками физическую величину (ФВ), её единицу и обозначение.

ФВ	Единица ФВ	Обозначение
Сила	кг	h
Масса	м/с	D
Скорость	Н	T
Высота	Гц	p
Площадь	кг · (м/с)	t
Период	с	F
Частота	м ²	S
Импульс тела	дптр	I
Сила тока	А	v
Оптическая сила	м	v



Ольга Александровна Новикова – учитель физики первой квалификационной категории, окончила Старицкое педучилище (с красным дипломом, 1998 г.), затем Тверской госуниверситет (2004 г.), педагогический стаж 15 лет. Педагогическое кредо: уча других, мы учимся и сами. Награды: Диплом Союза «Веста» «за большой вклад в дело воспитания творческой личности, развитие у детей любви к искусству и своей Родине» (2011 г.) Дипломы I степени Всероссийского конкурса «Современный урок-2007» (Москва), дистанционного Всероссийского творческого конкурса для педагогов «Век живи, век учи!»-2012 в номинации «Мы можем учиться у тех, кого учим», Диплом III степени I Всероссийского конкурса «Организация учебно-воспитательного процесса, научно-исследовательской, методической и экспериментальной работы в общеобразовательном учреждении» (2007, Москва), Диплом лауреата XIII конкурса «Публицистика-2-12» за конкурсную работу «Нельзя любовью к детям заболеть на время», Грамоты отдела образования Зубцовского района и Министерства образования Тверской области, Благодарность Собрания депутатов Зубцовского района.

Этап 8. Найди лишнее. Командная игра

Учитель. Откройте конверт и вычеркните лишнее: • Физическая величина: объём, сопротивление, масса, внутренняя энергия, мощность, газ, длина, количество теплоты. • Физическое явление: молния, инерция, радуга, градус, нагревание.

Этап 9. «Сказочная» физика». Командная игра

Учитель. Откройте конверты, прочитайте сказочные задачи, вопросы к ним, правильно оформите и грамотно запишите решения на вложенных листочках: • «Санки его точно приросли к большим саням и продолжали нести вихрем. Кай громко закричал – никто его не услышал! Снег валит, санки мчались, ныряя в сугробах, прыгая через изгороди и канавы...» Какой путь пролетел на санях Кай за 15 минут, если скорость была 20 м/с? • «Буратино пытался рассказать про папу Карло, про свои приключения... Всё напрасно! Сыщики подхватили его, галопом оттащили за город и с моста бросили в глубокий грязный пруд, полный лягушек. Золотой ключик выпал из его кармашка и оказался на дне пруда». Найдите силу, с которой золотой ключик, из сказки о Буратино, давит на дно пруда, если объём ключика 5 см³? Плотность золота посмотрите в справочнике.

Подведение итогов

Объявление и награждение победителей. Рефлексия: что сегодня понравилось на уроке? что не понравилось?

По семь обобщающих уроков для 7-го и 8-го классов по той же технологии даны в ЭП к номеру.

Литература

- Громов С.В., Родина Н.А. Физика: учеб. для 9 кл. общеобразоват. учреждений / 2-е изд. М.: Просвещение, 2001.
- Правила поведения во время грозы. URL: <http://lpse.ru/index.php/stati-i-obozreniya/2010-01-27-15-03-35>
- Волков В.А. Поурочные разработки по физике к учебным комплектам С.В. Громова и А.В. Пёрышкина. 9 кл.. М.: ВАКО, 2004, 336 с.
- Дендебер С.В., Зуева Л.В., Иванникова Т.В. и др. Электив, 9 кл. Физика. Химия. Биология. Конструктор элективных курсов: Для организации предпрофильной подготовки учащихся в 9 классе: В 2-х кн. Кн. 1. М.: 5 за знания, 2006. 304 с.

Немного о блоках

Представлены нетрадиционные задачи олимпиадного типа «на блоки» и их решения с осмыслением понятия «уравнения связи» для системы связанных тел.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, динамика системы связанных тел, блоки, систематизация знаний



Ш.Г. ЗИЯДИНОВ

shamilz2@rambler.ru, к. ф. -м. н.,
Бирский филиал БашГУ,
г. Бирск, Респ. Башкортостан

Анализ задач, предложенных в последние годы участникам физических олимпиад всевозможных уровней, ЕГЭ, абитуриентам на подготовительных курсах, учащимся заочных физико-математических школ при вузах страны, а также опубликованных в журналах «Квант» и «Физика» (ИД Первое сентября), методических пособиях, показывает, что интерес к задачам на «блоки» велик. Ведь, казалось бы, всё связанное с блоками – уже история и не должно привлекать особого внимания. Но, по-видимому, задачи «на блоки», особенно нетрадиционные, сами по себе очень «красивые», а методы их решения позволяют систематизировать большой объём знаний и умений и тем самым проверить глубину знаний учащегося по целому разделу физики – механике.

Для начала отметим, что решение задач на блоки в принципе доступно ученику, овладевшему алгоритмами решения задач на кинематику, динамику материальной точки и связанных тел, но кроме всего усвоившему основное уравнение динамики твёрдого тела. Последнее относится к учащимся физико-математических классов с углублённым изучением физики. Что касается учащихся школ и классов, изучающих курс физики на базовом уровне (2–3 часа в неделю), то для решения задач на блоки им придётся осмыслить так называемые «уравнения связи» для системы связанных тел, например, для ускорений тел и сил натяжения связывающей их нити:

$$a_1 = a_2 = a, \quad (1)$$

$$T_1 = T_2 = T. \quad (2)$$

При каких условиях эти равенства справедливы? Если проанализировать множество пособий и задачник, то вырисовывается следующая картина: для выполнения равенства (1) единодушно принимается условие – нерастяжимость нити, что естественно, а вот выполнение равенства (2) объясняется различными причинами. Ряд авторов условием выполнения последнего равенства считают отсутствие сил трения на блоке, невесомость и нерастяжимость нити (например, [1, 2]), невесомость

блока (хотя причину последней связи большинство авторов не поясняет). Некоторые авторы выполнение равенства (2) объясняют 3-м законом Ньютона («по 3-му закону Ньютона силы натяжения нити численно равны...» или «поскольку сила тяги и сила натяжения приложены к разным концам одной и той же верёвки, то они численно равны друг другу» [3]), а большинство авторов вообще не поясняет и принимает это равенство как само собой разумеющееся (например, «натянутая нить действует с одинаковыми силами T на оба тела [4]).

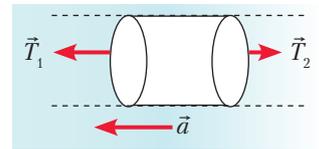
Отметим, что некоторые пояснения условий выполнения равенства (2) при условии невесомости нити и блоков, а также в отсутствие сил трения на блоке даны в [5, 6]. Но вместе с тем встречаются задачи, в которых силы натяжения нити могут быть неравными и при невесомости нити и блоков:

$$T_1 \neq T_2. \quad (3)$$

Необходимо отметить, что в условиях школьных задач на блоки должны быть оговорены нерастяжимость нити, невесомость нити и блоков, отсутствие сил трения в осях блоков. Если эти допущения не приведены, то они предполагаются.

В связи с вышеизложенным попробуем разобраться, при каких же условиях выполняются равенство $T_1 = T_2 = T$ (2) и неравенство $T_1 \neq T_2$ (3).

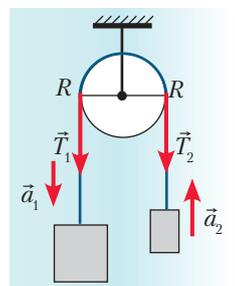
Случай 1. Рассмотрим движение **отрезка нити** массой Δm (см. рисунок). На него с двух сторон действуют силы \vec{T}_1 и \vec{T}_2 . По 2-му закону Ньютона, $\Delta m \vec{a} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$. В проекциях на направление ускорения получим:



$$\Delta m a = T_1 - T_2. \quad (4)$$

Отсюда следует, что, если нить невесома ($\Delta m = 0$), то она движется с конечным ускорением при $T_1 = T_2$.

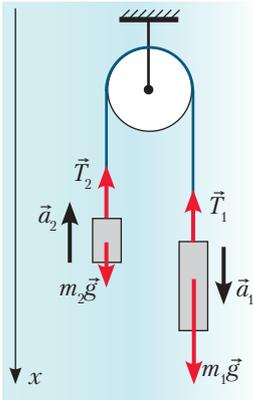
Случай 2. Рассмотрим **вращение блока** вокруг оси O (см. рисунок). Поскольку масса блока пренебрежимо мала, то есть блок не инертен, то для его раскручивания не требуется дополнительного момента сил. Значит, если трение отсутствует в



осях блока (момент сил трения равен нулю), то при вращении блока $T_1 R - T_2 R = 0 \Rightarrow T_1 = T_2$ – силы натяжения нити по обе стороны блока одинаковы.

В качестве приложения приведём краткие решения нескольких типовых и нетрадиционных задач. В условиях этих задач *выделены*, либо *предполагаются допущения о нерастяжимости нити, о невесомости блоков и нити и об отсутствии сил трения*.

Задача № 1 [7, с. 45, № 305]. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг (см. рисунок). С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения шнура во время движения?



Решение. Записываем два векторных уравнения динамики (законы Ньютона) для обоих движущихся тел:

$$m_1 \vec{a}_1 = m_1 \vec{g} + \vec{T}_1,$$

$$m_2 \vec{a}_2 = m_2 \vec{g} + \vec{T}_2.$$

В проекциях на ось x :

$$m_1 a_{1x} = m_1 g - T_1,$$

$$m_2 a_{2x} = m_2 g - T_2$$

или (из-за нерастяжимости нити $a_1 = a_2 = a$):

$$m_1 a = m_1 g - T, \quad (5)$$

$$m_2 a = T - m_2 g. \quad (6)$$

Из уравнений (5) и (6) найдём:

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} = 2 \text{ м/с}^2, \quad T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} = 2,4 \text{ Н.}$$

Отметим, что в тексте задачи условия: **отсутствие сил трения на оси блока, невесомость нити и блока** – не приводятся, но предполагаются.

Задача 2* [1, с. 52, пример 1]. К концам лёгкой нити, перекинутой через блок, укрепленный на динамометре, подвешены два груза массами $m_1 = 0,1$ кг и $m_2 = 0,2$ кг. Определите ускорение грузов относительно Земли, натяжение нити и показание динамометра при условии, что крюк, на котором висит блок с грузами, поднимается на динамометре вертикально с ускорением $a_0 = 2,0 \text{ м/с}^2$ относительно Земли. Массой блока и динамометра пренебречь.

*Оформление решения этой задачи соответствует рекомендациям, приведённым в статье Демидовой М.Ю. «Методические рекомендации по физике: по итогам ЕГЭ-2013» (Физика. ИЖ ПС. 2013. № 12. С. 4–15), а также в пособии Демидовой М.Ю., Грибова В.А. «УГЭ-2014. Физика. Тренировочные экзаменационные задания». (М.: Эксмо, 2013). Подчеркнём, что в данном решении все используемые в нём обозначения введены на рисунке. – Ред.

Решение. Расставим силы, действующие на грузы, блок и нить, при этом направление искомого вектора ускорения грузов зададим условно (в ходе решения может оказаться, что их истинное направление – противоположно).

Запишем 2-й закон Ньютона для грузов и блока в ИСО **Земля** в проекциях на ось x (см. рисунок):

$$\text{груз 1: } m_1 a_{1x} = -m_1 g + T_1, \quad (7)$$

$$\text{груз 2: } m_2 a_{2x} = -m_2 g + T_2, \quad (8)$$

$$\text{блок: } m_{\text{бл}} a_0 = N - T_1^* - T_2^*. \quad (9)$$

Полагая массу нити равной нулю (в условии задачи сказано: «лёгкая нить»), можем записать:

$$T_1^* = T_1; \quad T_2^* = T_2.$$

Поскольку масса блока и трение в его осях пренебрежимо малы** ($m_{\text{бл}} = 0$), то $T_1^* = T_2^* = T$, откуда $T_1 = T_2 = T$. Уравнение (9) принимает вид:

$$N = 2T. \quad (10)$$

Показания динамометра равны по модулю N , по 3-му закону Ньютона.

В рассматриваемой ИСО **Земля** ось блока движется с ускорением a_0 . Вместе с тем, **относительно крюка** грузы движутся с одинаковыми по модулю ускорениями (нить нерастяжима), равными a . Тогда в ИСО **Земля** $a_{1x} = a_0 + a$; $a_{2x} = a_0 - a$, а уравнения (7) и (8) принимают вид:

$$m_1 (a + a_0) = -m_1 g + T, \quad (11)$$

$$m_2 (a - a_0) = m_2 g - T. \quad (12)$$

Найдя из этих уравнений величину a , получим далее выражения для ускорений грузов в ИСО **Земля** и силы натяжения нити:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \cdot (g + a_0);$$

$$a_1 = a_{1x} = \frac{(m_2 - m_1)g + 2m_2 a_0}{m_2 + m_1}$$

$$= (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 + 0,8 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2) / 0,3 \text{ кг} = 6,0 \text{ м/с}^2;$$

$$a_2 = -a_{2x} = \frac{(m_2 - m_1)g - 2m_2 a_0}{m_2 + m_1}$$

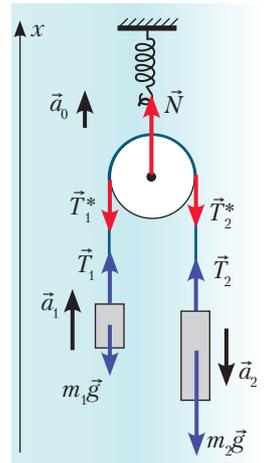
$$= (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 - 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2) / 0,3 \text{ кг} = 2,0 \text{ м/с}^2;$$

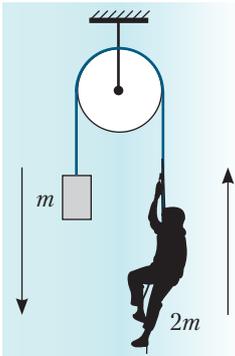
$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_2 + m_1} (g + a_0) = \frac{2}{3} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 12 \text{ м/с}^2 = 1,6 \text{ Н};$$

$$N = 2T = 3,2 \text{ Н.}$$

Ответ. 6,0 м/с²; 2,0 м/с²; 1,6 Н; 3,2 Н.

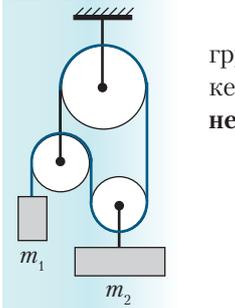
**Это означает, что блок раскручивается (то есть, например, его скорость вращения увеличивается), находясь при этом в равновесии: алгебраическая сумма моментов сил относительно оси вращения равна нулю: $T_1 \cdot R - T \cdot 2R = 0$.





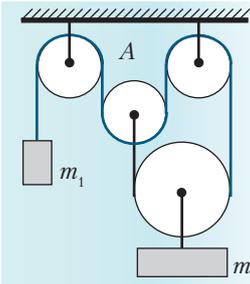
Задача 3* [8]. На одном конце верёвки, переброшенной через невесомый блок, находится груз массой m , а на другом — человек массой $2m$. Человек поднимается вверх с ускорением $a_{\text{отн}} = g$ относительно верёвки. Каково его ускорение относительно земли? **Блок и верёвку считать невесомыми.**

Ответ. $a = 0$.



Задача 4 [9]. Определите ускорения грузов в системе, изображённой на рисунке. **Массами блоков, нити и трением пренебречь.**

Ответ. $a_1 = a_2 = g$.



Задача 5 [10]. Определите ускорения грузов в системе, изображённой на рисунке. **Массами блоков, нити и трением пренебречь.**

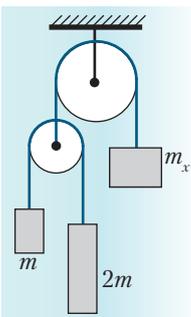
Ответ. $a_1 = a_2 = g$.



Задача 6 [11]. Человек массой 60 кг стоит на балке массой 30 кг, соединённой при помощи верёвки с блоками, как показано на рисунке. Длина балки равна L . Найдите силу, которую человек должен приложить к концу верёвки, чтобы система находилась в равновесии. **Трением в блоках пренебречь.** Ограничьтесь случаем, когда балка горизонтальна, а верёвки вертикальны.

Ответ. $T = \frac{1}{4}(P + Q) \approx 220$ Н,

где P — сила тяжести, действующая на балку, и Q — сила тяжести, действующая на человека.



В некоторых вариантах задач такого типа требуется определить и местоположение человека x . В данном случае $x = 0,2L$.

Задача 7 [12]. При какой величине m_x груз массой $2m$ остаётся в покое?

Ответ. $m_x = 8m$.

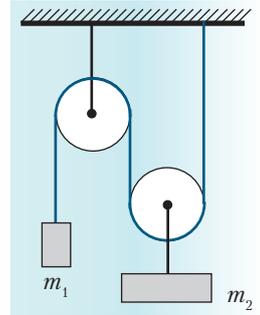
Задача 8 [3, с. 15, № 2.15]. Найдите ускорения a_1 и a_2 масс m_1 и m_2 , а также силу натяжения T нити в системе, изображённой на рисунке. **Массой блоков и нити, а также трением пренебречь.**

Ответ.

$$a_1 = 2 \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g;$$

$$a_2 = - \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g;$$

$$T = - \frac{3m_1 m_2}{4m_1 + m_2} g.$$

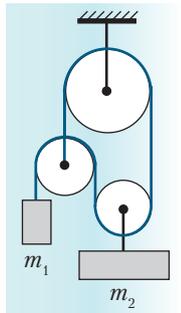


Из полученных формул следует, что:

- при $m_2 = 2m_1$ тела покоятся или движутся равномерно;
- при $m_2 > 2m_1$ второй груз движется вниз по оси x , а первый — вверх против оси x ;
- при $m_2 < 2m_1$, наоборот, первый груз движется вниз по оси x , второй — вверх.

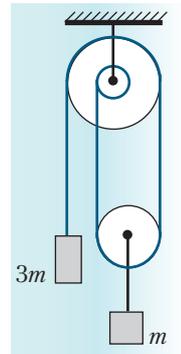
Задача 9 [13]. В системе, показанной на рисунке, отрезки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны. Найдите ускорение груза массой m_2 , подвешенного на нити к лёгкой оси подвижного блока. Масса оси другого подвижного блока m , масса первого груза m_1 . **Трением и массой всех блоков пренебречь. Все нити невесомые и нерастяжимые.**

Ответ. $a_2 = \frac{m_2(m + m_1)}{m(4m_1 + m_2) + m_1 m_2} g$.

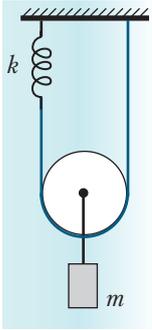


Задача 10 [14]. На оси может вращаться блок, состоящий из двух склеенных дисков радиусами R и $2R$. Длинная нить закреплена одним концом на окружности малого диска и на этот диск намотано несколько витков, а другой конец нити образует петлю, удерживающую нижний блок, диаметр которого подобран так, что все свешивающиеся концы нити вертикальны. К подвижному блоку привязан груз массой m , к свободному концу длинной нити прикреплен груз массой $3m$. Найдите ускорения грузов. **Блоки и нити невесомые, трение в осях отсутствует, движение считать происходящим в плоскости, перпендикулярной осям блоков; по внешней окружности верхнего блока нить не скользит.**

Ответ. $a_1 = (44/49) g \approx 9$ м/с².

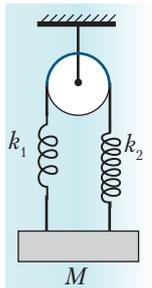


*Решения задач 3–12, предложенные автором статьи, даны в ЭП. — Ред.



Задача 11 [15]. К оси невесомого блока на жёстком стержне подвешен груз. Масса стержня и груза m . Блок подвешен на нити, один конец которой прикреплен к потолку непосредственно, а другой – через **невесомую** пружину жёсткостью k . Груз совершает малые незатухающие колебания вдоль вертикали. Найдите период этих колебаний.

Ответ. $T = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.



Задача 12 [16]. Определите период колебаний однородного бруска массой M , подвешенного с помощью двух пружин жёсткостью k_1 и k_2 ($k_1 > k_2$) и **нерастяжимой** нити, перекинутой через **невесомый** блок.

Ответ. $T = \pi \sqrt{\frac{M(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}$.

Литература

1. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения: Пособие для учителя. М.: Просвещение, 1983. С. 52.
2. Усова А.В., Тулькибаева Н.Н. Практикум по решению физических задач: Пособие для студентов физ.-мат. фак. М.: Просвещение, 2001. С. 79.
3. Гольдфарб Н.И. Физика. Задачник. 9–10 кл.: Пособие для общеобразоват. учеб. заведений. М.: Дрофа, 2000. 170 с.
4. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Керженцев В.В., Мякишев Г.Я. Задачи по физике: Для поступа-

ющих в вузы. СПб.: Специальная литература, 1995. С. 237.

5. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика: Учеб. пособие. Механика. М.: Физматлит, 2000. С. 105.
6. Балашов М.М., Гомова А.И., Долицкий А.Б. и др.; Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для угл. изучения физики / Под ред. Г.Я. Мякишева. М.: Дрофа, 2002. С. 196.
7. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике: 9–11 кл. М.: Просвещение, 2006. 186 с.
8. Коган Б.Ю. Задачи по физике. М.: Просвещение, 1971. 286 с. (С. 20, № 91.)
9. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы. М.: Дрофа, 2000. 672 с. (С. 63, № 2.151.)
10. Всероссийская олимпиада по физике, 1990.
11. Горшковский В. Польские физические олимпиады. М.: Мир, 1982. 256 с. (С. 32, № 1.)
12. Альминдеров В., Егоров А. Международная олимпиада «Интеллектуальный марафон». // Квант. 1992. № 7. С. 66, задача 1. URL: <http://kvant.mccme.ru:8080/1992/07/p66.htm>
13. Семёнов М. Избранные задачи Московской физической олимпиады. // Квант. 1997. № 4. (С. 56, задача 6.) URL: <http://kvant.mccme.ru:8080/pdf/1997/04/56.pdf>
14. Задачник «Кванта» // Квант. 1997. № 2. (С. 22, задача Ф1594.)
15. Белов Д. и др. Варианты вступительных экзаменов 1994 г. МГУ им. М.В. Ломоносова. Физика. Физический факультет. С. 51, задача 3. URL: <http://kvant.mccme.ru:8080/1995/02/p51.htm>
16. Всероссийские олимпиады по физике. / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. М.: Вербум-М, 2002. 392 с. (С. 72, № 11.30.)



Шамиль Габдинурович Зиятдинов – к. ф.-м. н., доцент Бирского филиала Башкирского государственного университета. Отличник образования РБ, Заслуженный работник образования РБ, Почётный работник высшего профессионального образования РФ. Педагогический стаж – 42 года. Окончил БирГПИ в 1972 г., имеет более 300 публикаций. Основные направления научной деятельности: физические основы экологии; экологические проблемы в курсе физики; решение задач повышенной трудности. 15 лет работал учителем физики в лицее при БирГПИ, ученики поступали в ведущие вузы республики, страны, в том числе в МГУ, МФТИ и др., некоторые, окончив аспирантуры этих вузов, стали кандидатами наук. Жена – преподаватель французского языка в вузе; два сына, оба закончили физический факультет МГУ.



ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ МЕТОДОМ РАЗОМКНУТОЙ МОДЕЛИ на примере УМК А. В. Перышкина «Физика. 7 класс»

Физика – одна из немногих дисциплин, в которой сильно выражены причинно-следственные связи. Эта особенность может быть результативно использована в организации системы проблемного обучения. Инструментом построения проблемных заданий в этом случае является намеренное сокращение или разрыв семантической последовательности учебного материала. Такой разрыв ставит учащегося перед необходимостью организовать умственную деятельность и самостоятельно разрешить возникшую проблему, то есть восполнить опущенную область – определить недостающие понятия или связи между понятиями.

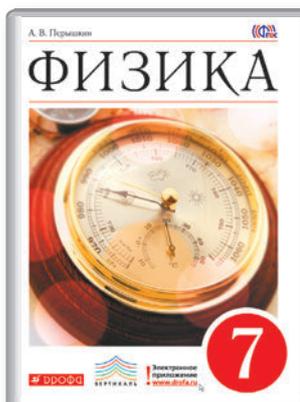
Используя информационную модель внутрипредметных связей¹, материал каждого из параграфов может быть представлен с помощью смысловой структуры, в вершине которой находится изучаемое понятие. Например, в курсе физики для 7-го класса понятие массы вводится А. В. Перышкиным в параграфе «Масса тела. Единица массы». Содержание данного параграфа раскрывает семантику двух понятий и изображается в виде двух смысловых структур, из которых «Масса тела» представлена в **Приложении 1**.

Основу метода смысловых структур составляет структурирование учебного материала (раздела, темы, входящего в тему понятия) с последующим представлением структуры в виде графа и расчет содержащейся в нем информации. Метод смысловых структур позволяет оценить объем информации, переносимой внутрипредметной связью в структуре внутрипредметного содержания. В основании структуры размещаются наиболее простые понятия или те, которые были сформулированы в предыдущих параграфах.

Если построение структуры отражает содержание учебного материала и выполняется преподавателем независимо от учащихся, то выделение таких информационных звеньев структуры, которые намеренно разрываются для формирования учебных проблем, должно опираться на восприятие данного материала конкретными учащимися.

Мы предлагаем метод разомкнутой модели, суть которого сводится к выполнению комплекса заданий, каждое из которых обладает информацией с разомкнутым звеном.

Перед изучением темы учащимся выдаются дидактические материалы с комплексным самостоятельным заданием, целью которого является выделение мест в учебном материале темы, которые вызвали у учащихся вопросы и сложности при самостоятельной работе². Именно эти фрагменты материала следует изучать в виде проблемы.



Комплексное задание включает:

1) Выполнение опыта в домашних условиях.

2) Написание конспекта по плану-вопроснику, где каждый вопрос имеет ссылки на список литературы до пяти наименований. Если в параграфе рассматривается фундаментальное понятие, то вопросы отражают семантические состояния понятия³. Например, при формировании понятия массы тела А. В. Перышкин вводит два его семантических состояния, сформулированные в вопросах плана (см. **Приложение 2**).

3) Ответы на вопросы и решение задач. Выполнение этой части самостоятельного задания возможно осуществить, если выполнены предыдущие два задания.

Метод разомкнутой модели предполагает поэтапное проведение урока в классе с интерактивной доской. Это значительно облегчает работу учителя, но не означает, что урок нельзя проводить без нее.

Смысловая структура содержания рассматриваемого материала раздается учащимся в начале урока и одновременно появляется на интерактивной доске (в данный момент все ее ячейки пусты). Затем, на первом этапе, учитель в виде опроса осуществляет I уровень контроля самостоятельной деятельности учащихся, выясняя спектр вопросов, возникших у них при выполнении самостоятельного задания, что позволяет ему установить наиболее сложные фрагменты материала.

На следующем этапе начинается лекция по смысловой структуре, ячейки которой на интерактивной доске заполнены, кроме выявленных учителем на первом этапе сложных звеньев информации. Учащиеся заполняют свои структуры в ходе обсуждения. В тех местах, где информация разомкнулась, ее восполнение реализуется учащимися как решение проблемы, сформулированной учителем. Глубина проблемы регулируется путем изменения разрыва в структуре поиска решения. Следует отметить, что возможности интерактивной доски позволяют разделить ее на секторы. В левом секторе осуществляется видеосопровождение всех опытов, к которым апеллирует учитель по ходу объяснения.

На последнем этапе во время решения задач с помощью смысловых структур осуществляется II уровень контроля и коррекции знаний учащихся.

*Е. Н. Долгих, к. п. н.,
методист по физике и дистанционному обучению
издательства «ДРОФА»*

Издательство «ДРОФА»

127018, Москва, Сущевский Вал, д. 49, стр. 1
Тел.: 8-800-2000-550 (звонки по России бесплатные),
(495) 795-05-50, 795-05-51
Факс: (495) 795-05-52
E-mail: sales@drofa.ru

www.drofa.ru

¹ См.: Гнищецкая Т. Н. Информационные модели внутри- и межпредметных связей как основа технологии обучения физике: Дисс. на соиск. уч. ст. доктора пед. наук. – Владивосток, 2006. – 321 с.

² См.: Гнищецкая Т. Н. Модульный подход к проектированию педагогических технологий // Физика в школе, 2005, № 4. – 31–36.

³ См.: Иванова Е. Б. Проектирование содержания курса физики 7–9 классов на основе информационной модели межпредметных связей: Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. кандидата пед. наук. – Владивосток, 2007. – 24 с.

Приложение 1

Смысловая структура понятия массы тела

(по учебнику А. В. Перышкина «Физика. 7 класс»)



Вывод 1. Чем меньше скорость тела после его взаимодействия с другим телом, тем больше его масса.

Вывод 2. Вывод о зависимости скорости тела от его массы.

Вывод по опыту 2 § 19. Если после взаимодействия скорости изначально покоившихся тел одинаковы, то их массы равны.

Приложение 2

Комплексное самостоятельное задание по теме «Масса тела. Единица массы»

1) Выполните опыт.

Возьмите два тела (шарики, бруски) разной массы, приведите эти тела во взаимодействие. Объясните, что произойдет со скоростями этих тел после взаимодействия.

2) Напишите краткий конспект по вопросам плана.

Вопросы для теоретической подготовки к уроку	Ссылки
Почему масса является физической величиной?	[1] – § 20; [2] – с. 8; [5] – с. 43
Масса как мера инертности	[1] – § 20; [3] – § 5; [4] – § 12
Единицы массы	[1] – § 20

3) Ответьте на вопросы и решите задачу.

- Что массивнее – пуд ваты или пуд железа? Объясните почему.

- В каком случае лодочнику легче сесть в лодку – когда она пустая или когда в ней сидят люди? Объясните почему.
- Изменится ли скорость движения Земли при столкновении с астероидом, масса которого во много раз меньше массы Земли? Заполните недостающий элемент структуры.



Рекомендованная учебная литература

[1] Перышкин А. В. Физика. 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 2-е изд., стереотип. – М.: ДРОФА, 2013. – 221 с.

Дополнительная учебная литература

[2] Гальперштейн Л. Я. Занимательная физика. – М.: Росмэн, 1998. – 120 с.

[3] Кабардин О. Ф. Физика: справочные материалы: учеб. пособие для учащихся. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 1991. – 367 с.

[4] Ландсберг Г. С. Элементарный учебник физики. Т. 1. – М.: Наука, 1969. – 298 с.

[5] Буров В. А. и др. Фронтальные экспериментальные задания по физике. – М.: Просвещение, 1981. – 243 с.

Звёздное небо в апреле

Описано звёздное небо, даны звёздные карты в зените, южной и северной частях горизонта, фазы Луны, планеты, метеорные потоки. Приведено изображение созвездий Большой и Малой Медведиц с извивающимся между ними Драконом (1550 г.), а также астрофотография планетарной туманности Сова и рисунок этой туманности, сделанный лордом Россом в 1848 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, туманность Сова, лорд Росс, спектры излучения и планетарных и газовых туманностей, небулий

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

1 апреля 2014 г. – 2 456 748-й, а 30 апреля – 2 456 777-й юлианский день. Солнце в Москве заходит в эти дни соответственно в 20^ч 08^м и 21^ч 08^м по московскому времени. В самых северных районах, за Полярным кругом, наступают белые ночи, граница которых спускается всё южнее и южнее, в конце месяца она уже будет проходить по 60-й параллели. Солнце в апреле движется по созвездию Рыб и 18 апреля переходит в созвездие Овна. 19 апреля Солнце переходит из зодиакального знака Овна в знак Тельца.

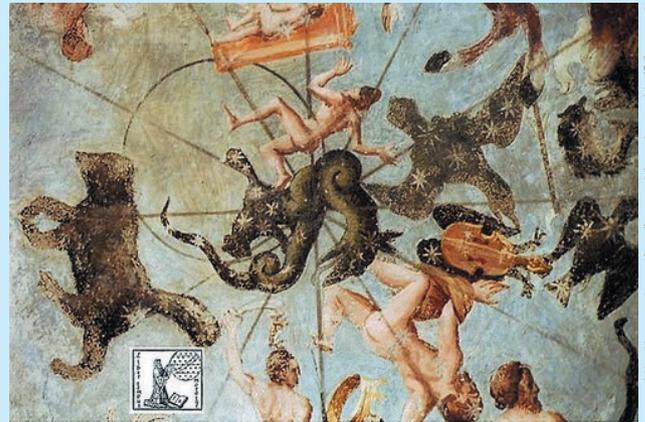
Среди религиозных праздников, приуроченных к астрономическим явлениям, отметим Пасху, которая празднуется в первое воскресенье после первого весеннего полнолуния, которое следует за первым новолунием после дня весеннего равноденствия. День весеннего равноденствия наступил в этом году 20 марта, первое новолуние после него – 30 марта, а первое весеннее полнолуние – 15 апреля, так что в следующее воскресенье, 20 апреля, как раз и наступает христианский православный праздник Пасха.

Выйдя на улицу, первым делом попытайтесь найти небесный меридиан. Для этого вначале найдите точку зенита (прямо над головой). Когда вы спокойно стоите, то ваша макушка как раз смотрит в зенит. Вблизи зенита вы обязательно увидите созвездие Большой Медведицы – семь ярких звёзд образуют знакомый узор её части – Ковша. В этом довольно большом созвездии находится ещё много более слабых звёзд, а почти в зените – две сравнительно яркие звезды – μ и ϕ .

По направлению, указываемому звёздами β и α Большой Медведицы, находим Полярную звезду и созвездие Малой Медведицы. Здесь ошибиться трудно, так как в этой области неба яркая (2^m) звезда всего одна. Линия, проходящая через точку зенита и Полярную звезду, и является небесным меридианом. Проведите её мысленно по всему небосводу до пересечения с линией горизонта в точках севера и юга.

Рядом со средней звездой ζ (Мицар) в хвосте Большой Медведицы (её ещё называют *Конём*) можно при хороших условиях различить слабенькую (5^m) звёздочку, затмеваемую

Звёздные карты и описания звёздного неба даются примерно на 21^ч 15 апреля в Москве.



Созвездия Большой и Малой Медведиц с извивающимся между ними Драконом. Неизвестный автор, роспись купола палатки Беста в Теглио, около 1550 г.

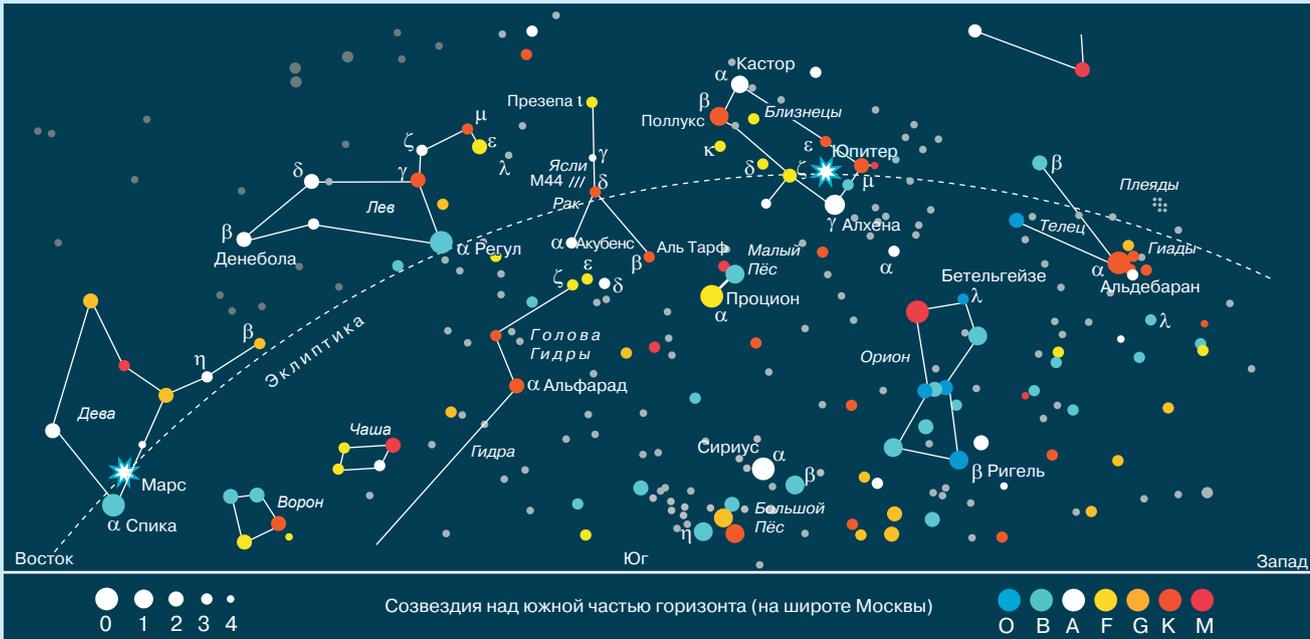
своей соседкой – *Алькором* (*Всадником*). По этой замечательной двойной звезде можно проверить остроту зрения. Обычно человек видит неодинаково одним и другим глазом, поэтому нередко одним глазом различает всадника, а другим – нет. Расстояние между этими звёздами около 12', то есть почти треть диаметра Луны.

Одно из древнейших упоминаний об Алькоре относится к X в., когда знаменитый персидский астроном Абдаль Рахман аль-Суфи писал: «Над звездой Аль-анак (*Мицар*) есть маленькая звезда совсем рядом с ней, которую арабы называют Аль-Суга (*забытая*), а на некоторых других наречиях – аль Сайдак (*надёжная*). Так как у арабов эта звезда служила для определения остроты зрения, то у них в ходу была пословица: “Я ему показал Аль-Суга, а он мне показывает на полную Луну”». Повидимому, эта пословица соответствует нашей – о соринке в глазу и бревне.

Если вы различили Мицар и Алькор, то зрение у вас хорошее, и в своё время древние персы взяли бы вас в свою победоносную армию. Если посмотреть на эту пару в телескоп, то можно увидеть, что Мицар – двойная звезда (Мицар А и Мицар В). Тонкие спектральные наблюдения показали двойствен-

С 24 февраля по 2 марта 2014 г. – Масленица. А наши предки праздновали её с 14 до 27 марта и называли Комоедницей. Это один из четырёх великих солнечных праздников древних славян-язычников, прощание с Зимой и сжигание чучела Марены (Зимы), торжественная встреча Весны и начала древнеславянского Нового года.

<http://www.pravda-tv.ru/2012/03/20/13485>

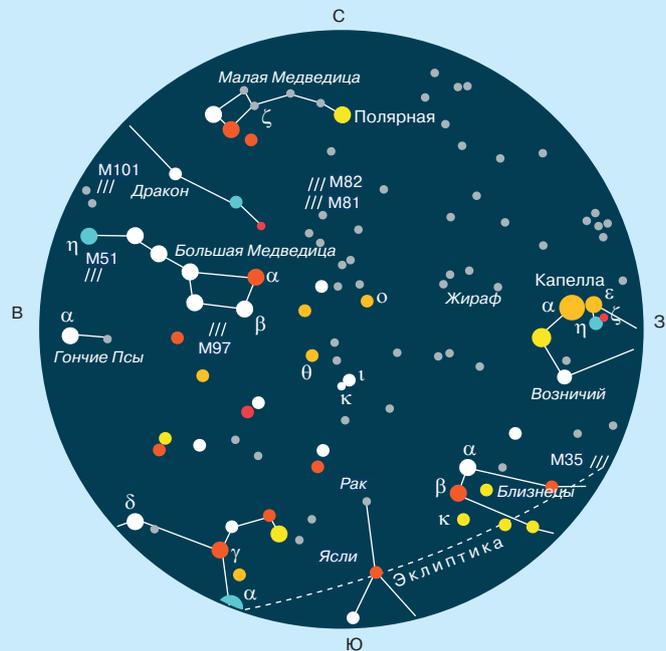


ность Мицара А. Период обращения этой звезды вокруг другой в этой паре составляет 20 с небольшим суток.

С Большой Медведицей связано много легенд и сказаний у разных народов. Так, китайцы называли это созвездие Пе-Теу – *хлебной мерой* (мера – звезды четырёхугольника, три остальные служат ей ручкой – пеу). Положение её, меняющееся в течение ночи и от месяца к месяцу, связывалось со временем года. «Когда вечером хвост её обращён к востоку, – писал китайский ученый Го Хуанцзе в IV в. до н. э., – то на свете бывает весна, когда он обращён на полдень – стоит лето; когда направлен на запад, бывает осень, а когда смотрит на север, то стоит зима.» Обратите внимание, куда направлен хвост Большой Медведицы сегодня вечером, и убедитесь в мудрости древнекитайского астронома. Кроме того среди астрономов семь звёзд Ко в ша носят название Бэйдоу (*северный ковш*). В древние времена ручка Ко в ша указывала почти на полюс, что использовалось китайцами для отсчёта времени. Китайцы также называли Большую Медведицу *Тиче* (*царская колесница*).

Древние греки называли Большую Медведицу *Геликой*, а Малую – *Киносурой*. У Арата в «Явлениях», учебнике астрономии IV в. до н. э., можно найти следующее описание этих созвездий [2]:

Ось неустанно хранят и справа, и слева Критянки.
 Греки их «Аркты» зовут, «Медведицы» – мы называем Или «Возы», ибо их очертанья с повозкою сходны – Три на оглобле звезды и четыре в колёсах мерцают.
 Если же облик им дашь медведиц, увидишь, как блещут Очи зверей; у одной голова над косматой спиною Светит другой, и морды склонив по-звериному книзу, Двигаются вместе они, влекомые сводом небесным.
 Если преданья не лгут, вам родина – Критские земли.
 Звёздным сиянием вас облёк повелитель Олимпа, Спутницам преданным дар воздав за то, что когда-то Верно его колыбель охраняли, покуда Диктейской Слуги богини – народ Корибантов – десницею лживой Били в кимвальную медь, испуганной матери хитрость Пряча, чтоб мальчика плач не коснулся отцовского слуха.
 Так, владыку богов возрастив, Киносуря с Геликой,



Вы засияли с небес. Гелика богаче огнями,
 Грекам дорогу даёт, Киносуря ведёт финикийцев.
 Свет изливает вокруг Гелика. И в час, когда солнце Скроет пылающий лик в океан, ни одной не заблещет Небо звездой, пока светочей семь не затеплит Критянка.
 Но Киносуря верней морякам, бороздящим просторы,
 Так как вращается близ надёжной оси неизменно,
 И никогда её вид не обманет сидонское судно.

Сейчас самое удобное время для наблюдений объектов, расположенных в этом созвездии. Уже в школьный телескоп почти точно в зените можно различить спиральную галактику M81, блеск которой 7,9^m а диаметр около 16'. На хороших фотографиях она выглядит галактикой со сравнительно плотно закрученными спиральями. В противовес ей

Продолжение см. на с. 34

Цветная Вселенная



Кратко изложены методы изучения структуры солнечной атмосферы с помощью спектроскопии

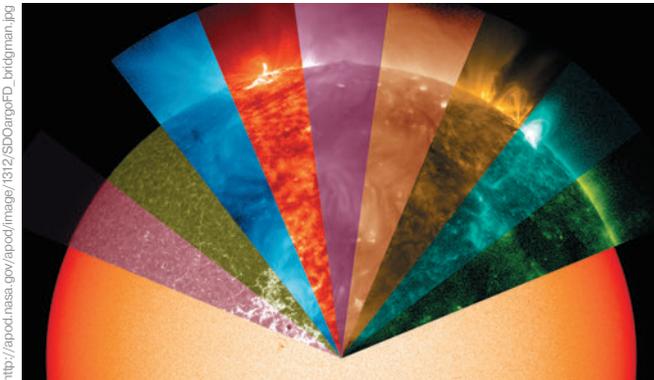
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спектральный анализ, Солнце, фотосфера, хромосфера, спектр, линии поглощения, оптическая толщина

Продолжение. См. № 1, 2/2014

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

3. Солнечная радуга. Что происходит на Солнце? Какие процессы и явления в его атмосфере оказывают непосредственно влияние на Землю? Какова природа нашего дневного светила? Ответы ищут на десятках наземных и космических обсерваторий.

На комбинированном астрофото приведены изображения Солнца в 10 участках спектра, полученные космической *Solar Dynamic Observatory* (см. также видеоролик NASA | *JewelBoxSun* с музыкальным сопровождением https://www.youtube.com/watch?v=kS57VH3QN1g&feature=player_detailpage). Жёлто-оранжевое Солнце – то, каким мы его видим. Телескопы помогают не только как бы приблизить к нам далёкие объекты (мы видим на них больше деталей), но ещё и собрать больше света (мы видим объекты, которые невооружённым глазом никто и никогда не видел).

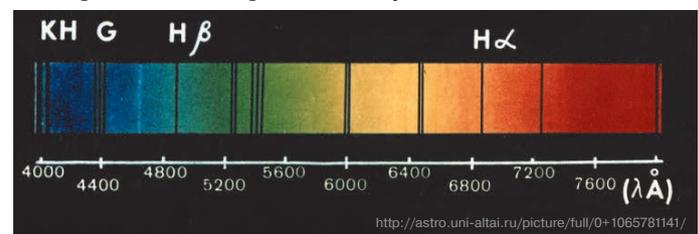


Пропустим поток лучей от Солнца через синее или красное стёклышко – светофильтр, и получим вид Солнца в коротко- и длинноволновой частях видимого спектра соответственно. В синих лучах более чётко выражены солнечные пятна, а в красных лучах не столь резко падает к краю яркость.

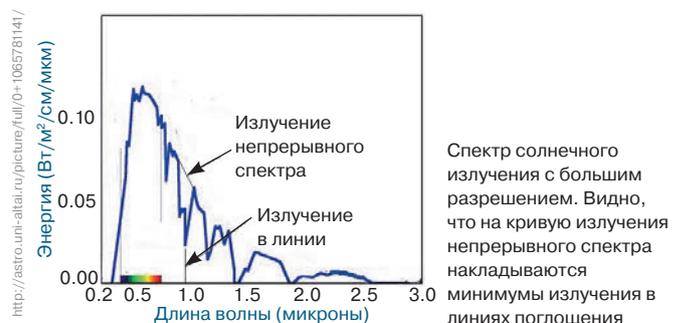
Но есть такие излучения, которые мы не видим, например, инфракрасное. Оно было открыто в 1800 г. Вильямом Гершелем. Пытаясь уменьшить нагревание инструмента при астронаблюдениях, он измерил температуру в разных участках видимого спектра и обнаружил, что при перемещении термометра вдоль всего

видимого спектра он показывал максимальную температуру, будучи смещённым за красную часть спектра. Учёный понял, что прибор нагревало какое-то невидимое невооружённому глазу излучение. Так как оно располагалось за красной частью видимого спектра, его и назвали *инфракрасным*.

Ниже приведён видимый участок солнечного спектра с непрерывным переходом от синего к красному цвету, на котором видны тёмные линии – линии поглощения. Внизу указана шкала длин волн в ангстремах ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$). На первый взгляд кажется, что линии поглощения – чёрные, но на самом деле они тоже цветные, как и соседние участки спектра, только энергии в этих участках меньше.



На следующем рисунке видно, что даже в центре линии поглощения интенсивность солнечного излучения не равна нулю, но чем «глубже линия», тем она меньше. Так, излучение внутри линий H и K имеет синий цвет, внутри линии H $_{\alpha}$ – красный.



Чтобы выделить участок внутри линии поглощения, раньше использовали весьма громоздкие приборы – спектрогелиоскопы и спектрогелиографы [1, с. 47], теперь же используют более компактные, но и значительно более дорогие интерференционно-поляризационные фильтры (ИПФ), изобретённые в 1933 г. Б. Лио (Франция) и независимо от него в 1934 г.



Солнечный протуберанец и его сечения на разных высотах ▶

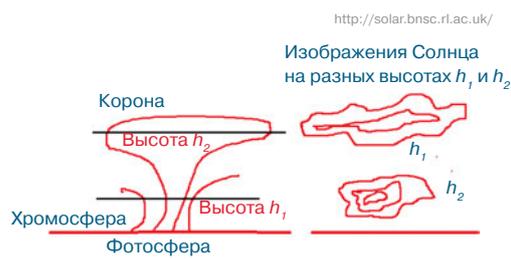
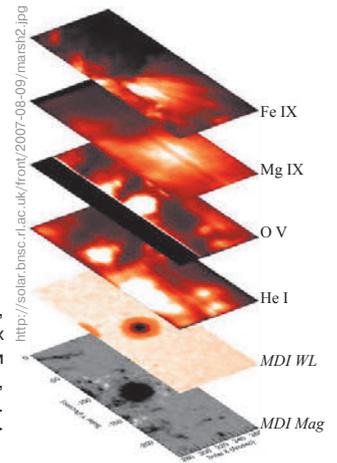


Схема структурирования атмосферы Солнца с помощью фиксации изображений в разных длинах волн, соответствующих излучению в центрах линий поглощения разных элементов (указаны справа). Два нижних изображения получены на инструменте *MDI* (измеритель доплеровского смещения) с использованием специальной методики, позволяющей получать изображения фотосферы (*MDI WL*), а также областей Солнца с определённой напряжённостью магнитного поля (*MDI Mag*). Использовалась линия никеля солнечного спектра $\lambda = 6768 \text{ \AA}$ ▶



И. Эманом (Швеция) [2, с. 119]. Они позволяют выделять полосы пропускания шириной до $0,1\text{--}0,2 \text{ \AA}$ в поле зрения $3\text{--}4^\circ$, при этом менять длину волны пропускаемого спектра, сужать/расширять полосу пропускания, выводить её за пределы линии.

Пусть мы смогли выделить два узких участка внутри двух линий поглощения. Будут ли отличаться изображения Солнца, полученные через такие светофильтры? Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним, как образуется линия поглощения в атмосфере нашего Солнца или любой другой звезды.

Из фотосферы Солнца исходит непрерывное излучение. Рассмотрим вылетающие солнечные кванты 1–6. Кванты 2 и 6 рассеиваются в атмосфере Солнца, скажем, на атомах водорода, то есть выбывают из потока, квант 1 испытывает три акта рассеяния, но остаётся в потоке, как и кванты 3–5. Итог: треть потока «поглотилась» в атмосфере, а в спектре возникли линии H_α (в результате перехода атома водорода E_{23}) и H_β (переход E_{24}). Поскольку поглощающие атомы движутся со всевозможными скоростями, определяемыми распределением Максвелла, и по различным направлениям, форма линии поглощения получается колоколообразной.

Можно показать (см. полный текст статьи в ЭП), что изображения в разных линиях солнечного спектра отражают его структуру на разных высотах в атмосфере. Другими словами, различные длины волн передают сведения о различных компонентах солнечной фотосферы и атмосферы, что позволяет построить пространственную структуру внешних слоёв Солнца, рис. 6.

Жёлтое излучение с длиной волны $\lambda = 5800 \text{ \AA}$, например, приходит к нам от слоя, который называется фотосферой, его температура около 5700°C . Это

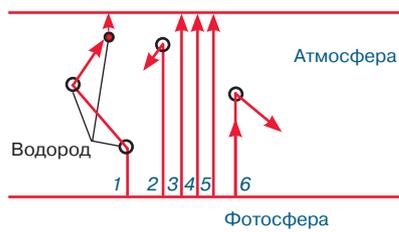
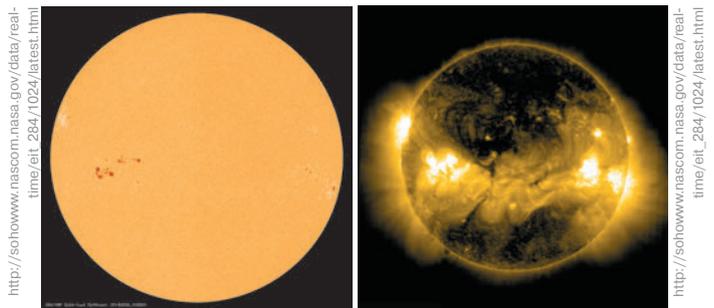


Схема образования линии поглощения водорода в атмосфере звезды

как раз та поверхность Солнца, которая видна нам невооружённым глазом. Излучение в ультрафиолете с $\lambda = 94 \text{ \AA}$, которое обычно окрашивают зелёным на изображениях, полученном аппаратом SDO, исходит из атомов, которые находятся в среде с температурой около $6\,300\,000 \text{ K}$ – в высоком слое солнечной короны, где происходит движение вещества солнечных вспышек. Именно это вещество, достигая Земли, нарушает нормальную деятельность геомагнитного поля, а это приводит к различным неблагоприятным последствиям, например, к увеличению числа заболеваний сердечно-сосудистой системы.

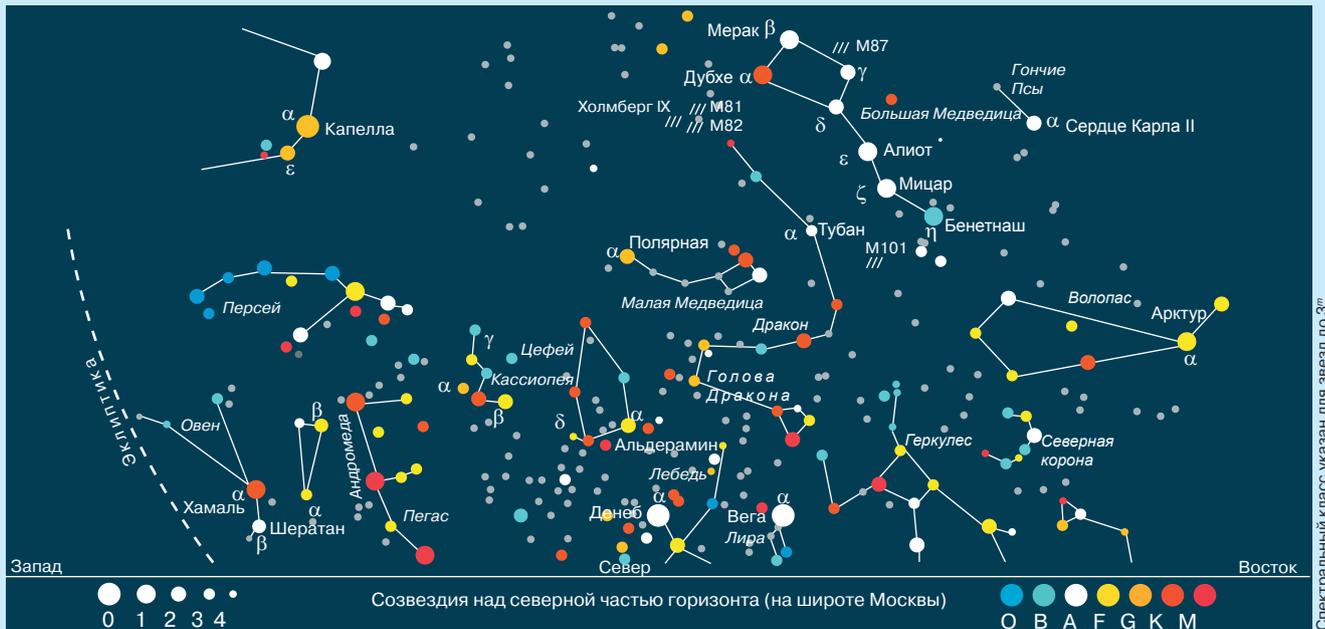
Ниже приведены два изображения Солнца в видимых (слева) и УФ-лучах ($\lambda = 195 \text{ \AA}$), выполненные 8 и 9 января 2014 г. аппаратом SOHO, через три дня после того, как произошла вспышка. Заметна структура атмосферы Солнца над активными областями (пятнами).

Изучая изображения Солнца в различных длинах волн, учёные следят за перемещениями частиц и тепла в его атмосфере, и далее в межпланетном пространстве, а затем пытаются понять, как происходит их взаимодействие с Землёй.



Литература

1. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики. М.: Наука, 1988.
2. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики. М.: Наука, 1977.
3. Интерференционно-поляризационный светофильтр. URL: <http://omop.su/2001/02/30834.php>



Продолжение. Начало см. на с. 30

спиральная галактика M101, расположенная в направлении линии, соединяющей Алиот (ϵ) и Мицар (ζ) на расстоянии, примерно равном расстоянию между двумя этими звёздами, имеет хорошо выраженные раскрученные спиральные рукава. Эта галактика слабее ($9,6^m$) и для её нахождения потребуются больше усилий и терпения. Рядом со звездой η , но уже в созвездии Гончих Псов расположена знаменитая спиральная галактика M 51 – Водоворот (около 8^m).

Особо хотелось бы отметить знаменитую планетарную туманность Сову (M97). Наблюдая эту туманность в свой гигантский телескоп в 1848 г., известный астроном XIX в. лорд Росс увидел и зарисовал её – получилось очень похоже на сову. В школьный телескоп можно едва заметить туманное пятнышко 12^m , расположенное рядом с Мераксом (β). Расстояние до этой туманности около 2600 св. лет, поэтому блеск центральной звёздочки – белого карлика – составляет всего $14,3^m$. Её можно разглядеть только в более крупный телескоп. Оказалось что это очень горячий белый карлик, температура его поверхности около 55 000 К. Представленный снимок составлен из изображений туманности, полученных через узкие светофильтры, пропускающие излучение только в спектральных линиях ионизированной серы S II, линии водорода H_α и запрещённой линии дважды ионизованного кислорода O III. Рядом показан рисунок этой туман-

ности, полученный в 1848 г. при визуальных наблюдениях лорда Росса.

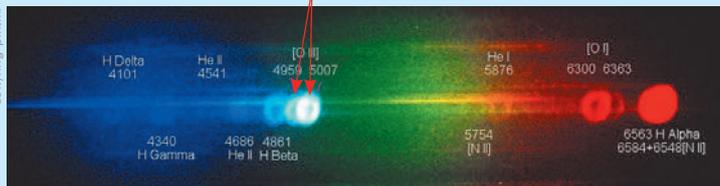
Необычна история, связанная с объяснением спектра излучения этой и других планетарных и газовых туманностей. Специфической особенностью планетарных туманностей является их зеленоватый цвет, обусловленный излучением газов туманности в двух узких зелёных спектральных линиях. Именно излучение в этих линиях забивает свет от линий излучения в других цветовых диапазонах. Эти две зелёные линии были обнаружены в туманностях уже в конце XIX в. Тогда же попытались и определить химический элемент, ответственный за это излучение. Дело в том, что центральная горячая звезда излучает в основном свет в УФ-диапазоне, не доступный наблюдениям с Земли. Специфической особенностью УФ-излучения является его способность ионизовать и нагревать до температуры около 10 000 К всё вещество в газовой оболочке планетарной туманности. Газ очень разрежен, поэтому ионизованные атомы и свободные электроны проносятся друг мимо друга, практически не сталкиваясь. В тех редких случаях, когда ион захватывает электрон, он излучает в спектральных линиях, характерных для этого атома. Так, в спектрах планетарных туманностей хорошо видны линии, связанные с атомами водорода, – серия Бальмера. Астрономам оставалось только сравнить наблюдаемые в туманности спектральные линии с теми, которые дают разреженные газы известных элементов в лабораторных условиях.



Слева – планетарная туманность Сова, как она видна в современный телескоп при использовании нескольких узкополосных фильтров с экспозицией почти сутки; в середине – рисунок туманности Совы, сделанный лордом Россом в 1848 г.; справа – птица сова

Запрещённые линии дважды ионизованного кислорода [O III]

http://stars.astro.illinois.edu/sow/ring-p.html



Спектр планетарной туманности, полученный с помощью бесщелевого спектрографа, показывает отсутствие непрерывного спектра (радуги) и наличие разнесённых монохроматических изображений туманности в длинах волн соответствующих химических элементов. Самые яркие изображения – в небулярных линиях дважды ионизованного кислорода [O III] 4959 Å и 5007 Å

Вплоть до конца 20-х гг. ни один известный к тому времени химический элемент не показывал излучения в двух зелёных спектральных линиях. Многие поэтому предположили, что в планетарных и газовых туманностях имеется не известный на Земле химический элемент, присущий только туманностям, он получил название *небулий* (от лат. *nebula* – туманность). Правда к этому времени уже были открыты все химические элементы таблицы Менделеева и для небулия в ней не оставалось места. Тогда пришлось более тщательно подойти к анализу условий в туманностях. В конце концов выяснилось, что небулярные зелёные линии в туманностях излучает обычный дважды ионизованный кислород – атом кислорода, у которого оторвано два внешних электрона. На земле в лабораторных условиях появление этих линий было «запрещено» из-за высокой плотности газов в лабораторных установках. Именно по этой причине небулярные линии иногда называют запрещёнными линиями. Астрономам трудно верилось, что в таких грандиозных по космическим масштабам явлениях, как планетарные туманности, газ столь разрежен. В лабораторных условиях плотность вещества высокая, столкновения между атомами и электронами сравнительно частые, поэтому захваченный атомом электрон не успевает перескочить с высокого уровня на более низкий и излучить «запрещённый» квант света, атом же, сталкиваясь с другим атомом или электроном, отдаёт им избыток своей энергии без излучения. Так была разгадана загадка небулия, но в напоминание об этом эти две зелёные линии в спектрах планетарных туманностей сохранили название небулярных линий.

Вблизи зенита к югу хорошо видны зодиакальные созвездия Близнецов, Рака и Льва. На юго-западе виден Телец, под ним – Орион и у самого горизонта – Сириус. На юго-востоке поднимается Дева, а перед ней западнее – созвездие Льва. Там сейчас находится Марс, в Близнецах – Юпитер, в Тельце – Венера. На северо-востоке поднимается Геркулес, Северная Корона и Волопас. В нижней кульминации видны половина созвездия Лебедя, созвездия Цefeя и Кассиопеи (они поднимутся выше только под утро).

ПЛАНЕТЫ [1]

Меркурий движется вблизи Солнца, 26 апреля происходит верхнее соединение планеты, поэтому её в этом месяце наблюдать нельзя.

Венера (–4,2^m) движется по созвездию Тельца, её можно наблюдать почти час перед восходом Солнца.

Марс движется попятно по созвездию Девы, 9 апреля происходит противостояние, а 14 апреля – сближение с Землёй на расстояние около 0,618 а. е. = 92,7 млн км (блеск до –1,5^m). Марс виден всю ночь.

Юпитер (–2^m) движется по созвездию Близнецов, виден с вечера до часа ночи. Угловой диаметр около 35", и в небольшой телескоп можно рассмотреть зонную структуру атмосферы, Большое красное пятно и Галилеевы спутники.

Сатурн (0,2^m) движется попятно по созвездию Весов, виден всю ночь, хорошо видно кольцо планеты.

Уран вступает в соединение с Солнцем 2 апреля, поэтому наблюдать его нельзя.

Нептун движется по созвездию Водолея, из-за близости к Солнцу его в этом месяце наблюдать нельзя.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Виргиниды (по лат. названию созвездия Девы – *Virgo*) активны с 26 марта по 17 апреля, максимум активности 11 февраля (до 6 мет./ч). Наблюдаются медленные яркие метеоры и болиды. Радиант расположен западнее Спики (α Девы). Лучше наблюдать вблизи, после полуночи.

α Виргиниды – активны весь апрель с максимумом 11 апреля (до 7 мет./ч). Метеоры резко очерчены, жёлто-оранжевые, медленные, без следов. Радиант находится восточнее Спики, лучше наблюдать после полуночи.

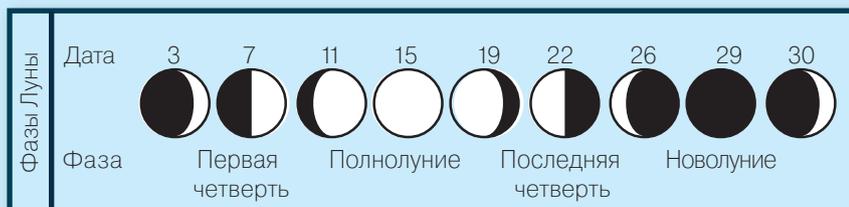
Аквилиды (по лат. названию созвездия Орла – *Aquila*) активны с 19 по 23 апреля, без отчётливого максимума, наблюдаются до 5 мет./ч. Это хорошо заметный поток, связанный с кометой 1844 II. Наблюдается после полуночи.

Сagиттиды-1 (по лат. названию созвездия Стрелы – *Sagitta*), активны с 19 по 23 апреля, без отчётливого максимума.

Литература

1. Шевченко М.Ю., Угольников О.С. Школьный астрономический календарь на 2012/2013 учебный год. Вып. 64: пособие для любителей астрономии. М.: СкайГрупп, 2012.

2. Небо, наука, поэзия. Античные авторы о небесных светилах, об их именах, восходах, заходах и приметах погоды / Под ред. Н.А. Фёдорова и П.В. Щеглова. – М.: Изд-во МГУ, 1992.



«ЕГЭ» по-американски

(Правильный ответ отмечен красным.)

78. При взвешивании на вас действуют две основные силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила нормальной реакции \vec{N} . Если вы начнёте приподниматься на носках и опуститься, то показания весов будут изменяться. Значит, ваш вес – это:

- A) действующая на вас сила тяжести $m\vec{g}$;
B) сила, с которой вы давите на площадку весов;
 C) обе силы – и $m\vec{g}$, и \vec{N} ;
 D) ни одна из этих сил.

Верный ответ B. Действующая на вас сила тяжести (то есть сила притяжения к Земле) не изменяется, стоите вы спокойно или подпрыгиваете, изменяется нормальная сила реакции опоры \vec{N} . Когда вы стоите спокойно, сила тяжести равна по величине силе реакции опоры: $N = mg$. По определению, вес – это сила, с которой тело действует на опору. Она не обязательно определяется силой притяжения. Например, космонавт, находясь во вращающейся космической станции, давит на пол вовсе не с силой своего притяжения к Земле, а с так называемой *эффективной силой притяжения*.

Девушка. Если во время взвешивания пол уйдёт из-под весов, то вы вместе с весами окажетесь в свободном падении, и показание весов станет равным нулю, хотя действующая на вас сила тяжести не изменится. Вы будете в состоянии невесомости, так как на вас не будет действовать нормальная сила реакции опоры.

Physics Teacher, 2013.V. 51. September.

79. Дженни определяет тормозной путь своего велосипеда: она резко нажимает на тормоз и скользит до полной остановки. Пусть для определённой скорости тормозной путь составил 1 м.

При вдвое большей скорости тормозной путь составит:

- A) 2 м; B) 3 м; **C) 4 м,**
 а если при этом ещё и трение скольжения увеличится вдвое, то:
D) 2 м; E) 3 м; F) 4 м.

Верные ответы C и D. Задачу лучше всего решать исходя из теоремы: работа равна изменению кинетической энергии ($F \cdot d = \Delta E_k$). Поскольку E_k прямо пропорциональна квадрату скорости, то при изменении скорости в 2 раза, кинетическая энергия изменится в 4 раза, то есть для остановки велосипеда потребуется совершить в 4 раза большую работу. Сила трения между шинами и дорогой почти не зависит от скорости, поэтому тормозной путь также увеличится в 4 раза. Но если при этом ещё и сила трения возрастёт в два раза, то тормозной путь окажется в два раза короче, то есть 2 м.

Птичка. Из соотношения $F \cdot d = \Delta E_k$ найдём тормозной путь $d = \Delta E_k / F = 1$ м. При удвоенной скорости ($4\Delta E_k$) $d = 4\Delta E_k / F = 4$ м. При удвоенной скорости и удвоенном трении ($2F$) $d = 4\Delta E_k / 2F = 2$ м.

Physics Teacher, 2013. V. 51. Oct.

Н.Д. КОЗЛОВА (пер. с англ.).

FIGURING PHYSICS

While weighing yourself on a weighing scale two major forces act on you – mg and the normal force N . Now if you jounce up and down, you'll notice fluctuations in the scale reading.

This suggests that your weight is best defined as

- A. The force due to gravity on you, mg .
 B. The force you exert on a supporting surface.
 C. Generally both of these.
 D. Neither of these.

Answer: B

The fluctuations in the scale reading are not fluctuations in mg , which is constant. The fluctuations are of N , the support force. When equilibrium prevails, with no jouncing, the support force N is equal in magnitude to mg . But in general, your weight is best defined as **the force you exert on a supporting surface**. This support force may or may not counter gravity. For example, the support an astronaut experiences on the floor of a rotating space station is not a reaction to gravity. (Instead, the rotation provides a *simulated gravity*.)

If while weighing yourself, the floor gives way and you and the scale are in free fall, the scale reads zero while the force due to gravity mg still acts on you. Then you're in the condition called *weightlessness* – being without a support force.



FIGURING PHYSICS



Jennifer Joule experiments with stopping distances when she locks the brakes of her bicycle and skids to a stop. For a particular speed, she measures a stopping distance of 1 m.

If she does the same when traveling twice as fast, the stopping distance will be

- A. 2 m. B. 3 m. C. 4 m.

On a road surface with twice as much friction between her locked wheels and the road, her stopping distance for the same twice-as-fast speed would be

- D. 2 m. E. 3 m. F. 4 m.

Answers, C and D.

Stopping distance is nicely understood by the work-energy theorem. Work done equals the change in kinetic energy: $Fd = \Delta KE$. Since KE varies as speed squared, twice the speed means four times the KE and, therefore, four times the work needed to stop the bike. The force that slows her bike is tire-road friction, which in practice is nearly independent of speed. So for the same frictional force, her distance of stopping is four times as much, 4 m.

If at twice the speed she encounters a road surface with twice as much friction the work needed to bring her to a stop requires half the 4-m distance, 2 m.



From $Fd = \Delta KE$, we see her initial skidding distance is $d = \Delta KE / F = 1$ m. And at twice the initial speed, (4 KE), $d = 4\Delta KE / F = 4$ m. At twice the speed and twice the friction ($2F$) she stops in $d = 4\Delta KE / 2F = 2$ m.

Учебный физический эксперимент

Фоторепортаж о курсах повышения квалификации школьных учителей в ГГПИ им. В.Г. Короленко, проведённых проф. В.В. Майером.

Школа проф. В.В. Майера

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: учебный физический эксперимент, физический практикум

А.Е. ТАРЧЕВСКИЙ

tarchevskiy@mail.ru,
ГОУ СОШ № 179 МИОО,
г. Москва

На школьных уроках физики, как известно, научные открытия маловероятны. А вот в области учебного эксперимента есть ещё много неизведанного. Как сделать яркую, новую, запоминающуюся демонстрацию? Как организовать работу школьников над изготовлением простых устройств, позволяющих красиво и с неожиданной стороны увидеть физику явлений? И не просто показать что-то, а продемонстрировать так, чтобы восхищённые слушатели ахнули и захотели разобраться в происходящем?

В октябре 2013 г. в Глазовском ГПИ им. В.Г. Короленко (Респ. Удмуртия) прошли курсы повышения квалификации школьных учителей, посвящённые практике учебного физического эксперимента*.

*Курсы повышения квалификации «Реализация ФГОС средствами современных образовательных технологий: учебный физический эксперимент в подготовке учителей физики» и «Интерактивные технологии преподавания естественнонаучных дисциплин как средство реализации ФГОС» были проведены в октябре–ноябре 2013 г. в ГГПИ (два потока по 15 человек), объём каждого курса 72 ч. На них был основательно изучен ФГОС, но основное внимание было уделено формированию экспериментальных умений учителей и преподавателей вузов с тем, чтобы они могли организовать на местах проектную деятельность учащихся. На курсах 2013 г. каждый слушатель подготовил по два-три демонстрационных опыта и представил соответствующие фрагменты уроков. Кроме того все участники самостоятельно изготовили по электронному прибору и продемонстрировали их в действии. Изготовленное оборудование они забрали с собой. – Авторы курсов Майер В.В., Вараксина Е.И.

Занятия провели авторы курсов, проф. В.В. Майер, д. п. н., и доцент Е.И. Вараксина, к. п. н., – специалисты с огромным и успешным опытом работы в этой области, авторы многочисленных статей в журналах «Потенциал», «Учебная физика», «Физика» (ИД Первое сентября, цикл статей «Школа профессора В. Майера»), которые придумали, отработали и довели до «технологического совершенства» множество великолепных идей.

Что же нового я, преподаватель с немалым опытом работы, узнал на этих курсах? На занятиях учителя (по предложенным описаниям, см. [1–20]) изготовили ряд экспериментальных установок и продемонстрировали их работу. Оказывается, совсем несложно самостоятельно сделать печатную плату и спаять небольшую схему (многие, впервые взявшие в руки паяльник, успешно справились с задачей) – и тогда открывается множество возможностей.

Если собрать электромагнитный левитрон с датчиком Холла [1], парящий под ним магнитик порадует учеников, а учитель на этом примере сможет рассказать о принципах автоматического регулирования, об устойчивости равновесия и колебаниях. А самостоятельно сделанный чувствительный датчик напряжения [2] позволит наглядно показать десятки различных опытов, например, продемонстрировать явление индукции и направление тока при внесении школьного полосового магнита в один только виток провода. Или буквально «увидеть» разность потенциалов между двумя точками железного стержня, по которому течёт небольшой ток.





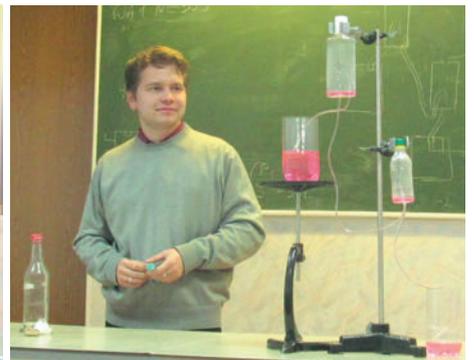
▲ Собираем оригинальные физические приборы: модели электродвигателей [14–16], гидравлических механизмов [17], оборудование для опытов по электростатике 18, 21] и многие другие



▲ Проф. В.В. Майер вместе с учителем А.А. Петелевым (МБОУ СОШ № 1, г. Глазов) визуализируют картину интерференции звуковых волн [3]



▲ Интерференция УЗ-волн у края листа (в центре – УЗ-излучатель) [11–13]



А.А. Петелев: ▲ автоматический сифон и ▲ сифон с водяным столбом, разорванным воздушной камерой, в которой бьёт фонтан [8, 9]



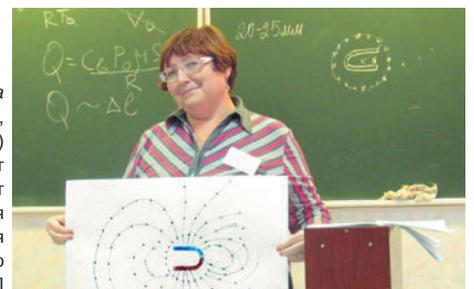
Е.Г. Ворончихина (МБОУ СОШ № 10, г. Глазов): визуализация траектории шарика: мигающий светодиод рисует параболу [19] ▶



А.Е. Тарчевский: ▲ зависание магнита под левитроном [1]; ▲ зависимость энергии заряженного конденсатора от его ёмкости и напряжения на нём (не опубликовано)

А если сделать несложный чувствительный датчик звука [3] и быстро «размахивать» им в темноте рядом с двумя подключёнными к генератору динамиками (частота 7–15 кГц)... волну, и биения. Почти такой же датчик применяется и в «лупе времени», позволяющей красиво продемонстрировать эффект Доплера. Опорный сигнал подаётся в схему по проводам, а сигнал близкой частоты принимается от динамика микрофоном медленно движущейся установки. Период вспышек лампочки на устройстве определяется частотой биений при сложении этих сигналов, поэтому «неторопливые» вспышки позволяют наблюдать явление как бы в тысячу раз «замедленном» времени.

Л.Ю. Фёдорова (МОУ БСШ № 5, п. Балезино, УР) демонстрирует результат исследования магнитного поля постоянного магнита [10]



Из более простых в изготовлении приборов было интересно познакомиться с работой генератора на одном транзисторе (со школьным демонстрационным трансформатором). А применение в этой схеме встречно-последовательного соединения электролитических конденсаторов большой ёмкости



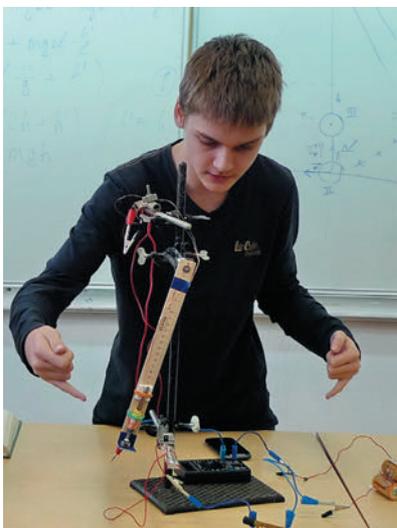
Роман Керимов и Вэн Юньбин (11-й класс): получится ли кумулятивная струя при разряде этих конденсаторов в трубке с водой? [22]



Всеволод Мозговой (11-й класс) налаживает генератор на транзисторе [не опубликовано]



Олег Реботенко (10-й класс): Ура! Есть парореактивная лодочка! [5]



Артём Топильский (10-й класс) с моделью качелей (построена вместе с Семёном Богдановым)

позволило достичь периода колебаний в несколько секунд и даже наблюдать их с помощью обычной лампочки от фонарика. Эта установка позволяет исследовать зависимость частоты от магнитной проницаемости сердечника, ёмкости конденсатора и индуктивности катушки. А изготовить её вполне под силу школьнику.

Модель качелей, в которой в момент прохождения равновесия приподнимается тяжёлый сердечник (применяется геркон, катушка, магнитик и всего один транзистор) и начинает забавно раскачиваться [4]. А сколько интересного связано с работой установки, какие возможности для обсуждения явления со школьниками!

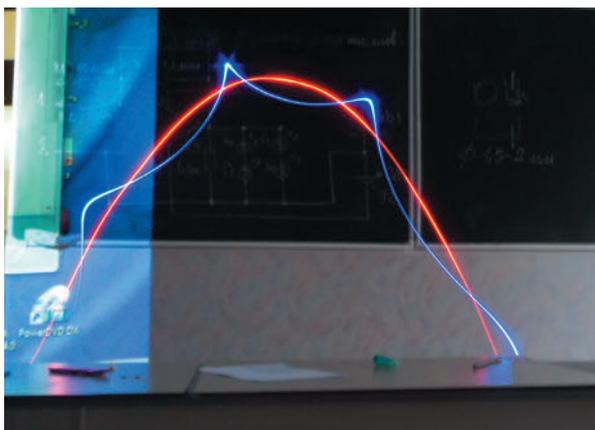
Термодинамика была представлена простой в изготовлении действующей моделью гейзера и забавно перемещающимися по воде парореактивными лодочками [5, 6]. В этих устройствах после закипания воды и выхода пара наружу внутрь попадает холодная вода, происходит конденсация пара, быстро падает давление и от этого устройство «самозаправляется» холодной водой. Есть о чём поговорить!

Простая в изготовлении «спиртовая ракета» (шприц изнутри смачивается спиртом, через поршень пропущены изолированные провода, подключенные к пьезозажигалке) [7] стартует с громким звуком и летит далеко, не только радуя зрителей неожиданным эффектом, но и позволяя пояснить принцип работы двигателя внутреннего сгорания.

На занятиях были показаны и десятки других ярких опытов, проведено много интересных обсуждений.

Идеи используются. Практикум по физике, который уже шестой год проходит у нас в московской школе № 179, обогатился многими новыми работами. Появилась возможность (и понимание, как это сделать) дать заинтересованным ребятам сделать установки своими руками, а затем показать прекрасные опыты на школьных уроках. Это отличное дополнение ко многим «более учебным» работам, которые успешно делают наши ребята.

Что же теперь может сделать читатель, если идеи ему понравились? Во-первых, стоит обратить внимание на десятки статей авторов опытов, проф. В.В. Майера и Е.И. Вараксиной. Идеи и установки ими тщательно описаны. А описания (проверено!) – качественные и работающие. Во-вторых, ежегодно в конце января в Глазовском ГПИ проводится единственная в стране конференция, посвящённая учебному физическому экс-



Е.А. Наговицына (аспирант ГГПИ, учитель МБОУ СОШ № 16, г. Глазов): визуализация траектории движения центра масс [20]



Г.В. Заровняев, к. ф.-м. н., доцент Петрозаводского госуниверситета: демонстрация автогенератора на транзисторе [не опубликовано]

перименту и собирающая единомышленников (см. сайт <http://www.uchfiz.ru/>). Это не так далеко, всего одна «длинная ночь» на поезде из Москвы. И, наконец, есть надежда, что в следующем году курсы для учителей продолжат свою работу и подарят участникам множество новых прекрасных идей.

Литература

1. Майер В.В., Вараксина Е.И. Электромагнитный левитрон с датчиком Холла // *Учебная физика*. 2011. № 6. С. 3–10.
2. Майер В.В., Вараксина Е.И. Демонстрационный индикатор разности потенциалов // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2013. № 5-2. С. 128–129.
3. Майер В.В., Вараксина Е.И. Экспериментальное исследование упругой волны в воздухе // *Учебная физика*. 2007. № 1. С. 52–62.
4. Майер В.В., Вараксина Е.И. Учебное исследование качелей // *Учебная физика*. 2011. № 5. С. 3–14.
5. Майер В.В., Вараксина Е.И. Гейзер и парорективный движитель // *Потенциал*. 2012. № 5. С. 63–72.
6. Вараксина Е.И., Шатунов И.С. Проектная деятельность школьников по исследованию модели гейзера как простейшей тепловой машины // *Учебная физика*. 2012. № 6. С. 49–52.
7. Майер В.В., Вараксина Е.И. Ракетный двигатель и движение молекул // *Потенциал*. 2009. № 10. С. 71–78.
8. Майер В.В. Проектная деятельность учащихся по исследованию автоматических сифонов // *Учебная физика*. 2010. № 4. С. 3–12.
9. Майер В.В., Вараксина Е.И. Экспериментальное исследование сифона // *Учебная физика*. 2010. № 6. С. 3–8.
10. Майер В.В., Касаткин К.А. Визуализация магнитного поля с помощью магнитной стрелки // *Учебная физика*. 2004. № 3. С. 8–12.
11. Майер В.В., Вараксина Е.И. Взаимодействие учебной теории и учебного эксперимента в цикле научного познания // *Учебная физика*. 2004. № 4. С. 52–60.
12. Майер В.В., Вараксина Е.И. Приборы для опытов с ультразвуком // *Учебная физика*. 2010. № 5. С. 3–13.
13. Майер В.В., Вараксина Е.И. Ультразвуковой генератор низкой частоты // *Потенциал*. 2006. № 9. С. 75–80.
14. Майер В.В., Вараксина Е.И. Простые опыты с неодимовыми магнитами // *Учебная физика*. 2009. № 3. С. 3–20.
15. Майер В.В., Вараксина Е.И. Современные модели электродвигателей для учебного физического эксперимента // *Учебная физика*. 2009. № 4. С. 3–10.
16. Майер В.В., Вараксина Е.И. Униполярный электродвигатель как прибор для формирования понятия силы Ампера // *Учебная физика*. 2012. № 1. С. 3–7.
17. Майер В.В., Вараксина Е.И., Исакова М.Л. Содержание и технология проектной деятельности по учебному исследованию гидравлических механизмов // *Учебная физика*. 2012. № 2. С. 3–16.
18. Майер В.В., Вараксина Е.И. Экспериментальное исследование электрофора // *Потенциал*. 2012. № 2. С. 71–79.
19. Майер В.В., Вараксина Е.И. Электронные стробоскопы для учебных опытов // *Потенциал*. 2010. № 11. С. 68–76.
20. Майер В.В., Вараксина Е.И. Материальная точка как модель реального тела // *Физика*. (ИД «Первое сентября»). 2008. № 16. С. 31–32.
21. Вараксина Е.И., Майер В.В. Учебное исследование плоского конденсатора // *Учебная физика*. 2013. № 4. С. 16–20, 22.
22. Майер В.В. Кумулятивный эффект в простых опытах. М: Наука, 1989. 192 с.

Фото автора



Андрей Евгеньевич Тарчевский – учитель физики высшей квалификационной категории, выпускник МФТИ 1987 г. Часто удаётся организовать дело так, что ребятам нравится физика. И они побеждают на разных олимпиадах и поступают в хорошие вузы. Победитель конкурса «Грант Москвы» (2012, 2013 гг.). Любимые занятия – туризм, путешествия, горы, автостоп, поездки со школьниками. Руководитель школьного турклуба «Вездеход» (фотографии см. на сайте <http://fotki.yandex.ru/users/vezdehod179/albums/>).

О мостах и их испытаниях...

ИЗ ВОСПОМИНАНИЙ ИНЖЕНЕРА – ИСПЫТАТЕЛЯ МОСТОВ

Воспоминания инженера-строителя с популярным описанием целей и методов обследования и испытания мостов и других ответственных строительных сооружений (определение напряжений и деформаций несущих конструкций, случаи из мостоиспытательной практики). Статья может быть интересна старшеклассникам, раздумывающим над выбором профессии

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мостоиспытания, модуль упругости, механическое напряжение, тензометр, прогибомер

В.И. ЧЕРКАСОВ

cvi1939@yandex.ru,
пенсионер, почётный энергетик
СССР, г. Москва

В 1961 г. завершилась моя учёба в МАДИ. В дипломе было написано, что я окончил институт по специальности «Мосты и тоннели» и мне присвоена квалификация «Инженер-строитель». По распределению я был направлен на работу в «СоюздорНИИ». По прибытии в институт выяснилось, что меня и моего приятеля-сокурсника зачисляют в структурное подразделение, именуемое «Центральная мостоиспытательная станция». Чем конкретно придётся нам заниматься, мы представляли себе весьма приблизительно, но название «звучало». Сразу почему-то возникали ассоциации с «лётчиком-испытателем», внутри слегка щекотало от мыслей об опасности будущей профессии.

Мостостанция занималась обследованием мостов и последующим, если это было необходимо, их испытанием. Старые мосты обследовались по заказам эксплуатирующих организаций, когда состояние пролётных строений и опор начинало вызывать сомнения в способности пропускать подвижные нагрузки. Вновь построенные мосты подвергались обследованию и испытаниям перед сдачей в эксплуатацию. Такое требование было установлено действующими нормативными документами.

Напрашивается вопрос: почему мосты подвергаются испытаниям, а большинство других инженерных сооружений, например, наиболее распространённые: жилые дома, здания общественного назначения, промышленные здания, – не испытываются. Дело в том, что в большинстве зданий и сооружений напряжения в основных несущих конструкциях определяются не временной* (полезной нагрузкой), а собственным весом конструкций. То есть величина напряжений в конструктивных элементах от полезных нагрузок несопоставимо ниже напряжений от собственного веса несущих конструкций. В случае мостов – иначе: напряжения от тяжеловесного транспор-

*Временные нагрузки разделяют на длительные, кратковременные и особые. К временным длительным нагрузкам относятся: вес стационарного оборудования; аппаратов, станков, моторов; нагрузки на перекрытия от складываемых материалов на складах, в библиотеках, промышленных холодильниках и подобных помещениях. К кратковременным нагрузкам относятся нагрузки от масс людей, снега, ветра, а также возникающие при монтаже и ремонте конструкции. Особые нагрузки могут возникать вследствие сейсмических и взрывных воздействий. [<http://www.chusozero.ru/24/>]



Мост Королевы Луизы через Неман, г. Советск (Тильзит). Арочная конструкция. Нач. 1960-х гг.

та на проезжей части, толпы на тротуарах, снежная каша могут быть сопоставимы с постоянными напряжениями. Кроме того, каждый мост индивидуален и лишь отдельные его элементы могут быть типовыми.

Испытания перед сдачей в эксплуатацию зданий и сооружений гражданского назначения практикуются лишь в особых случаях, когда эти объекты имеют уникальный характер. Примером могут служить испытания в 1961 году Кремлёвского дворца съездов. Как вспоминал выдающийся инженер-конструктор, один из авторов проекта этого сооружения А.Н. Кондратьев**, проектировщики предложили Государственной приёмочной комиссии провести испытания «чтобы ни у кого не было сомнений». Наиболее сложным и ответственным элементом здания было перекрытие зала заседаний, рассчитанного на 6000 мест и имеющего в плане размеры 57,6 × 59 м (вполне сравнимо с пролётами моста). металлоконструкции перекрытия одновременно являлись основанием пола банкетного зала, расположенного над залом заседаний.

Для испытания этого перекрытия в банкетном зале было размещено 8 тыс. солдат. А всего в испытаниях было задействовано 15 тыс. солдат, часть из которых имитировала снеговую нагрузку на кровлю, часть была размещена на лестничных пролётах и в других помещениях. По завершении испытательной программы у некоторых членов комиссии возникли всё-таки сомнения: «А что будет при танцах?» И решили провести отдельные испытания на «танцестойкость». Через два дня пригласили труппу артистов балета Большого театра – 300 человек и 600 пар комсомольцев, всего 1500 человек. Устроили большой танцевальный вечер.

**А.Н. Кондратьев «Кремлёвский дворец съездов» <http://www.vestnik.com/issues/2002/1225/win/kondratyev.htm>

Подвергалась приёмочным испытаниям и большая спортивная арена московского стадиона в Лужниках.

У читателя не должно возникать вопросов об этичности использования людей в качестве испытательной нагрузки. Испытания производились с привлечением опытных мостоиспытателей, увеличение нагрузок осуществлялось этапами и только после инструментального и визуального контроля состояния несущих конструкций после каждого этапа загрузки.

В институтских программах вопросы испытания мостов не освещались, поэтому, имея достаточно основательную базу знаний по конструкциям мостов, технологии их возведения и, конечно, по сопротивлению материалов, мы слабо представляли себе, что и как придётся делать.

В мостоиспытательной станции работало в то время три начальника полевых партий и группа инженеров и техников, из которых комплектовался состав очередной выездной партии, обычно 4–6 человек. Очень любили участвовать в испытаниях научные сотрудники, чтобы «пощупать» конструкции своими руками.

Техническое и методическое руководство работой мостостанции осуществлял главный инженер Александр Филиппович Лапинин – опытейший и очень грамотный инженер-мостовик, не один десяток лет проработавший в этой сфере. Его рекомендации и наставления на сборе полевой партии перед отъездом, как сказали бы теперь, являлись «дорожной картой» предстоящей работы. Рекомендации учитывали особенности конструкции подлежащего испытанию моста, известные происшествия и возможные аварии в процессе его строительства и другие обстоятельства, прорабатывалась предварительная программа работ.

Автобус-лаборатория был оборудован по детально продуманному проекту. В нём было всё необходимое: шесть спальных мест (2 дивана, 2 кресла, трансформируемые в кровати, и 2 подвесные койки), рабочий стол, кухонный отсек, места для размещения приборов, личных вещей, посуды, спальных принадлежностей и пишущей машинки, на которой по завершении работ печаталось для заказчика краткое предварительное заключение. Автобус был оснащён удивительным по тем временам источником автономного электропитания – военной штабной бензиновой электростанцией. Сейчас, по прошествии пятидесяти лет, этим никого не удивишь, такие японские агрегаты используются на дачах, в торговых палатках. Тогда это был предмет гордости.

Для выезда полевой партии по железной дороге (для вылета самолётом в те годы требовалось специальное обоснование такой необходимости и разрешение высокого начальства) имелись специальные «сундуки», в которых размещался весь инвентарь, и оборудование, спецдежда и, при необходимости, даже основные продукты питания, а также примусы и керогазы*.

По прибытии, после оперативного решения бытовых вопросов и обустройства, было необходимо определиться с набором требуемых средств для обследования сооружения – люльки, подмости, лестницы, плавсредства и прочее. Заказчику работ передавались чертежи для изготовления типовых люлек и согласовывались сроки готовности указанной оснастки.

*Нагревательный прибор для приготовления пищи, в котором в отличие от керосинки фитиль не соприкасается с пламенем, а испаряет керосин, сжигаемый в газообразном состоянии.

Обследование моста начиналось с геодезической съёмки сооружения: определялось соответствие положения конструкций в плане и по высоте проектным решениям. Например, не имеют ли пролётные строения провисов, вместо так называемого строительного подъёма, который компенсирует прогиб конструкций под нагрузкой, правильность геометрии (отсутствие искривлений) ферм и тому подобное.

Пока техники занимались геодезией, инженеры изучали исполнительную техническую документацию (она отражает весь ход строительства, начиная от рытья котлованов под фундаменты и завершая укладкой дорожного покрытия), штудировали журналы производства работ, которые ежедневно ведутся на всех участках инженерами-прорабами. Ведь, например, не при всякой температуре без специальных мероприятий возможно бетонирование монолитных конструкций или ответственные сварочные работы. При обнаружении нарушений технологии производства необходимо оценить влияние отклонений на последующие эксплуатационные и прочностные характеристики конструктивных элементов. Рассматриваются акты на «скрытые работы». Это такие работы, результат которых скрывается последующими. Например, после бетонирования конструкции невозможно определить правильность её армирования, как была установлена стальная арматура, как сварены стыки, проектного ли диаметра поставлены арматурные стержни или какие удалось заполучить снабженцам. Поэтому перед бетонированием представители заказчика и подрядчика составляют акт о приёмке скрытых работ. Отсутствие актов на те, или иные работы вызывают сомнения в их качестве и обуславливают необходимость дополнительной проверки.

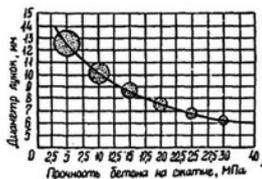
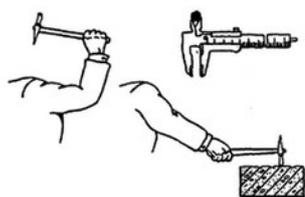
Изучаются записи и предписания представителей авторского надзора – проектировщиков. Проверяется исполнение предписаний. Если устанавливалось, что в ходе строительства происходила деформация конструкций, просадки временных опор или разрушения отдельных элементов, выполнялись проверочные расчёты и определялась степень перенапряжения других элементов. Ведь возможны варианты, когда до начала эксплуатации (или испытания) сооружения, несущая способность такого элемента уже на грани исчерпания и этот элемент требует усиления.

Конечно же проверяется наличие заводских сертификатов на строительные материалы и элементы заводского изготовления и соответствие их проектным показателям, изучаются результаты испытания



Испытание бетона на прочность

<http://beta01-s-dostavkoju.ru/betonnny-zavod>



Ручной молоток конструкции Физделя. Для оценки прочности бетонных конструкций фундамента механическими методами применяются приборы, принцип действия которых основан на гипотезе о связи между прочностью бетона и его твёрдостью. При ударе бойком шарикового молотка улавливается также и звук. Менее прочный бетон характеризуется глухим звуком. При испытании бетона следует соблюдать постоянный размах молотка локтевым ударом (локоть руки прижат к поверхности конструкции) средней силы

образцов бетона лабораторией строительной организации. При возведении конструкций из монолитного бетона изготавливаются образцы-кубы, которые хранятся рядом с возводимой конструкцией и по истечении определённых отрезков времени подвергаются испытаниям под прессом до разрушения, что позволяет достоверно судить о прочности материала конструкции.

После такой камеральной работы начинается обследование сооружения.

Программа обследования зависит от типа моста. Мосты различают: • по виду материалов пролётных строений – каменные (сейчас большая редкость), деревянные (имели большое распространение даже на дорогах государственного значения до начала

1960-х гг.), железобетонные и стальные • по типу пролётных строений – балочные, арочные, фермы, висячие, вантовые • по местоположению проезжей части – с ездой поверху (все несущие конструкции под проезжей частью) или понизу (проезжая часть опирается на нижние пояса ферм, что позволяет, например, увеличить судходный габарит под мостом). На деревянных мостах обследование акцентируется на выявлении поражений конструкций гнилью, на стальных мостах – на наличии и степени коррозии, качестве сварных и заклёпочных монтажных соединений, на железобетонных – на наличии трещин сохранности защитного слоя арматуры.

В 1960-е гг. надёжных неразрушающих способов определения прочностных качеств материалов в конструкциях ещё не существовало. Велись эксперименты по использованию для этих целей ультразвука, но до практического применения разработки ещё не

дошли. Для оценки прочности бетона мы применяли механическое устройство типа молотка Физделя: цилиндр диаметром около 5 см со штоком на конце, в который был запрессован шарик из высокопрочной стали. Шток перемещали вглубь цилиндра, сжимая размещённую там пружину – ставя её на «боевой взвод». После этого прибор шариком упирал в выбранное место конструкции, сжатая пружина высвобождалась и бойком наносился тарированный (всегда постоянной силы) удар по штоку. Результатом был отпечаток шарика (лунка) на бетоне. Далее специальной лупой с мерной шкалой определяли диаметр отпечатка. Испытание делали в 5–10 точках, результаты измерений осреднялись и по градуировочной кривой определяли предел прочности бетона.

Каждый инженер имел свой журнал, в котором вёл записи, составлял схемы и делал зарисовки, в которых отражалось состояние конструкций, точное местоположение выявленных дефектов, форма и ширина раскрытия трещин и так далее.

Составлялись также схемы заклёпочных соединений стальных пролётных строений мостов. На схемах отмечались обнаруженные «слабые» заклёпки: что это за «слабость» и как должна быть поставлена хорошая заклёпка?

Заклёпка перед установкой разогревается до 900–1000 °С, вставляется в отверстия соединяемых элементов, после чего пневматическим молотком посредством оправки формируется её вторая головка. После остывания, за счёт сокращения длины при охлаждении, заклёпка плотно обжимает соединяемые элементы. Такое заклёпочное соединение обеспечивает прочность стыка не только за счёт работающих на срез заклёпок, но и за счёт трения между соединяемыми элементами. Если заклёпка в процессе её транспортировки от места нагрева, подготовки и установки в отверстие остыла до 750–700 °С и ниже, тело заклёпки не заполнит полностью отверстие, обжатие соединяемых элементов не будет обеспечено. При остукивании такой заклёпки молотком во время обследования обнаруживается (приложенным одновременно к заклёпке и конструкции пальцем) её дрожание или перемещение, очень «слабая» заклёпка может даже вращаться в отверстии.

При обследовании в 1962 г. в Якутии вновь построенных мостов через реки Нюя и Бутобуя на автодороге Мухтуя (ныне г. Ленск) – Мирный в монтажных стыках стальных балочных пролётных строений было выявлено 10–15% слабых заклёпок, что привело к отказу от намеченных испытаний этих мостов. На строительстве использовался труд недостаточно квалифицированных заключённых и, видимо, полностью отсутствовал инженерный контроль.

При удовлетворительных результатах обследования решался вопрос об испытательных нагрузках. Если представлялась возможность, испытания проводились танками, но чаще всего – тяжёлыми самосвалами, гружёными песком или щебнем. Расчётом определялось необходимое количество единиц нагрузки исходя из возможности размещения на испытуемых пролётах.

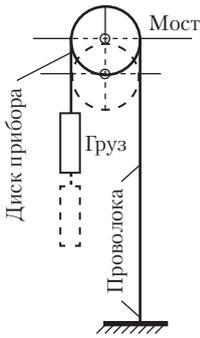
Полевая партия имела гидравлические портативные весы, на которые самосвал наезжал поочередно передними и задними колёсами, по специальной шкале манометра определялись усилия, воздействующие на проезжую часть моста. Выборочно взвешивалось несколько автомобилей.

К назначенному дню на проезжую часть моста наносилась разметка расстановки нагрузки. Мост оснащался приборами,



Взрыв отслужившего свой век деревянного моста (фермы конструкции Гау–Журавского) через р. Клязьму у с. Пенкино Владимирской области на автомобильной дороге Москва–Горький (Н.Новгород), март 1962 г.

<http://dic.academic.ru/pictures/railway/image1034.jpg>



Прогибомер Максимова. Возможна установка прибора под мостом на вбитой в грунт стойке, если испытываемый пролёт расположен в пойменной части реки. В этом случае конец проволоки, перекинутой через шкив прибора, закрепляется на пролётном строении. Под действием испытательной нагрузки ферма (балка) прогибается, шкив и стрелка поворачиваются, и по циферблату в увеличенном масштабе отсчитывается прогиб

Обследование моста через р. Которосль, г. Ярославль. На опоре моста – фигура автора



расставленными на определённых, наиболее напряженных сечениях конструктивных элементов: балок, раскосов, верхних и нижних поясах ферм. По этапам загрузки инженеры снимали и записывали показания приборов (10–15 на каждого).

Основными были механические рычажные тензометры Гугенбергера и прогибомеры системы Максимова. С помощью тензометров измерялись напряжения, возникавшие от испытательной (временной) нагрузки, фактически – линейные деформации поверхностных волокон элементов конструкций. А по величине измеренной деформации уже вычислялось приращение напряжения по закону Гука при известном значении модуля упругости материала. Выше показана принципиальная схема установки прогибомера, само название которого говорит о его назначении.

На дно реки на проволоке опущен груз. Свободный конец проволоки, перекинутый через шкив прогибомера, также слегка нагружен, так что проволока натянута. Шкив соединён посредством шестерёнок с валиком, на котором закреплена стрелка. Под действием испытательной нагрузки ферма (балка) прогибается, шкив и стрелка поворачиваются, и по циферблату в увеличенном масштабе отсчитывается прогиб.

При динамических испытаниях пролётных строений используются самописцы, которые записывают кривые колебаний конструкций. Испытания производятся либо преодолением автомобилем искусственного препятствия разной высоты на разных скоростях, либо сбрасыванием груза на кучу песка, насыпанную на проезжую часть моста.

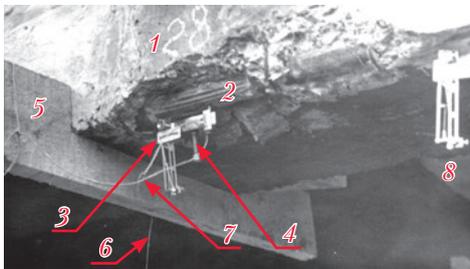
После камеральной обработки «полевых» материалов обследования и испытания моста составлялся подробный отчёт,

в котором делались выводы о надёжности моста, давались рекомендации по его эксплуатации, устранению выявленных дефектов.

Случаи обрушения или недопустимых деформаций мостовых конструкций во время испытаний мне неизвестны, однако, когда висишь в довольно хлипкой подвешенной люльке под мостом в нескольких десятках метрах над водной поверхностью, да ещё и на пронизывающем ветру, а на пролёт надвигаются колонны нагруженных «под завязку» самосвалов, сердцебиение учащается.

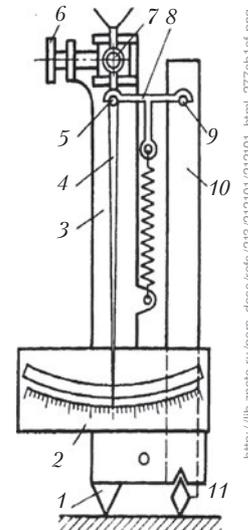
Ходит легенда, что во время испытаний под мостом стоит главный инженер проекта. Такого мне, участнику испытаний нескольких десятков мостов, увидеть не довелось. Думаю, что проектанты уверены в своих конструкциях и в бравате не нуждаются.

Один трагический случай во время моей работы всё же имел место. В мае 1963 г. произошло обрушение двух железобетонных пролётов и русловой опоры моста через реку Пару в Рязанской области на трассе государственного значения Москва–Куйбышев. Мост при приёмке в эксплуатацию был испытан нашей мостостанцией. Причиной обрушения стало разрушение рыхлого бетона подводной части опоры, которая монолитно объединяла «головы» железобетонных свай, забитых в дно реки. Разрушение произошло из-за нарушения технологии бетонирования: было допущено вымывание течением реки це-



Тензометр 3 закреплён на оголённом участке пучка 2 предварительно напряжённой арматуры железобетонной балки моста 1 с помощью прижимающего его тензодержателя 4. Виден деревянный хомут 5 (доска с вырезом), прикреплённый к балке с помощью деревянного клина. К хомуту прикреплена проволока прогибомера 6 и страховочный тросик тензометра 7. Справа – ещё один тензометр 8

Тензометр Гугенбергера измеряет удлинение/сжатие балки (из дерева, стали, бетона) под воздействием растягивающих или сжимающих усилий. Призмы (1, 11) из твёрдого сплава прижимаются пружиной тензометра к ненагруженному исследуемому элементу, чтобы не допустить их проскальзывания. Устройство: 1 – призма; 2 – зеркальная шкала; 3 – корпус; 4 – стрелка; 5, 9 – штифты; 6 – винт; 7 – подшипник, 8 – траверса (коромысло); 10 – двуплечевой рычаг; 11 – подвижная призма. При деформации исследуемого материала призма поворачивается на некоторый угол. На тот же угол поворачивается и соединённый с ней рычаг, который вызывает отклонение стрелки в ту или другую сторону вдоль шкалы с миллиметровыми делениями. По измеренному удлинению и модулю Юнга материала рассчитывается величина механического напряжения



http://lib.znate.ru/pais_docs/refs/2/13/2/12/101/212101_html_277tab1a1.png



Обрушившиеся пролёты моста через р. Пару, Рязанская обл. 1963 г.

Испытания моста через р. Сясь, Ленинградская обл., 1960-е гг.



резки стальных уголков, которые омоноличивались бетоном и включали плиту в работу. Почесав в затылке, мы предположили, что в каком-то месте по некачественному сварному шву произошёл отрыв упора. Поскольку отрыв одного из многочисленных упоров никаких бед не предвещал, было решено испытания продолжить.

Только на мост въехали два дополнительных грузовика, раздался второй «вы-

стрел». Дело принимало неприятный оборот. Большинство из нас склонялось к тому, что испытание следует прекратить и принять решение после тщательного обследования конструкций.

Неожиданно к нам подошёл неизвестно как проникший на мост зевака и сказал, что он видел, «где сломалось». Оказалось, что произошёл разрыв поручня перил (стального уголка небольшого сечения) над опорой моста, то есть в зоне максимальных растягивающих напряжений в неразрезной балке. В расчётной схеме моста работа перил не учтена, сечения элементов назначаются исходя из конструктивных соображений. По проекту на тротуаре над опорой ставятся две стойки перил, а поручень прерывается. Монтажники по небрежности не разрезали поручень, и никто до испытаний этого не обнаружил, в том числе и мы.

Работа в мостостанции в начале трудовой деятельности сослужила мне добрую службу. Я научился ладить с людьми в сложных условиях труда и быта, нести ответственность за свою работу, которая всегда была на виду у коллектива, подчинять свои личные интересы интересам общего дела. Уверовал в свои инженерные познания. Научился преодолевать страх, ползая по раскосам и поясам ферм под неожиданным проливным дождём и над плывущим далеко внизу судном, где матросы величиной с букашку. Научился, наконец, варить супы и каши, съедобные не только для кашевара, но и для всей левой партии. На всех видах транспорта я исколесил страну от Кавказа и Молдавии до республик Прибалтики и севера Карелии и от Ленинграда до Иркутска. Повидал и оценил красоты больших и малых городов и рек страны, заповедных уголков природы нашего громадного континента.

Фото автора



Владимир Ильич Черкасов – коренной москвич. Родился в 1939 г. (в Каретном ряду). В 1961 г. получил квалификацию инженера-строителя, закончив МАДИ по специальности «Мосты и тоннели». В 1961–1965 гг. работал в полевой партии мостоиспытательной станции Министерства транспортного строительства. Дальнейшая судьба была связана с сооружением объектов электроэнергетики – атомных и тепловых электростанций, линий электропередачи. Почётный энергетик СССР, Заслуженный работник Единой энергосистемы России, награждён медалями и многими ведомственными наградами. Женат, сын, двое внуков. Любитель природы, охоты и рыбалки.

«...На звание техника путей сообщения»



Предложены познавательные инженерно-строительные задачи из сборника А.В. Цингера, дополненные «историческими» сюжетами. Подборку можно использовать при подготовке тематических уроков физики в 9–10-м классах с целью профессиональной ориентации учащихся.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механические свойства тел, модуль упругости, предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности, прочность на разрыв

Окончание. См. № 1/2014

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

Серия II. Старинные мосты, рельсы и балки

Магия связать чуждых две стихии...
О. Вацетис. Мосты

Московский инженерно-физический институт (научно-исследовательский ядерный университет, НИЯУ МИФИ) совместно с другими ведущими инженерными вузами страны в 2012 г. начал кампанию за возрождение интереса к профессии инженера, к техническим наукам в целом. Формы и методы работы учителя физики, направленной на реализацию этой задачи, могут быть разными. В журнале «Физика» (ИД ПС) можно найти разнообразный материал: это и задачи инженерной олимпиады (№ 11/2013), и подборки иллюстративных материалов (В.Д. Чупин, № 1/2014), на базе которых можно провести тематические классные часы, и рассказ о буднях инженера-строителя (В.И. Черкасов, см. настоящий номер), и тематические подборки задач (например, А.А. Князева), и экспериментальные ученические исследовательские работы. Выстроить свою «инженерную» политику в старших классах* учитель мог бы, например, в такой последовательности: тематический классный час → экскурсия (музей транспорта, краеведческий и т. п.) → подборки задач → экспериментальные задачи → инженерная олимпиада (в конце года). Было бы ценно реализовать эту работу в рамках времени, отводимого на классные часы (частично) и проектно-исследовательскую деятельность. Эффективность «инженерной» политики учителя физики может быть достигнута при согласованности и последовательности проведения

мероприятий: классных часов, экскурсий, подборки задач; наглядности разбираемых вопросов и решений (ученики буквально «должны мочь потрогать» всё то, о чём идёт речь на занятиях), зрелищности (задания должны апеллировать не только к уму, но и к сердцу, душе ученика).

Одним из действенных способов повышения мотивации, как нам кажется, является обращение к истории техники, к её прошлому и настоящему. На основании такого подхода мы построили серию I задач «На звание инженера путей сообщения» (см. № 1/2014), которая нам видится в тематической «связке» с интересным иллюстративным материалом В.Д. Чупина. Настоящая серия ориентирована на статью В.И. Черкасова (см. с. 41) об испытаниях мостов на прочность.

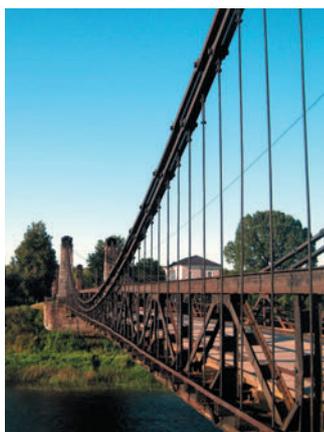
При решении предлагаемых задач ученики столкнутся с непривычной для них системой единиц. В инженерии и технике зачастую используют *практически удобные единицы*, в том числе и устаревшие; часто площадь сечений принято выражать в мм² или см², плотность – в г/см³ или т/м³, энергию – в калориях, а силу и давление – в кГ (килограмм-силах, обозначается также кгс) и кГ/см² соответственно. Уже тридцать лет назад, когда автор этих строк закончил школу, калории и килограмм-силы были объявлены «вне закона» школьной физикой, но и до сих пор по роду своей деятельности мне приходится встречать их в научных статьях, на шкалах приборов и тому подобное. Другая сложность – *инженерные* формулы, которые ниже приведены без вывода. На 2–3-м курсах института они, конечно, получают обоснование, но мы в школьной физике привыкли не давать формулы без вывода. Как быть? Рассматривая такие понятия, как распределённая нагрузка, сопротивление изгибу, необходимо обратиться к «внешкольному» опыту учеников, а где-то использовать демонстрационный эксперимент (как в случае нагружения рельса). Но есть ещё и другое: инженер в своей деятельности часто использует уже *готовые формулы*, хорошо зная лишь область их применения. Поэтому в подобных ин-

Печатается в сокращении. Полный текст см. в ЭП. – Ред.

*Именно тогда у ученика появляется необходимость осознанного выбора если не будущей профессии, то направления приложения своих сил в будущем.



Цепной мост через р. Великая в Острове. Фото нач. XX в.



Фрагмент цепи ▲
 ◀ Несущая железная цепь, вертикальный подвес и железная ферма моста

женерных задачах, сказав к «радости» учеников об использовании уже «готовых» формул, нужно обратить их внимание на условия применения: статическое нагружение, распределённая нагрузка, невесомая балка..., пояснив насколько это важно. Яркий пример последних лет – танцующий мост через Волгу, когда проектировщики и строители не учли условий возможного резонанса.

Цепные мосты

Один из красивейших мостов Москвы – Крымский, отметивший в прошлом году своё 75-летие, имеет необычную конструкцию – цепную. Однако старейшие из действующих в нашей стране цепных мостов – это мосты через два рукава реки Великой в г. Остров.

Осенью прошлого года мосты перешагнули через очередной юбилей – им исполнилось по 160 лет. Мосты возводились в 1851–53 гг. по проекту и под руководством инженера путей сообщений и публичных зданий М.Я. Краснопольского, сооружение было закончено 19 ноября 1853 г. (подробнее см. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Цепные_мосты_\(Остров\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Цепные_мосты_(Остров))). Пролётное строение каждого моста состоит из двух несущих железных цепей, вертикальных подвесок проезжей части и двух ферм жёсткости, служащих для уменьшения прогибов и колебаний, возникающих при движении по мосту экипажей, повозок и людей. При строительстве мостов проверялось качество используемого железа. Например, партия звеньев признавалась пригодной, только если все выбранные из неё звенья выдерживали испытания [<http://mefody60.livejournal.com/47904.html>].

Вертикальные подвесы, выполненные в виде круглых прутков, подвергаются в основном деформации растяжения. Рассмотрим задачу по экспериментальному изучению деформации растяжения такого прута [1].

- [1, № 525*]. Для исследования сорта литого железа был взят образец в виде круглого стержня сече-

нием 2 см и 20 см длиной. Этот образец подвергался растяжению, причём через некоторые промежутки времени отмечались величина растягивающей силы P и соответствующее удлинение ΔL (результаты измерений представлены в таблице). Изобразите эти результаты графически, построив два графика в разном масштабе: полной диаграммы и начального участка**.

План решения: переведите усилие из кГ в кН; найдите стандартную диаграмму растяжения (например, <http://sopromat.vstu.ru/tema02-21.html>); постройте график растяжения по табличным данным; сравните экспериментальный и теоретический графики; определите по графику диапазон нагрузки, где выполняется закон Гука; определите предел пропорциональности и примерное значение условного предела текучести; вычислите модуль Юнга; оцените прочность на разрыв; все рассчитанные величины переведите в систему СИ.

- предел пропорциональности $\sigma_{\text{пл}} \approx 1900 \dots 2200 \text{ кГ/см}^2$
- модуль Юнга $E \approx 2,16 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^2$
- прочность на разрыв $\sigma_{\text{max}} \approx 3,8 \cdot 10^3 \text{ кГ/см}^2$.

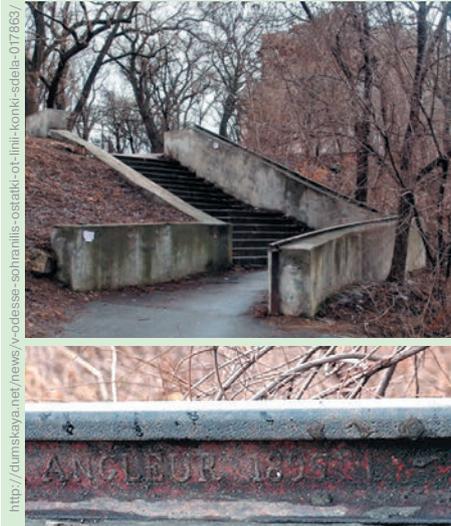
Сравнение с табличными данными показывает, что исследуемый образец имел прочностные и упругие характеристики, указанные в справочнике для отожжённой проволоки, а прочность на разрыв соответствовала мягкому литому железу.

Выводы: • упрощённая теоретическая диаграмма растяжения для наглядности строится не в масштабе • прочностные характеристики одного и того же материала (железа) зависят, в частности, от способа получения (технологии).

**Условия задач, расчёты и ответы приведены в практической системе единиц в предположении неизменности площади поперечного сечения образца. Подробный расчёты см. в электронных приложениях (ЭП).

Эксперимент. данные	
P , кГ	ΔL , мм
2000	0,059
4000	0,0118
6000	0,177
7000	0,220
8000	14,0
10 000	20,0
12 000	45,0
12 000	55,0
12 000	54,0
–	Разрушение

*Условие и вопросы задачи частично изменены. – М.Б.



почти в два раза (марка Р50–Р75 означает, что масса 1 м примерно 50–75 кг!). Связано это, прежде всего, с возросшей нагрузкой, которую на рельсы оказывают проходящие составы. Старинный рельс значительно тоньше современного. Уже при постройке первых железных дорог в Англии учёный и инженер П. Барлоу провёл опыты с рельсами разных профилей [5]. Сложившийся к сегодняшнему дню профиль может быть с успехом объяснён в рамках инженерной научной дисциплины *сопротивление материалов*. Детальное объяснение выходит за рамки школьного курса, тем не менее, физика позволяет наглядно представить на моделях, что причина – в возникающих под нагрузкой напряжениях. Ненапряжённое стекло «свободно» пропускает поляризованный свет, если же в нём возникают механические напряжения, то, поместив образец между поляризатором и анализатором, при проецировании на экран получают в белом свете цветную интерференционную картину, по распределению цветов которой можно судить о распределении механических напряжений [7]. Обычно в школьной демонстрации сразу показывают распределение напряжений в балке (двутавре), однако для понимания важнее увидеть распределение в плоской пластине: максимальные напряжения охватывают как раз профиль двутавра, оставляя другие области практически ненапряжёнными, значит, без потери для прочности балки, эти области можно изъять

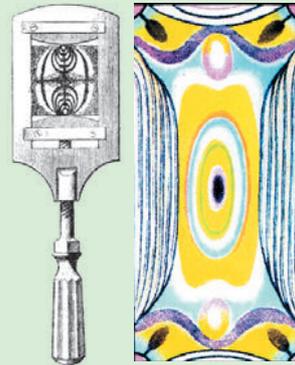
В Одессе рядом с трамвайной остановкой «Херсонский сквер» есть неказистая с виду небольшая лестница с невысоким бетонным парапетом, в один из которых вместо перил-поручней вмонтированы старинные рельсы. За прошедшие сто лет форма железнодорожного рельса не претерпела столь решительного изменения, сколько его «погонный вес», то есть масса 1 метра: она увеличилась



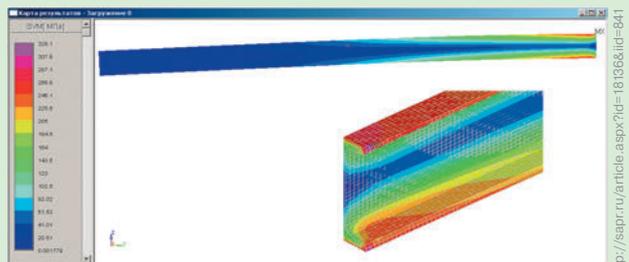
Рельс бельгийского производства 1895 г. [4]



Рельс Р65, наше время, ООО «Первая рельсовая компания»



Стеклянная пластинка в ручном прессе и интерференционная картина в поляризованном свете, угол между поляризатором и анализатором 45° [6]



Карта распределения интенсивности полных деформаций 3D-модели

Загадки старинного рельса

Сто восемьдесят лет назад по *чугунным* «колёсопроводам» пробежал первый в России паровоз Черепановых. С тех пор паровозы стали вновь редкостью, да и не похожи они на своих прадедушек начала XIX в., колёсопроводы стали называться *рельсами* и делают их из стали, но вот форма рельсов – их профиль – изменился мало (первые рельсы были грибовидной формы, без подошвы, изобретённые англичанином Джессоном в 1789 г. [3]).

Когда движется поезд, то рельсы, фермы моста и опоры испытывают динамическую нагрузку, которую рассчитывать довольно сложно. Но задачи, в которых рассматриваются нагрузки, вызываемые покоящимися телами, вполне нам под силу.

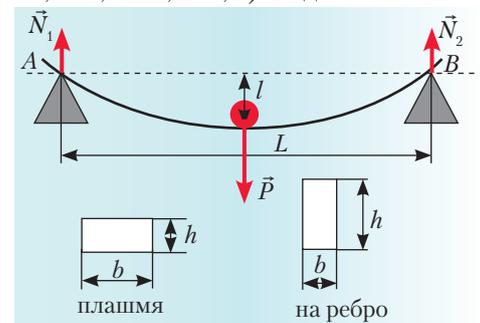
При статическом нагружении происходит *деформация изгиба*.

[1, № 540*]. Если балка с прямоугольным сечением в b см шириной и в h см высотой лежит горизонтально, свободно опираясь на подставки, отстоящие на L см расстояния, и если на середину балки

действует вертикальная сила P , то прогиб балки посередине («стрела прогиба») выражается (в сантиметрах) формулой:

$$l = \frac{1}{4} \cdot \frac{L^3}{bh^3} \cdot \frac{P}{E}.$$

Стальная полоса 3 см × 0,5 см длиной $L = 2$ м опирается своими концами на подставки, посередине полосы размещён груз весом $P = 5$ кГ. Модуль Юнга $E = 2,2 \cdot 10^6$ кГ/см². Определить стрелу прогиба: а) когда полоса лежит *плашмя*, то есть $h = 0,5$ см, $b = 3,0$ см; б) когда полоса поставлена *на ребро*, то есть $h = 3,0$ см, $b = 0,5$ см. Силу считать приложенной в точке



приложенной в точке посередине в точках A и B . Силу считать приложенной в точке посередине в точках A и B . Силу считать приложенной в точке посередине в точках A и B .

Решение

– плашмя:

$$l = \frac{1}{4} \cdot \frac{8 \cdot 10^6}{3 \cdot 0,125} \cdot \frac{5}{2,2} \cdot 10^{-6} \approx 12,1 \text{ см};$$

– на ребро:

$$l_{\text{см}} = \frac{1}{4} \cdot 8 \cdot \frac{10^6}{0,5 \cdot 27} \cdot \frac{5}{2,2} \cdot 10^{-6} \approx 0,34$$

[1, № 544*]. Если балка длины L см с прямоугольным сечением $b \cdot h$ см² прочно закреплена в концах, то стрела прогиба балки под собственным весом P (кГ) определяется формулой:

$$l = \frac{1}{32} \cdot \frac{L^3}{bh^3} \cdot \frac{P}{E}.$$

Получите формулу для l , выразив массу (вес) балки через плотность ρ и её геометрические размеры, для случая «балка, поставленная на ребро» (см. задачу № 540), рассчитайте стрелу прогиба под собственным весом.

Решение

$$P = \rho Lbh \rightarrow l = \frac{1}{32} \cdot \left(\frac{L^2}{h}\right)^2 \cdot \frac{\rho}{E} \rightarrow$$
$$\rightarrow l = \frac{1}{32} \cdot \left(4 \cdot \frac{10^4}{3}\right)^2 \cdot \frac{7,8 \cdot 10^{-3}}{2,2 \cdot 10^6} \approx 0,2 \text{ мм}.$$

Выводы

Стальная пластина, доска, поставленные на ребро, оказывают сопротивление изгибу в десятки раз большее, чем положенные плашмя, поэтому деревянные стропила крыш, половые балки, цепи мостов ставят «на ребро».

Стрела прогиба балки (доски) под собственным весом (когда, каждый элемент является одновременно и опорой, и грузом!) прямо пропорциональна длине балки в четвёртой степени, обратно пропорциональна квадрату её высоты и не зависит от её ширины (широкая и узкая доски равной высоты прогнутся под собственным весом одинаково!).

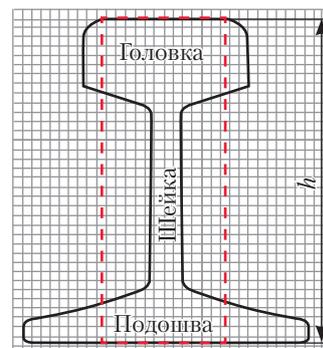
Полученная формула указывает границы применимости модели недеформируемого тела. В рассмотренном случае стрела прогиба 0,2 мм, что соответствует углу $\approx 41''$, так что для многих задач таким прогибом можно пренебречь и считать стальную балку прямой.

[1, № 543*]. Стрела прогиба рельса длиной $L = 7$ м и высотой $h = 14$ см (без учёта деформации под собственным весом) при точечном приложении нагрузки в середине рассчитывается по формуле:

$$l = \frac{1}{48} \cdot \frac{L^3}{0,032 \cdot h^4} \cdot \frac{P}{E}.$$

Для груза весом (массой) 500 кГ рассчитать: а) стрелу прогиба рельса; б) стрелу прогиба балки, высота которой равна высоте рельса h , а ширина такая же, как у головки рельса (ширину головки определить из рисунка, зная высоту рельса).

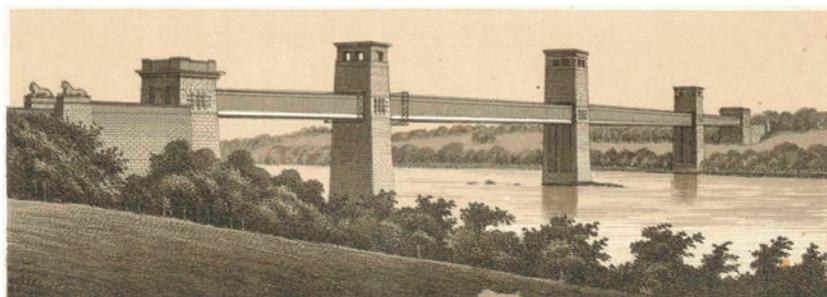
Ответы. а) $\approx 1,32$ см; б) $\approx 1,01$ см.



Вывод. Стрела прогиба стальной балки такой же ширины, что и головка рельса, при одинаковой нагрузке примерно на 30% меньше. Уменьшив её ширину, мы получим балку той же прочности, что и рельс с широкой подошвой (сечение показано на рисунке красной пунктирной линией), но с большим количеством металла и меньшей устойчивостью.

Трубчатые мосты

«Сооружение первых железных дорог сообщило сильный толчок дальнейшему развитию науки о сопротивлении материалов, поставило перед ней ряд новых проблем (в особенности в области строительства мостов), требовавших практического разрешения. В качестве материалов для строительства мостов вначале применялись камень и чугун. <...> Выяснялась необходимость в более надёжном материале, и, начиная с 1840 г., в строительстве получило быстрое распространение сварочное железо. <...> В то время уже существовали висячие мосты больших пролётов, однако большая податливость их при действии тяжёлых подвижных нагрузок делала их непригодными для обслуживания железнодорожного транспорта. Требовались более жёсткие конструкции <...> Роберт Стефенсон подал мысль о сооружении мостов в виде труб достаточно больших поперечных размеров, чтобы поезд могли проходить внутри них» [5].

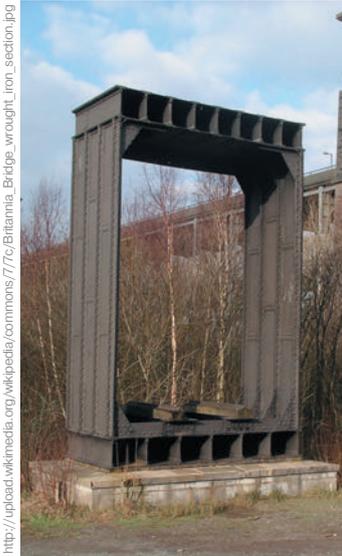


Мост «Британия» через пролив Менай соединяет остров Англиси (Энглези, Anglesey) с основной территорией Уэльса. Сооружён в 1850 г. Р. Стефенсоном (сыном изобретателя паровоза Дж. Стефенсона)

http://static0.casgliad.sequence.co.uk/Cluster/Media/Items/000/000/024/500/Thumbnail/originalimage.jpg?v=0



W. Lizars (1788–1859). Вид на въезд на мост «Британия» со стороны Бангора (С. Уэльс), 1850 г. Надпись гласит: «Сооружён в 1850 г. от рождения Христова инженером Робертом Стефенсоном»



Секция моста

[1, № 696*]. Железнодорожный мост через пролив Мэнай (между Уэльсом и островом Англеси) состоит из двух цельных труб, проложенных параллельно друг другу. Длина каждой трубы $L = 461$ м. Температура моста в течение года колеблется между -10 °С и $+35$ °С. а) На сколько изменяется длина трубы? б) Каково механическое напряжение в конструкции моста, если предположить, что его торцы закреплены? Принять коэффициент линейного расширения $\alpha = 1,1176 \cdot 10^{-5}$ С $^{-1}$, модуль Юнга $E = 1,68 \cdot 10^6$ кГ/см 2 .

Ответ. $\Delta L \approx 24$ см; $\sigma \approx 875$ кГ/см 2 .

Вывод. Полученное значение σ примерно на 100 кГ/см 2 превышает допустимое механическое напряжение, рассчитанное инженерами при строительстве моста для использованного сварочного железа (788 кГ/см 2). Следовательно, конструкция должна предусматривать температурное изменение длины ферм моста (торцы ферм не могут быть «просто» закреплены, инженеры «Британии» учитывали также и неравномерность нагрева элементов конструкций под действием солнечных лучей!).

Литература

1. Цингер А.В. Задачи и вопросы по физике. 8-е изд. Л.-М.: ГОНТИ. 1938.
2. Hütte. Справочная книга для инженеров, архитекторов, механиков и студентов. 9-е изд. Ч. I ред. Г.Л. Занденберг. М.: Скоропечатня А.А. Левенсон. 1916.
3. Данилевский В. Очерки истории техники XVIII – XIX вв. М.-Л.: ГСЭИ, 1934.
4. Hütte. Справочная книга для инженеров, архитекторов, меха-



Мост «Британия», способный выдерживать большие динамические нагрузки, вызываемые движением поездов, и не мешающий судоходству в проливе. Сооружён в виде двух основных пролётов длиной около 140 м каждый и двух дополнительных пролётов примерно по 70 м. Общая длина моста в виде единой трубы составила около 1511 футов (≈ 461 м). В 1970 г. перестроен в связи с пожаром

ников и студентов. / 9-е изд. Ч. III Ред. Г.Л. Занденберг. М.: Скоропечатня А.А. Левенсон, 1917.

5. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. / 2-е изд. М.: КомКнига, 2006.
6. Итоги науки в теории и практике. Т. I. /Ред. М.М. Ковалевский и др. М.: Т-во Мир, 1915.
7. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч. II. /Под ред. А.А. Покровско-го. М.: Просвещение, 1968.

Реклама

АКАДЕМИЯ POLYMEDIA

передовые технологии — продвинутые учителя

Дистанционные курсы
и вебинары по созданию
интерактивных уроков
в ActivInspire и SMART Notebook



очень
давно

давно

недавно

сейчас



8 495 956-85-81 tc@polymedia.ru

Физические основы нанотехнологий



На доступном для учеников старших классов средней (полной) общеобразовательной школы уровне изложены основные положения корпускулярно-волнового дуализма вещества, история их формирования, принципы описания состояния микрообъектов в квантовой механике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии, корпускулярно-волновой дуализм вещества, волна де Бройля, дифракция электронов, планетарная модель атома, квантовые постулаты Бора, квантовые числа, волновая функция, соотношение неопределенностей, орбитали, энергетические зоны

Продолжение. См. № 2/2014

Н.В. ЛАТУХИНА

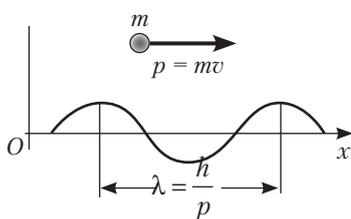
natalat@yandex.ru,

к. т. н. (ГОУ ВПО СамГУ,

г. Самара)

Лекция 2. Формирование квантовых основ наномира. Корпускулярно-волновой дуализм вещества

2.1. Волновые свойства вещества [1, 2]. Гипотезу о волновой природе частиц выдвинул в 1924 г. французский учёный Луи де Бройль (слайд 1). Исходной посылкой послужило убеждение, что в природе существует симметрия, и если свет проявляет свойства и частицы, и волны, то и частицы вещества должны проявлять волновые свойства. Другими словами, корпускулярно-волновой дуализм является общим свойством материи – как излучения, так и вещества. Прямолинейно-



Волна де Бройля, соответствующая частице с импульсом p , движущейся вдоль оси x [3]

му равномерному движению частицы, обладающей массой m и скоростью \vec{v} , можно сопоставить монохроматическую волну (впоследствии названную *волной де Бройля*) с длиной волны λ , распространяющуюся в том же направлении (см. рисунок). Параметры этой волны можно определить, воспользовавшись формулой для импульса фотона: $\lambda = \frac{h}{p}$, где $p = mv$ – модуль импульса частицы.

Согласно представлению де Бройля, любой движущейся частице можно сопоставить свою волну, однако не всегда такую волну можно обнаружить. Для тел макромира, имеющих слишком большую

массу эти волны очень короткие. Например, длина волны де Бройля для мячика массой 0,20 кг, движущегося со скоростью 15 м/с, равна $2,2 \cdot 10^{-34}$ м. Пока не существует инструментов, позволяющих измерить такую малую величину. Даже для микроба массой 10^{-15} кг, движущегося со скоростью 1 мкм/с, длина волны де Бройля составляет порядка 0,001 нм, что также за гранью наших измерительных возможностей. А вот для электрона, чья масса составляет $9 \cdot 10^{-31}$ кг, волновые свойства достаточно заметно себя проявляют даже при очень больших скоростях движения.

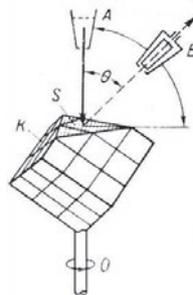
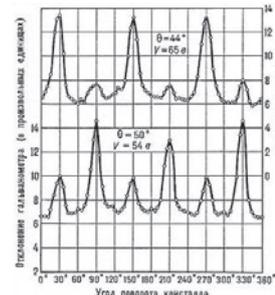


Схема опыта Дэвиссона–Джермера и картина дифракции электронов. А – источник электронов, В – приёмник электронов, подсоединённый к гальванометру, К – кристалл никеля, О – ось вращения кристалла, S – плоскость отражения электронов [4]

<https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:AND9Gc5E1qqr7TtAkePXyGKnfMfBFjRjXGHP3zOebyt1qGBUYTORJkz>



https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2BOW_rk2X_y0d7vgr1WIKM1TDNltsDokWNo6IRmKCOKu

Экспериментально волновые свойства электрона были обнаружены в 1927 г.: американские физики К. Дэвиссон и Л. Джермер наблюдали дифракцию электронов на монокристаллах никеля (слайд 2).

Явление дифракции на кристаллах коротких электромагнитных волн было открыто в 1912–1913 гг. независимо М. фон Лауэ и отцом и сыном Брэггами. Кристаллы обладают высокой степенью упорядоченности, атомы в них располагаются в трёхмерной периодической кристаллической решётке, кристаллографические плоскости которой представляют собой систему препятствий для коротковолнового (рентгеновского) электромагнитного излучения. Огибая эти препятствия,

Печатается в сокращении. Презентацию и полный текст с контрольными тестовыми заданиями к каждому подразделу, а также задачи с решениями и задачи для самостоятельного решения с ответами см. в ЭП. – Ред.

волны интерферируют и дают на экране (или на фотопластинке) характерную картину периодического чередования максимумов и минимумов. Аналогичную дифракционную картину Дэвиссон и Джермер наблюдали для пучка электронов, отражённых от поверхности монокристалла никеля, только роль фотопластинки играл гальванометр. Электроны в пучке, ускоряясь разностью потенциалов 100 В, приобретали скорость почти $6 \cdot 10^6$ м/с. Длина волны де Бройля для такого электрона равна $1,2 \cdot 10^{-10}$ м = 0,12 нм, что соответствует межатомному расстоянию в кристалле никеля, так что его кристаллографические плоскости стали эффективными препятствиями для «электронных волн».

Позднее дифракционные картины наблюдались и при прохождении пучка электронов через тонкие фольги металлов, а также при отражении от металлов более тяжёлых частиц – протонов, нейтронов и даже атомов и молекул, подтверждая гипотезу де Бройля о наличии волновых свойств у любых частиц. Причём волновыми свойствами обладает именно каждая частица, а не поток, состоящий из большого числа частиц. Даже если пропускать через кристалл столь слабый поток электронов, что одновременно внутри кристалла будет находиться не более одного проходящего электрона, то каждый из них будет проявлять волновые свойства, и дифракционная картина будет определяться длиной волны де Бройля.

Квантовые представления оказались плодотворными и в развитии атомистической теории строения вещества, существенный шаг в котором сделал датский учёный Н. Бор, применивший идеи Планка и Эйнштейна для построения квантовой теории атома.

2.2. Модель атома водорода и квантовые постулаты Бора [1, 5]. Попытки построить физику атома на основе представлений классической физики натолкнулись на непреодолимые трудности, связанные с неприменимостью многих классических понятий к микромиру. Эксперименты под руководством английского физика Э. Резерфорда привели его к построению планетарной модели атома: вокруг тяжёлого положительно заряженного ядра диаметром порядка 10^{-12} м под действием сил кулоновского притяжения вращаются по круговой орбите диаметром порядка 10^{-10} м лёгкие отрицательно заряженные электроны, подобно тому как планеты вращаются вокруг Солнца под действием сил гравитации. Однако, по законам классической электродинамики, электрон, движущийся по круговой орбите, должен непрерывно испускать электромагнитные волны как заряд, движущийся с ускорением. Энергия электрона будет уменьшаться, будет уменьшаться радиус круговой орбиты, и, в конце

концов, электрон должен упасть на положительно заряженное ядро. В действительности этого не происходит, и атом проявляет необъяснимую с точки зрения классической физики устойчивость.

Н. Бор (слайд 3) предложил дополнить планетарную модель некоторыми квантовыми принципами. Они противоречили основным положениям классической физики и потому носили характер *постулатов*, то есть положений, принимаемых без доказательства. Построенная теория не только предлагала принципиально новое решение проблемы устойчивости атомов, но и впервые объяснила дискретный вид спектров газообразных веществ, а также их закономерности. Сохранив существенные черты планетарной модели атома Резерфорда (вращение электронов вокруг ядра по круговым орбитам), Бор постулировал, что, во-первых, атом может находиться только в особых стационарных состояниях, в которых атом не излучает и обладает определённой энергией (*первый постулат Бора*). Во-вторых, при переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_n в другое стационарное состояние с энергией E_m излучается или поглощается квант энергии, равный разности энергий стационарных состояний (*второй постулат Бора*): $h\nu_{nm} = E_n - E_m$.

Постулаты Бора послужили основой, краеугольным камнем для построения принципиально новой – *квантовой* – механики для описания объектов и явлений *микромира*, мира атомов и молекул (а теперь мы пользуемся ею для описания объектов наномира). Из них автоматически следует дискретный характер электромагнитного излучения, объясняются линейчатые спектры атомарных газов. Электроны в атоме могут занимать только определённые «разрешённые» орбиты, радиусы которых должны отвечать следующему условию (*правило квантования орбит Бора*): $2\pi mvr_n = nh$, где m – масса электрона, v – линейная скорость его движения по орбите, r_n – радиус орбиты, n – целые положительные числа, получившие впоследствии название *главных квантовых чисел* (они могут быть истолкованы как номера стационарных орбит).

Можно показать (см. ЭП), что энергетический спектр электрона в атоме *квантован*, то есть энергия электрона может быть только одной из набора разрешённых значений, определяемых целыми числами n . Для первой стационарной орбиты электрона в атоме водорода расчёт даёт значение энергии $E_1 = -13,6$ эВ = $-21,76 \cdot 10^{-19}$ Дж. Эта величина определяет *энергию ионизации* атома водорода, то есть энергию, которую надо затратить, чтобы перевести электрон с первой стационарной орбиты на бесконечно удалённую ($n = \infty$).

Если теперь подставить полученное выражение для энергии электрона во второй постулат Бора, по-

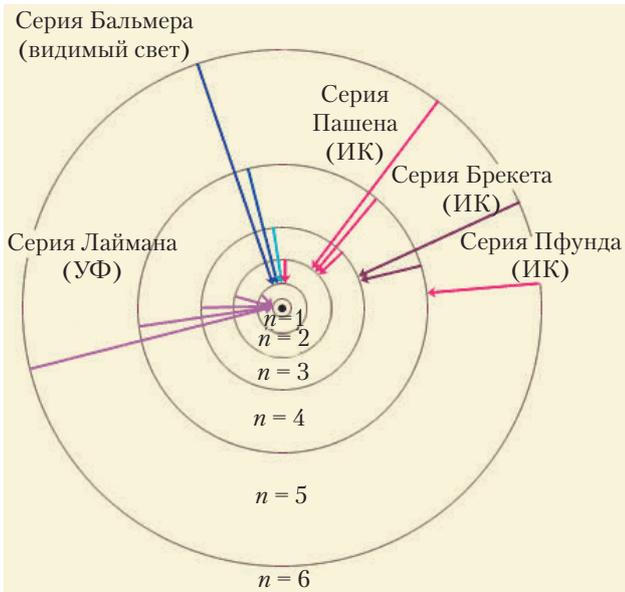


Схема разрешённых орбит в атоме водорода. Прямыми линиями указаны переходы, соответствующие наблюдаемым частотам линейчатого спектра водорода [6]

лучим формулу, выражающую квантовый характер спектра электромагнитного излучения:

$$h\nu = E_n - E_m = \frac{kZe^2}{2a_0} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Отсюда легко получить формулу Й. Ридберга (см. в ЭП формулу (1.1), лекция 1, § 1.2) для частот линейчатого спектра атома водорода, и вычислить константу R : по порядку величины она совпадает с определённой экспериментально, а также все наблюдаемые линии этого спектра во всех исследованных сериях: Лаймана (ультрафиолетовая), Бальмера (видимая), Пашена и других (инфракрасные).

Условие стационарности орбит, определяемое правилом квантования, было гениальной догадкой Бора, но после открытия волновых свойств у электрона и других частиц оно обрело глубокий смысл, оказавшись прямым следствием корпускулярно-волнового дуализма материи. Каждая орбита в атоме водорода соответствует волне, распространяющейся по сфере около ядра атома. Стационарная орбита соответствует стоячей волне де Бройля на длине орбиты. В стационарном квантовом состоянии атома водорода на длине орбиты должно укладываться, по идее де Бройля, целое число длин волн: $n\lambda_n = 2\pi r_n$.

Теория Бора встретила трудности при попытках описания более сложных, многоэлектронных

атомов, не могла объяснить объединения атомов в молекулы и так далее. Кроме того, эта теория была внутренне противоречива: квантовые принципы вводились искусственно в классическое описание движения электрона как частицы. Учитывая корпускулярно-волновой дуализм электрона, его движение нельзя описывать как движение классической частицы. В то же время и представление электрона волной де Бройля не даёт исчерпывающего объяснения его свойств. Разрешение всех противоречий и проблем, вскрывшихся при исследовании атомных явлений, было достигнуто в результате создания *квантовой механики*, в которой синтез волновых и корпускулярных представлений осуществляется на основе принципиально отличного от классического подхода к описанию движения.

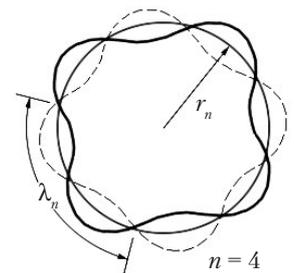
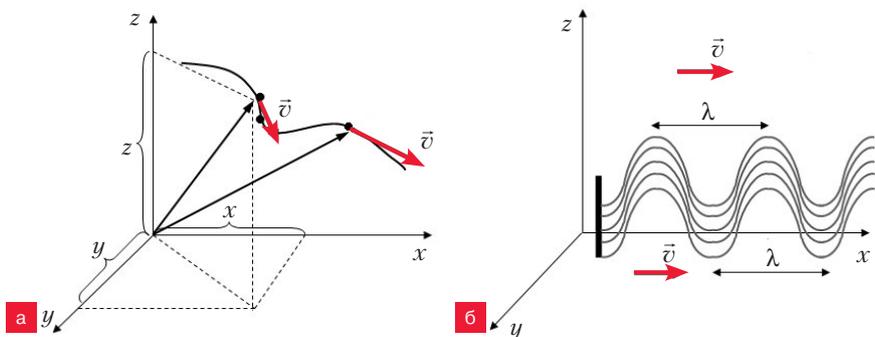


Схема образования стоячей волны де Бройля на орбите с $n = 4$ [6]

2.3. Описание движения в классической и квантовой механике [3, 7].

В классической механике движение частицы (корпускулы) и волны описывается по-разному. Описание движения частицы, даже если она достаточно велика, в большинстве случаев можно свести к описанию движения точки – *траектории* (слайд 4). Выбрав систему координат, в любой момент времени можно определить координаты, а зная уравнения движения – рассчитать скорость, импульс, энергию. Характер движения частицы задаётся действующими на неё силами, все характеристики движения частицы можно определить, решив уравнение Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F}$, где m – масса частицы, \vec{a} – её ускорение, \vec{F} – равнодействующая сила. Иными словами, движение частицы *локализовано* в пространстве и времени.

В отличие от частицы, волна распределена по некоторому объёму пространства и в каждой точке с определёнными координатами характеризуется скоростью, энергией, импульсом, значения которых непрерывно изменяются со временем (слайд 5).



Изображение движения в пространстве: а – частицы; б – волны [2]

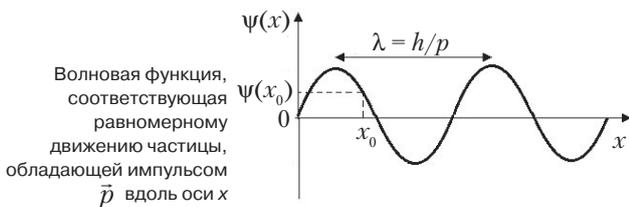
Главной пространственной характеристикой является *длина волны* λ , определяемая как пространственный период, то есть минимальное расстояние между точками, колеблющимися в одинаковых фазах, или как расстояние, которое точка с постоянной фазой проходит за время, равное периоду колебаний T . Скорость волны характеризует скорость и направление распространения колебаний, а также скорость переноса энергии. Энергетическими характеристиками волны являются *плотность энергии* (количество энергии в единичном объёме) и *поток энергии* (количество энергии, переносимое через заданную площадку в единицу времени). Уравнение волны описывает распространение колебаний в пространстве. Например, в случае *одномерной поперечной* волны показывает отклонение от положения равновесия точки с координатой x в момент времени t :

$$v(x, t) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right),$$

где A – амплитуда колебаний. «Мгновенный снимок» такой волны в некоторый момент времени представляет синусоиду.

Синтез волновых и корпускулярных представлений осуществляется ценой отказа от *детерминизма*, предполагающего возможность точного и одновременного измерения всех физических величин, характеризующих частицу. В квантовой механике положение частицы можно определить лишь с некоторой вероятностью в заданном объёме пространства. Эта вероятность определяется выбранным объёмом пространства и значением *волновой функции* ψ , которая ассоциируется с волной де Бройля. Явный вид волновой функции $\psi(x, y, z, t)$ определяется *уравнением Шрёдингера*, которое в квантовой механике занимает то же место, что и уравнения Ньютона в классической физике, а по сути является волновым уравнением для волны де Бройля с длиной волны λ . Волновая функция зависит от координат и времени и выражается *комплексным числом*. Квадрат её модуля $|\psi(x, y, z)|^2$ определяет вероятность найти частицу в точке с координатами (x, y, z) , находящейся в единичном объёме, то есть *плотность вероятности*. Другими словами, вероятность Δw найти частицу в объёме ΔV составляет: $\Delta w = |\psi(x, y, z)|^2 \cdot \Delta V$.

В одномерном случае, когда частица равномерно движется вдоль координатной оси x , её волновую



функцию можно представить синусоидой, аналогичной одномерной поперечной волне.

Все остальные характеристики движения частицы также имеют вероятностный характер, то есть их численные значения определяются с какой-то вероятностью с помощью той же волновой функции, однозначно определяющей состояние квантовой системы.

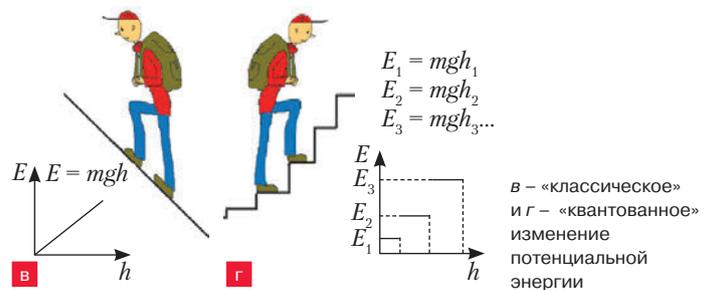
Для главных параметров движения – импульса и энергии – выполняется *принцип неопределённости*, установленный немецким физиком В. Гейзенбергом:

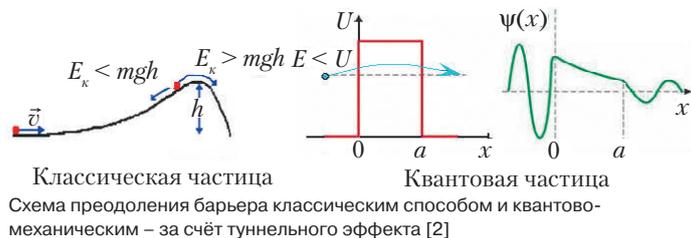
$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi}; \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi},$$

где символ Δ обозначает точность определения соответствующей величины. Границы этой точности задаются постоянной Планка. Чем точнее определяется одна из величин, входящих в соотношение, тем менее точно определяется вторая. Принцип неопределённости подчёркивает различие в описании движения в классической и квантовой механике. Если в классической механике в каждой точке траектории частицы с заданными точно координатами значение её импульса задаётся так же точно, то в квантовой механике частица не движется вдоль траектории и не может одновременно иметь точные значения и координаты, и импульса. Это вытекает из её двойственной корпускулярно-волновой природы. Ведь понятие «длины волны в данной точке» не имеет смысла. А поскольку импульс частицы, по теории де Бройля, выражается через длину волны, то из соотношения неопределённостей следует, что частица с точно определённым импульсом не имеет определённой координаты, и наоборот, если частица занимает определённое положение в пространстве, значение её импульса не определено.

Точность определения энергии связана с точностью задания интервала времени, за которое она измеряется. Любая характеристика движения может быть определена лишь с некоторой конечной точностью, в пределах интервала, задаваемого соотношением неопределённостей Гейзенберга. Вместо чёткой линии – траектории движения – для квантовой частицы можно определить лишь некоторый объём пространства, в пределах которого эту частицу можно обнаружить с некоторой вероятностью.

Энергия свободной частицы, на которую не действуют никакие силы, и в классической, и в квантовой механике изменяется плавно (*слайд 6*). Энергия частицы,





Классическая частица Квантовая частица
 Схема преодоления барьера классическим способом и квантово-механическим – за счёт туннельного эффекта [2]

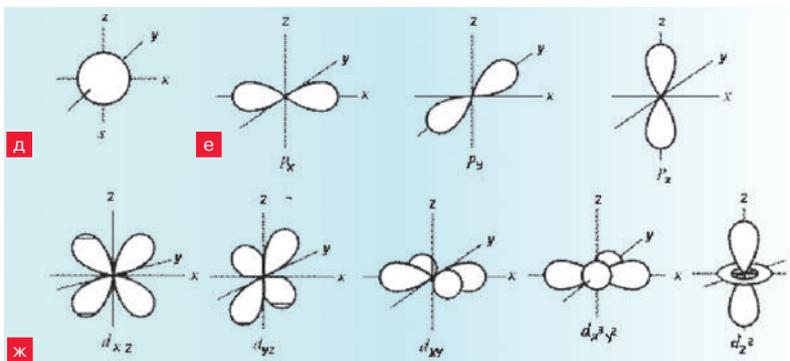
находящейся в силовом поле, в квантовой механике, в отличие от классической, может изменяться только скачками – квантами. Можно провести аналогию: потенциальная энергия человека, восходящего в гору по гладкому склону, возрастает плавно, а поднимающегося по ступенькам – скачками.

Ещё одно существенное различие в движении классической и квантовой частицы – квантовая может пройти сквозь преграду, даже если её энергии не хватило бы для преодоления препятствия в классическом случае. Она может «просочиться», не изменяя своей энергии, как будто в преграде есть туннель. Эффект так и называется – *туннельный (слайд 7)*.

Правда, для этого преграда (барьер) должен быть достаточно тонким. Представим, что движущаяся классическая частица с кинетической энергией E_k встречает на своём пути препятствие – гору высотой h . Поднимаясь в гору, она будет терять свою кинетическую энергию, приобретая при этом потенциальную. Если запаса кинетической энергии не хватит, частица остановится, не достигнув вершины горы, и скатится обратно, то есть не преодолеет барьер. Для квантовой частицы в подобной ситуации есть отличная от нуля вероятность преодолеть барьер без изменения своей энергии – *туннелировать*, причём эта вероятность зависит не от высоты барьера, а от его ширины. Чем тоньше барьер, тем больше вероятность оказаться по другую его сторону, при этом энергия частицы не изменяется, хотя изменяется её волновая функция.

2.4. Квантово-механическая модель атома [1, 5, 7]. В квантово-механическом представлении стационарные орбиты электрона в атоме, образующие устойчивую волновую конфигурацию – стоячую волну де Бройля, представляют собой совокупность точек пространства, в которых вероятность нахождения электрона максимальна. Хотя электрон может находиться в любом месте пространства, имеются области, где вероятность выше и где он пребывает чаще. Эти обла-

Модели электронных орбиталей:
 д – s-орбитали; е – p-орбитали;
 ж – d-орбитали [8]



сти соответствуют минимальной энергии электрона. Волновая конфигурация образует трёхмерное электронное облако, или электронную оболочку – *орбиталь*, форма которой определяется квадратом волновой функции, являющейся решением уравнения Шрёдингера для электрона, находящегося в силовом поле ядра. Значения волновой функции, которые отвечают стационарным орбитам, возможны только при определённых значениях энергии электрона в атоме, называемых *разрешёнными уровнями энергии*. Они определяются формулой Бора через главное квантовое число n , которое может принимать целочисленные значения от 1 до бесконечности. Бесконечно большое значение n говорит о том, что электрон находится на бесконечно большом расстоянии от ядра, то есть является свободным, или не связанным с ядром.

Положение электрона в атоме характеризуют ещё и побочные квантовые числа: *орбитальное l*, которое может принимать значения от нуля до $(n - 1)$, и *магнитное m*, зависящее от l и принимающее значения от $-l$ до $+l$, проходя через нуль. Они отвечают за так называемое *расщепление* спектральных линий: все уровни кроме первого разделены на несколько энергетических подуровней, которые обозначают буквами s, p, d и f (нерасщепляемый энергетический уровень $n = 1$ также обозначают буквой s). Теми же буквами обозначают электронные орбитали атома. При $n = 2$ уровень расщепляется на два подуровня: s и p ; при $n = 3$ – на три подуровня: s, p и d ; при $n = 4$ – на четыре: s, p, d и f .

Орбитальное квантовое число l определяет ещё и форму орбитали: электронные s -облака имеют шарообразную форму; p -облака напоминают гантель; d -облака – пять видов кластеров из капель; f -облака – семь орбиталей более сложной формы.

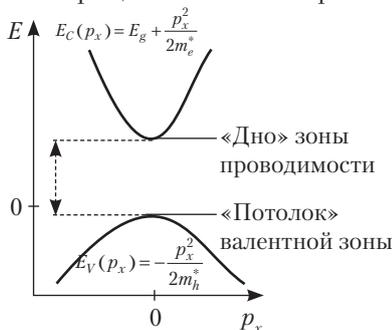
Для описания поведения одного электрона в атоме водорода достаточно трёх квантовых чисел. Для многоэлектронных атомов необходимо учитывать целый ряд новых теоретических предпосылок. Базируясь на постулатах Бора, квантовая механика в своём дальнейшем развитии объяснила и строение многоэлектронных атомов, и взаимодействие атомов друг с другом, что позволило построить кванто-

вую теорию конденсированных сред – теорию квантовой жидкости и зонную теорию твёрдого тела.

2.5. Энергия электрона в кристалле [2]. При объединении атомов в молекулу электроны самых верхних электронных оболочек – *валентных* – участвуют в образовании химической связи (*слайд 8*). Эти оболочки перекрываются, сливаются, образуя общую валентную оболочку молекулы. Если объединяются два совершенно одинаковых атома, например, при образовании двухатомной молекулы элементарного газа ($\text{H}_2, \text{O}_2, \dots$), плотность электронного облака для обоих атомов одинакова. Такая химическая связь называется *ковалентной*. Она *неполярная*, то есть у молекулы нет электрических полюсов – областей концентрации положительного и отрицательного заряда. При объединении разных атомов электрон с валентной оболочки одного атома может полностью перейти на валентную оболочку другого, так что молекулу можно представить состоящей из двух ионов, положительного и отрицательного. Такой крайний случай неравномерного распределения электронной плотности называется *ионной* связью. Она является *полярной*, электрические полюса молекулы чётко выражены. В большинстве случаев химическая связь является смешанной, с различной степенью ионности или полярности.

При взаимодействии атомов друг с другом разрешённые уровни энергии для электронов расщепляются: при образовании двухатомной молекулы их число удваивается, трёхатомной – утраивается и так далее. В твёрдом теле энергии всех электронов образуют уже целые энергетические зоны: валентную зону E_V (энергии всех валентных электронов, V – от англ. *valence*, *валентность*), зону проводимости E_C (энергии не связанных с атомами электронов, C – от англ. *conductivity*, *проводимость*) и запрещённую зону E_g (энергии, которую не может иметь ни один электрон в кристалле, g – от англ. *gap*, *щель*). Ширина запрещённой зоны равна разности энергии «дна» зоны проводимости и «потолка» валентной зоны.

Зонная структура кристаллов определяет не только их электронные характеристики, но и многие другие его физические и химические свойства. По ширине запрещённой зоны материалы делятся на металлы



Зависимость энергии электрона в кристалле от проекции его квазиимпульса на ось x [2]

($E_g = 0$, все валентные электроны могут свободно передвигаться по всему кристаллу, что обуславливает высокую электро- и теплопроводность металлов при любой температуре), полупроводники и диэлектрики. Оба последних вида кристаллов свободных электронов при абсолютном нуле температуры не имеют, их электропроводность равна нулю. С повышением температуры всё большее число валентных электронов переходит в зону проводимости, электрическое сопротивление полупроводников и диэлектриков падает. В полупроводниках E_g меньше, чем в диэлектриках, поэтому переход электрона в зону проводимости требует значительно меньшей энергии, их сопротивление меньше.

После ухода электрона с валентной оболочки в ней образуется свободное место – *дырка* (анг. *hole*). На это место может перейти электрон с валентной оболочки соседнего атома, так что дырка будет как бы передвигаться по кристаллу, подобно свободной заряженной частице, поэтому она называется *квазичастицей*. Электрон в зоне проводимости кристалла также является квазичастицей – из-за наличия кристаллической решётки и других электронов его характеристики отличаются от аналогичных характеристик свободного электрона, движущегося вне кристалла.

Итак, в кристалле существуют не изолированные свободные электроны, а квазичастицы-волны, электроны проводимости и дырки. Они обладают *эффективной* массой m^* , которая составляет 0,1–2 массы свободного электрона, а также *квазиимпульсом*, величина которого связана с длиной волны де Бройля:

$$p = \frac{h}{\lambda}.$$

Энергия электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне выражается через их квазиимпульс и эффективную массу так же, как кинетическая энергия свободных электронов выражается через их импульс и массу:

$$E = \frac{p^2}{2m^*}.$$

В отличие от свободного электрона, масса которого является константой, не зависящей от параметров его движения, эффективная масса электронов проводимости и дырок зависят от их энергии, то есть от их положения в зонах. Наименьшей эффективной массой обладают электроны с энергией у «дна» зоны проводимости и дырки у «потолка» валентной зоны. Чем дальше вглубь соответствующей зоны, тем «тяжелее» становятся квазичастицы. А вот электрический заряд квазичастиц, как и свободных частиц, является константой и равен по модулю электрическому заряду свободного электрона: $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, у электронов проводимости он отрицательный, у дырок – положительный.

Зонная теория твёрдого тела описывает модель кристалла с бесконечно большим числом атомов, когда его размеры по всем трём измерениям много больше атомных и движение электронов по всему объёму кристалла соответствует распространению бесконечной волны де Бройля. Картина существенно меняется, если размер кристалла хотя бы по одному из направлений приближается к нанометровому масштабу. В этом случае электроны и дырки будут испытывать ограничения при своём движении, что приводит к квантово-размерному эффекту. Именно этот эффект определяет уникальные свойства подавляющего большинства наноматериалов и наноструктур.

Литература

1. Открытая Физика 2.6. Ч. II (ФИЗИКОН). Издатель: Новый Диск, 2006. Размер: 155 МБ
URL: <http://log-in.ru/books/otkrytaya-fizika-2-6-chast-ii-fizikon-nauka-i-obrazovanie/>
2. Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ Лекции «Фундаментальные основы нанотехнологий». URL: <http://nano.msu.ru/education/courses/basics2009> (Лекция 3. Проф. В.Ю. Тимошенко. Квантовая механика наносистем. См. также видеоролик и презентацию URL: <http://www.nanometer.ru/lecture.html?TP=USER&UP=156195&id=156636>)
3. Введение в нанотехнологии. Глава 1. Квантовые эффекты в нанотехнологиях. URL: http://nano-edu.ulsu.ru/w/index.php/Глава_1._Квантовые_эффекты_в_нанотехнологиях
4. Дифракция // Большая советская энциклопедия. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/Дифракция>,
5. Мякишев Г.Я., Сиянков А.З. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс: Учеб. для углубл. изучения физики. М.: Дрофа, 2010; Глазунов А.Т., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н. и др. Физика. 11 класс (профильный уровень) / Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина; 12-е изд. М.: Просвещение, 2011.
6. Лекция 11. Атом Резерфорда Бора и гипотеза де Бройля > 11 Ядерная модель атома. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-26547.html>
7. Квантовая механика <http://www.pandia.ru/226197/>
8. Зайцев О.С. Учебная книга по химии // Химия. (ИД Первое сентября). 2003. № 7. <http://him.1september.ru/article.php?ID=200300704>

Определи свой нано-IQ

Представлены 50 иллюстрированных тестов на знание элементарных основ нанотехнологий. Они касаются многих вопросов физики, химии и биологии. Рекомендуется для межпредметных школьных олимпиад.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии, тестовые задания, межпредметные школьные олимпиады

К.Ю. БОГДАНОВ

kbogdanov1@yandex.ru,
г. Москва



Вопросы составлены по моей книге «Что могут нанотехнологии?» (М., Просвещение, 2009) и здесь даны выборочно, полностью см. в ЭП. Расширенные пояснения можно найти в обширных фрагментах из книги, выложенных на сайте <http://kbogdanov5.narod.ru/>. Скачать книгу бесплатно можно с сайта <http://www.twirpx.com/file/485234/>. См. также видеоролики лекций на эту тему: <http://www.youtube.com/watch?v=H1ow7NNMSeI>; <http://methodist.lbz.ru/iumk/nano/lections.php>

Слайд 2. В каком году и кто первый ввёл термин «нанотехнологии»?

- 1) В 1964 г. Р. Фуллер;
- 2) в 1969 г. Р. Фейнман;
- 3) в 1974 г. Н. Танигучи;
- 4) в 1986 г. Э. Дрекслер.

Слайд 3. От какого слова произошла приставка «нано»?

- 1) от французского «миллиард»;
- 2) от испанского «частица»;
- 3) от латинского «невидимый»;
- 4) от греческого «карлик».

Слайд 5. Что больше?

- 1) 1 наноарбуз;
- 2) 0,5 ангстрем;
- 3) 1 наносантиметр;
- 4) 1 нанодюйм.

Слайд 6. Что меньше?

- 1) 1 наноiPhone;
- 2) 1 нанодюйм;
- 3) 1 нанометр;
- 4) 1 дециангстрем.

Слайд 7. Чему равна толщина волоса?

- 1) около 1000 нм;
- 2) около 10 000 нм;
- 3) около 100 000 нм;
- 4) около 1 000 000 нм.

Слайд 8. Чему равна толщина молекулы ДНК?

- 1) 1 нм;
- 2) 2 нм,
- 3) 5 нм,
- 4) 10 нм.

Слайд 9. Размер вируса не более:

- 1) 3 нм;
- 2) 30 нм,
- 3) 300 нм;
- 4) 3000 нм.

Слайд 10. Бактериофаги:

- 1) могут заменить антибиотики;
- 2) мельчайшие бактерии;
- 3) имеют размеры больше 300 нм;
- 4) наноробот.

Слайд 11. Сколько наноботов поместится на булавочной головке?

- 1) не более 200;
- 2) не более 2000;
- 3) не более 20 000;
- 4) не более 200 000.

Рефераты электронных публикаций

АЛЕКСЕЕВА Е.В. n-ever@ya.ru (ЧУ Первая школа, г. Москва) • «Физика вокруг нас» Пропедевтический учебный курс, 5–6 кл., 34 еженедельных получасовых (20–25 мин) занятия во внеурочное время. Пояснительная записка и полный комплект учебного материала к первым темам блока 4 «Давление. Давление жидкостей и газов. Свойства поверхности жидкости», изучаемым в марте, – мультимедийные презентации с видеофрагментами в сопровождении послайдового текста к каждой теме: **4.1. Давление;** **4.2. Давление жидкостей и газов;** **4.3. Атмосферное давление;** **4.4. Поверхностное натяжение жидкости.**

БЕЛЮСТОВ В.Н. belyustov@yandex.ru (МОУ БГО Борисоглебская гимназия № 1, г. Борисоглебск, Воронежская обл.). **Улугбек** (Мирза Мухаммад ибн Шахрух ибн Тимур Улугбек Гураган, 22.03.1394–27.10.1449). Краткая биография (и презентация) выдающегося узбекского астронома и математика, одного из величайших учёных средневековья, внука Тамерлана. Сорок лет Улугбек (с 15-летнего возраста!) управлял страной. Свою власть и богатства он направлял в основном на развитие наук и образования, в его медресе преподавали лучшие астрономы и математики исламского мира, а построенная им образцовая обсерватория была оборудована самыми точными инструментами. Самарканд стал одним из мировых центров науки средневековья. После тридцати лет кропотливой работы и астрономических наблюдений Улугбек и его сотрудники написали «Новые Гураганские таблицы», которые сразу же были переведены на персидский, а затем на латинский языки. Наряду с «Альмагестом» К. Птолемея и астрономическими таблицами кастильского короля Альфонса X они использовались в качестве основного пособия по астрономии во всех обсерваториях Европы. В «Каталоге звёздного неба» Яна Гевелия есть гравюра, изображающая символическое собрание величайших астрономов мира, живших в разные времена в различных странах. Они сидят за столом, расположившись по обе стороны от музы астрономии Урании. Среди них изображён и Улугбек. Немецкий астроном и составитель карт Луны Иоганн

Генрих фон Медлер увековечил имя этого великого учёного и просветителя в названии кратера на видимой стороне ночного светила (1830). Имя Улугбека носят Астрономический институт и Академия Наук Республики Узбекистан, а также проспекты и улицы в Ташкенте, Самарканде, Бухаре и других городах страны.

БУЛГАКОВА Г.В. mbulgakova@list.ru (МБОУ СОШ № 16, г. Курск). **Космонавтика: первые шаги.** Устный журнал – краткий (43 слайда) обзор начального этапа развития космонавтики от основоположников теории космических полётов до космической системы «Буран-Энергия» и марсохода «Curiosity» (9 слайдов – о Ю.А. Гагарине). Материал можно использовать для формирования мировоззрения учащихся, расширения кругозора и воспитания патриотизма.

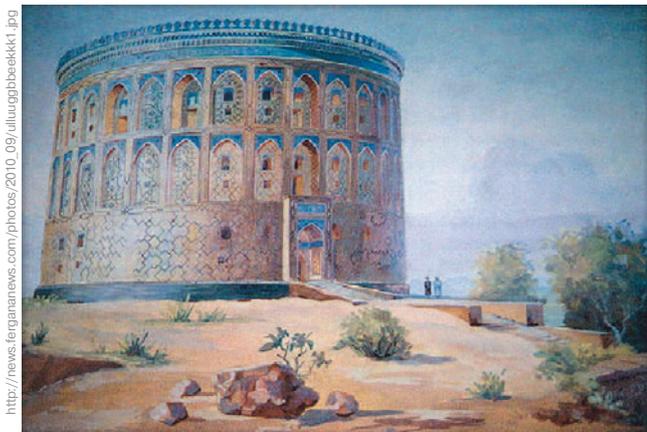
ПИГАЛИЦЫН Л.В. levpr@rambler.ru, Народный учитель России levpr@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.) • **Новости науки и техники** • МикроЭВМ «Ардуино» в школьном физическом эксперименте: 5 (продолжение). Работа с цифровыми выходами • **Тематические тестовые задания в форме ГИА, 9 кл. 8. Электромагнитные явления. Оптика. 9. Постоянный ток.**

РАДЧЕНКО Т.И. fizika-tehnika@rambler.ru (МОУ СОШ № 26, г. Владикавказ, Респ. Северная Осетия-Алания) • «Физика для школьника»: № 6. Архимед (электронная газета «Вектор и скаляр») • Учебные плакаты: «Вывод формулы Архимеда», «Кулибин».



Астрономические наблюдения с помощью армиллярной сферы

http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/82/Representation_ottomane_sphere_armilare_-_XIVe.jpg



Примерно так выглядела обсерватория Улугбека, XV в.



Космический телескоп «Хаббл» выводят на орбиту, XX в.

<https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcCQ059MMXv4pa0NHtHtj6bvrW8n9ARPWAh2-pjwZ538VSPpJwXIA>



Интерактивный
короткофокусный проектор

MimioProjector

Легкий и доступный способ
внедрения интерактивного обучения
в классах, не оборудованных проектором



Кто сказал, что нельзя получить все сразу? Установите MimioProjector, подключите к компьютеру и оживите ваши уроки, используя все возможности интерактивного обучения на маркерной доске.

В вашем классе уже есть маркерная доска, но нет проектора. А еще вы мечтаете об интерактивной доске, но на все это не хватает средств? Наш новый интерактивный **MimioProjector** даст вам возможность внедрить интерактивное обучение, избежав чрезмерных расходов, — ведь он совмещает в себе функции отличного короткофокусного проектора и полноценной интерактивной доски!

Благодаря функции использования двух интерактивных ручек сразу двое учащихся могут одновременно выполнять манипуляции с объектами на доске, используя все преимущества группового обучения. А ультракраткофокусная модель проектора позволяет снизить количество теней на экране. Проектор легко подключается к компьютеру и позволяет начать использовать имеющуюся у вас маркерную доску или даже светлую стену вашего класса в качестве интерактивной доски. Поставляемое в комплекте с проектором программное обеспечение **MimioStudio** позволяет вам создавать и проводить увлекательные уроки и управляет всем оборудованием семейства **MimioClassroom**.



Проектор: широкоформатный (16:10) с разрешением 1280 x 800 точек (WXGA).

Коэффициент контрастности до 3000:1. Размер экрана от 70 до 100 дюймов.

Интерактивные возможности: рабочая область от 75 до 115 дюймов по диагонали. Одна или две интерактивные ручки в зависимости от комплекта поставки. Проектор можно зажать в комплектации с одной или двумя интерактивными ручками либо как традиционный проектор без интерактивных функций.

Продажа оборудования, консультации и обучение:

<http://www.mimioclass.ru>

8 (800) 5555-33-0

Звонок по России бесплатный

ООО «Рене» — генеральный дистрибьютор Mimio в России



mimio
a better way to learn



Педагогический университет «Первое сентября»

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

2014/15 учебный год

ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

(с учетом требований ФГОС)

Прием заявок – с 1 апреля 2014 года

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



МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ МАРАФОН УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ

Расписание участия издательства
«Экзамен-Медиа» в дне учителя физики

05 апреля. Суббота. С 10-30 до 11-45.

**Тема лекции: Работа с интерактивными учебными пособиями серии
«Наглядная школа», версии 3.0, на уроках физики.**

Ведущие
Кудрявцев Александр Александрович.
Руководитель проекта «Наглядная школа».

Светич Елена Геннадьевна.
К.п.н., ведущий методист издательства «Экзамен-Медиа».

**В день учителя физики издательство «Экзамен-Медиа» представит
учебные пособия для интерактивных досок серии «Наглядная школа».
Информация на сайте: examen-media.ru**



День учителя физики МОСКОВСКОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МАРАФОНА пройдёт
в здании МПГУ по адресу: ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1, ст. метро «Фрунзенская».

Участие бесплатное. Вход по билетам*

Распечатать билет возможно только после регистрации на сайте: marathon.1september.ru.

Регистрируйтесь, распечатывайте свой билет и приходите.

* Просьба учесть, что вследствие большого количества участников все желающие посетить МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ МАРАФОН должны в обязательном порядке пройти **предварительную регистрацию**.

журнал
Физика – Первое сентября

2-е полугодие 2014 года

ПОДПИСКА

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

Индекс	Название издания	Периодич. 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. <i>В июне не выходит.</i> <i>Подписка на июнь не принимается.</i> (-) 160 г 64 стр.	5	308.00		1540.00	
12757	Физика – Первое сентября. Электронная версия на CD (полная копия бумажной версии) <i>В июне не выходит.</i> <i>Подписка на июнь не принимается.</i> (-) 75 г	5	118.80		594.00	

При оформлении подписки на сайте www.1september.ru оплата производится по квитанции в отделении банка или электронными платежами on-line





Общероссийский проект Школа цифрового века

Интернет-обеспечение проекта – Издательский дом «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Общероссийский проект «Школа цифрового века» по комплексному обеспечению образовательных учреждений предметно-методическими материалами направлен на вовлечение педагогических работников в цифровое образовательное пространство.

В рамках проекта каждому работнику образовательного учреждения предоставляются **23 журнала** по всем учебным дисциплинам и направлениям школьной жизни с дополнительными материалами для практического использования (презентации, раздаточные материалы, образовательное видео), **методические брошюры, журнал для родителей, модульные 6-часовые курсы** из циклов «Навыки профессиональной и личной эффективности» и «Инклюзивный подход в образовании».

Открыт прием заявок от образовательных учреждений на 2014/15 учебный год

На новом этапе проекта

- Каждому педагогическому работнику образовательного учреждения будет предоставлена возможность выбрать и пройти один из десяти 36-часовых дистанционных курсов по общей педагогике с выдачей удостоверения установленного образца
- Расширится линейка модульных курсов

Стоимость участия в проекте для образовательного учреждения – 6 тысяч рублей за весь учебный год независимо от количества педагогических работников.

Участие образовательного учреждения и педагогических работников в проекте удостоверяется соответствующими документами. Для дошкольных учреждений предусмотрен свой набор удостоверяющих документов.

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

**Прием заявок и подробности
на сайте**

digital.1september.ru



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

2014

24 МАРТА – 18 АПРЕЛЯ

РАСПИСАНИЕ ДНЕЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МАРАФОНА

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

marathon.1september.ru



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



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

В дни Марафона ведущие издательства страны представляют книги для учителей

Начало работы каждого дня – 9.00. Завершение работы – 15.00

УЧАСТИЕ БЕСПЛАТНОЕ. ВХОД ПО БИЛЕТАМ

РЕГИСТРИРУЙТЕСЬ, РАСПЕЧАТЫВАЙТЕ СВОЙ БИЛЕТ И ПРИХОДИТЕ!

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

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

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