



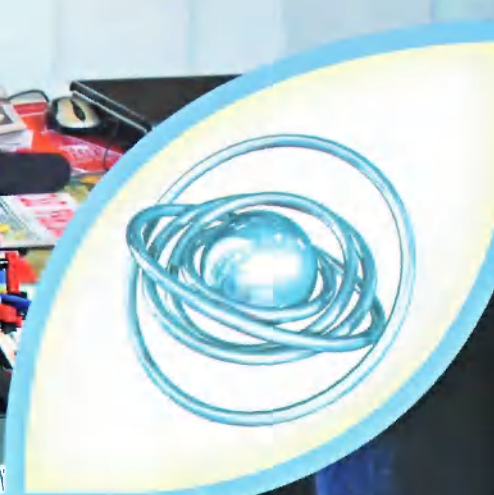
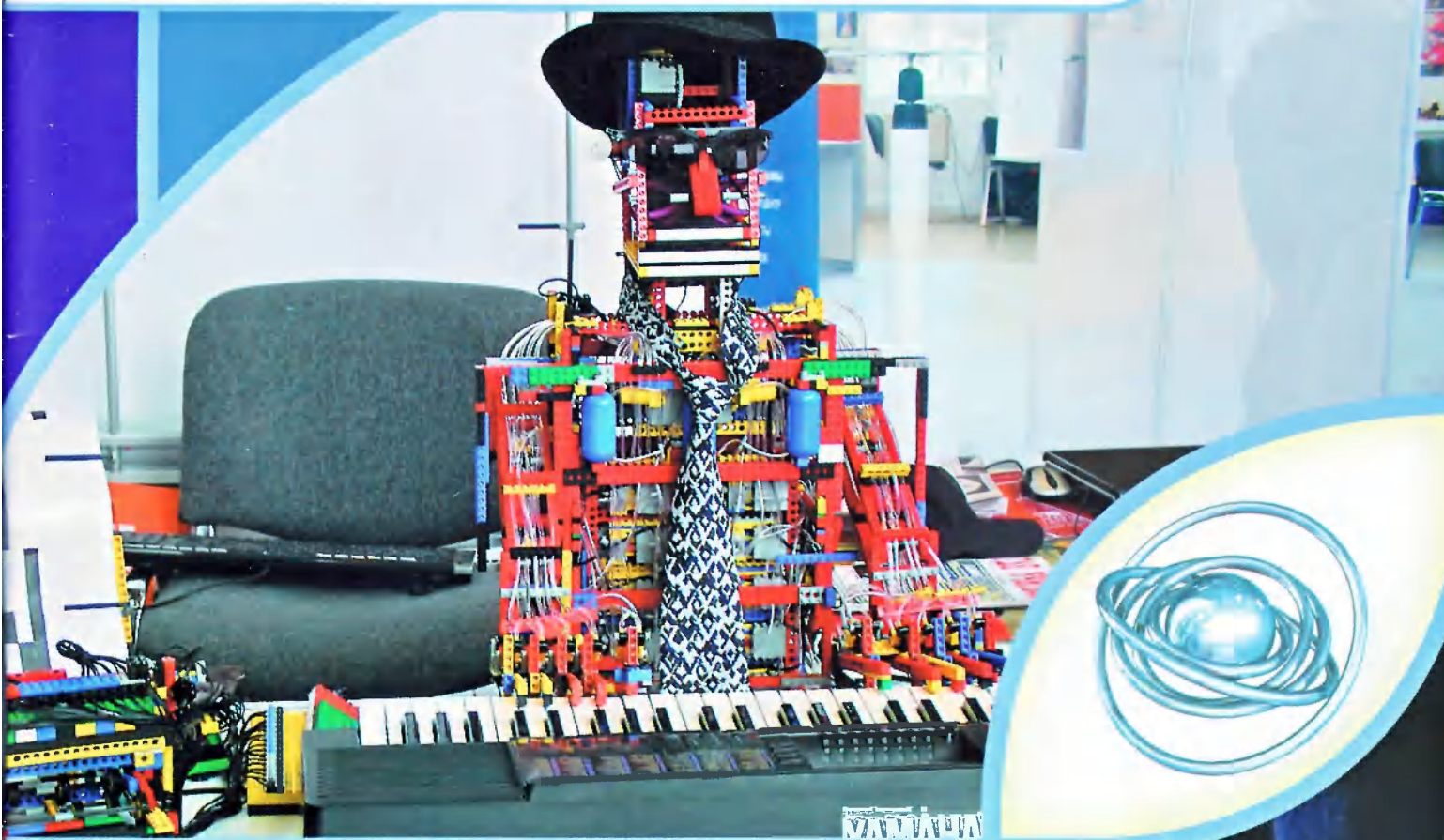
научно-методический журнал

ISSN 0130-5522

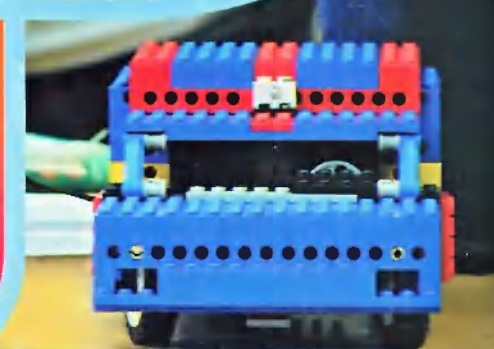
2
2010

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



- **Новый взгляд на домашнюю работу**
- **«Звуковые волны» на интерактивной доске**
- **Экспериментальное исследование на основе метода научного познания**



Лего-фестиваль «Юный физик»

Восточного окружного управления образования г. Москвы

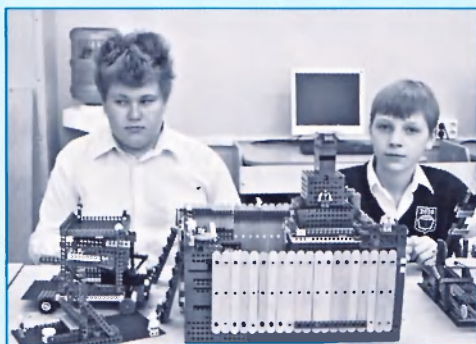
Основная цель проведения фестиваля – повышение интереса учащихся к творчеству, приобщение их к самостоятельной исследовательской работе с использованием конструктора Лего, формирование практико-ориентированных компетенций.

Задачами фестиваля являются:

- привлечение учащихся к активной творческой деятельности исследовательского характера;
- повышение эффективности образовательного процесса, развитие умений работать в группах;
- формирование коммуникативных умений.

Условия участия в фестивале:

- могут принимать участие учащиеся VI–XI классов любых образовательных учреждений округа;
- представленные работы должны быть авторскими (не допускаются работы, которые выполняются по технологическим картам приложений к конструктору Лего).



Осада Галикарнасса. Конструкции и механизмы



Модель турникета с зубчатой передачей



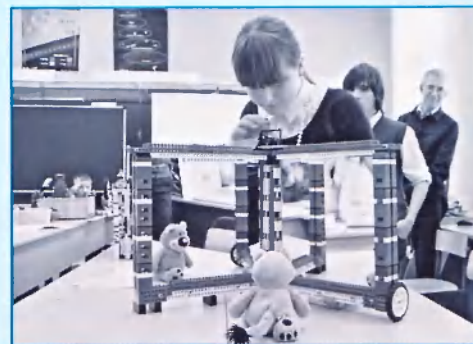
Шагающий робот-андроид



Модель динамометра



Перископ



Вращающиеся зеркала



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — ООО Издательство «Школа-Пресс». Журнал выходит 8 раз в год

▶ Год учителя 3

Выдающиеся ученые

▶ **Ю. А. Королев**
Академик Евгений Велихов 4, 35

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

▶ **З. М. Смирнова**
Билингвальный подход к преподаванию физики 8

▶ **А. В. Бурова**
Домашняя работа учащихся по физике: какой она должна быть? 12

▶ **Е. С. Дементьева**
Домашние физические эксперименты 17

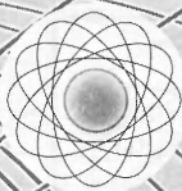
▶ **И. Ю. Мельникова**
Домашние экспериментальные задания в формате микропрезентаций 21

Информационные технологии

▶ **Т. И. Долгая**
Звуковые волны (урок изучения нового материала в IX классе
с использованием интерактивной доски) 27

ЭКСПЕРИМЕНТ

▶ **В. Г. Разумовский, В. В. Майер, В. М. Стрелков**
Экспериментальное изучение фотоэффекта на основе метода научного
познания 38



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

- ▶ **Н. К. Ханнанов, О. А. Поваляев, А. Ю. Цуцких**
Изучение линейчатого спектра «экономной» лампы 51
- ▶ **А. С. Красников, С. В. Фомин**
Постановка опытов Франка и Герца 60

Из портфеля редакции

- ▶ **А. В. Самсонов, Е. В. Абрамова**
Методологические проблемы современной физики 63

Главный редактор С. В. Третьякова
Зам. главного редактора Е. Б. Петрова
Редакторы отделов: Э. М. Браверман,
Г. П. Мансветова, Г. И. Сурикова
Зав. редакцией Е. Н. Стояновская

Редколлегия: М. Ю. Демидова, А. В. Засов,
В. А. Коровин, А. Н. Мансуров, В. В. Майер,
Г. Г. Никифоров, В. А. Орлов, В. Г. Разумовский,
Г. Н. Степанова, Н. К. Ханнанов

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, ул. Добролюбова, 16, стр. 2, тел.: 619-08-40, 639-89-92, 639-89-93, доб. 101

АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ: 127254, Москва, ул. Руставели, д. 10, корп. 3.

ООО Издательство «Школа-Пресс», тел.: 619-52-87, 619-52-89. E-mail: fizika@schoolpress.ru

Формат 84×108/16. Тираж 6000 экз. Изд. № 1775. Заказ 3084

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство о регистрации ПИ №ФС 77-19604. Охраняется Законом РФ об авторском праве. Запрещается воспроизведение любой журнальной статьи без письменного разрешения издателя. Любая попытка нарушения закона будет преследоваться в судебном порядке.

Отпечатано в ОАО ордена Трудового Красного Знамени «Чеховский полиграфический комбинат»

142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1.

Сайт: www.chpk.ru. E-mail: marketing@chpk.ru. Телефон 8 (495) 988-63-87, факс: 8 (496) 726-54-10.

© ООО Издательство «Школа-Пресс», © «Физика в школе», 2010, № 2

ГОД УЧИТЕЛЯ

Каждый год приносит много поводов для радости и огорчений, для сохранения традиций и для новых свершений, для подведения итогов и построения планов на будущее. Так, только за три последних года наш журнал полностью изменил свой привычный вид — разработан новый современный макет (2008), отметил 75-летний юбилей (2009), в 2010 г. включился в систему мероприятий объявленного Президентом России года Учителя.

Да, этот год особенный, так как на первый план должен выйти Учитель, а не журнал. Но мы смотрим на это по-другому: Учитель на фоне нашего Журнала. Поэтому все мероприятия редакции, посвященные году Учителя, мы связываем в первую очередь со своим журналом. Так, объявленный в первом номере журнала конкурс цифровых фотографий даст возможность учителю физики заявить о своем видении мира через призму своего любимого предмета. А мы, в свою очередь, надеемся, что наш журнал станет более интересным с фотографиями наших авторов на обложке.

В этом номере мы предлагаем открыть галерею лучших учителей нашей страны. Но одновременно мы хотим быть последовательными в своих планах по реализации мероприятий года Учителя. Поэтому мы предъявляем всего два, но очень существенных критерия представления кандидатур: известность учителя в профессиональной среде своих коллег из региона (его фамилия должна быть «на слуху» большинства учителей физики региона) и наличие печатных работ в журнале «Физика в школе».

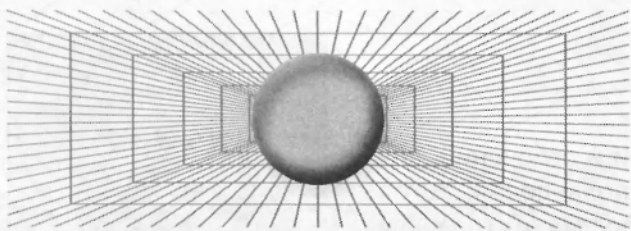
Другими словами, мы будем представлять «нашего» учителя. Форма представления — «визитка» учителя (см. 3-ю сторону обложки этого номера журнала).

Как видно, требований мало, но время и наши возможности ограничены: осталось только шесть номеров журнала, которые выйдут в год Учителя. Мы ждем ваших предложений и готовы на обсуждение ваших кандидатур и даже на некоторые изменения в формате их представления.

Мы ждем предложений от регионов, а начинаем с Москвы: имя Александра Рафаиловича Зильбермана известно практически каждому московскому учителю физики (думаем, и не только москвичам) своей деятельностью по работе с одаренными учащимися, будь то его задачи в «Кванте», олимпиадные задания московского этапа Олимпиады по физике или обучение учителей физики в городской системе повышения квалификации. Да и публикации в нашем журнале имеются.



Главный редактор
журнала
«Физика в школе»



АКАДЕМИК ЕВГЕНИЙ ВЕЛИХОВ

Ключевые слова: Е. П. Велихов, физика плазмы, управляемый термоядерный синтез, термоядерный реактор.



Ю. А. Королев, г. Тамбов

Статья посвящена известному отечественному физику и общественному деятелю Е. П. Велихову. Научные направления исследований академика Велихова посвящены вопросам физики плазмы, проблемам управляемого термоядерного синтеза, магнитогидродинамическому методу преобразования энергии, квантовой электронике. Хорошо известны его работы по теории турбулентной плазмы. Он был инициатором создания мощных источников энергии на основе импульсных самовозбуждающихся магнитогидродинамических генераторов. По его инициативе были разработаны основы создания лазеров, получивших широкое применение в металлообработке.

Крупнейший специалист в области термоядерного синтеза, в области ядерной физики, магнитогидродинамических методов преобразования энергии и оптических квантовых генераторов, лауреат Ленинской и трех Государственных премий, Герой Социалистического Труда, академик, президент Российского научного центра «Курчатовский Институт» Евгений Павлович Велихов родился 2 февраля 1935 г. в Москве.

Отвечая на просьбу одного из корреспондентов рассказать о своем происхождении, Е. П. Велихов сказал: «Мой дед и его двоюродный брат были кадетами; первый был членом Московского комитета партии, второй — членом ЦК. Дед после революции политикой не занимался, активно участвовал в университетском самоуправлении — в свое время он был проректором по науке Императорского высшего технического училища. Его любили студенты, у него было много учеников, он начал заниматься теорией сооружений, это было новое направление в науке. В 1930 г. его расстреляли.

Двоюродный брат моего деда был человеком известным в партии кадетов, он занимался муниципальной политикой. В советское время ему удалось выпустить несколько книг, одна из которых — «Теория городов» — известна до сих пор. Его расстреляли в 1938-м...» [1].

Отец Евгения Велихова был инженером-монтажником. Он часто бывал в командировках, поэтому воспитанию сына уделял мало внимания, правда, иногда приносил ему кое-какие научные книги. Евгений Велихов рано остался без родителей. (Мать Евгения умерла еще до войны, отец — в 1952 г.) «...Мне приходилось себя обеспечивать самому, я учился и занимался репетиторством. И позже я всегда подрабатывал» [1].

После окончания школы Е. П. Велихов учится на физфаке МГУ, учебу в университете совмещает с исследовательской работой в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Он вспоминает: «Я пришел в институт в 1956 году еще студентом и сразу попал в термояд ко Льву Андреевичу Арцимовичу

и Михаилу Александровичу Леонтовичу» [2].

Друг семьи академика Л. А. Арцимовича Э. Скрыбина вспоминает: «Часто бывали в доме Евгений Павлович Велихов и Роальд Зиннурович Сагдеев, с которыми у хозяина были не только деловые, но и дружеские отношения. Евгений Павлович Велихов был, пожалуй, единственным человеком, которому Лев Андреевич прощал опоздания, говоря: «Женю я люблю. Он человек масштабный, легкий и веселый» [3, с. 142].

В 1958 г. Е. П. Велихов окончил МГУ. С этого времени Евгений Павлович трудится в Институте атомной энергии. Здесь он прошел путь от младшего научного сотрудника до директора ИАЭ и президента Российского научного центра «Курчатовский институт».

С 1968 г. он профессор, а с 1971-го — заведующий кафедрой ядерной физики МГУ. Через десять лет после окончания университета его избирают членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1974 г. Евгений Велихов становится действительным членом АН СССР.

С 1975 г. он руководитель советской термоядерной программы. Тогда ему было всего 39 лет. В 1976 г. выходит в свет один из основных научных трудов академика Велихова «Физические явления в низкотемпературной неравновесной плазме и в МГД-генераторах с неравновесной плазмой».

В эти годы помыслы ученых направлены на осуществление управляемого термоядерного синтеза. Проще всего осуществить синтез между изотопами водорода дейтерием и тритием. Для осуществления такой реакции необходима температура около 100 млн. градусов. При такой температуре вещество находится в виде плазмы, т. е. ионизированного газа. Для термоизоляции плазмы используется магнитное поле сложной конфигурации (так называемое винтовое). Так устроена магнитная система установок типа Токамак (Токамак — это Тороидальная Камера с Магнитными Ка-

тушками.) Аббревиатура «Токамак» стала международным словом.

Для разогрева плазмы до температуры выше 10 млн. градусов в Токамаке используют различные способы нагрева (с помощью высокочастотных электромагнитных волн, инжекции в плазму световых пучков, создаваемых лазерами), что позволяет веществу вступить в реакцию синтеза раньше, чем оно разлетится вследствие теплового движения.

«...с 1985 года Евгений Велихов — бесменный лидер международного проекта создания первого в мире экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР), разработка позволила ведущим странам мира консолидировать свой научный, технический потенциал и финансовые ресурсы (около 10 млрд. долларов) на создании нового глобального источника энергии» [4].

Политический толчок по практическому осуществлению проекта был сделан по инициативе академика Велихова. Эта идея была одобрена руководством нашей страны, а также во Франции, США и других странах. Работа над проектом продолжалась до 1998 г. Управляющий совет проекта находился в Москве.

Академик Велихов говорит: «ИТЭР — только экспериментальный термоядерный реактор. На нем будет обкатываться термоядерная технология, технология управления плазмой — это решение инженерных задач для будущих проектантов... Потом, в течение, я думаю, лет пяти, будет проектироваться первая настоящая станция. Еще через пять-семь лет она будет построена» [5]. И далее: «В термоядерном реакторе продукт деления — это гелий. Экспериментальный международный термоядерный реактор ИТЭР, который мы собираемся вскоре запустить, на сто процентов будет использовать отходы атомной промышленности. В Канаде хранится достаточное количество трития, который накоплен в качестве радиоактивного отхода, — он будет сожжен, в результате мы получим гелий» [6].

В июне 2005 г. представители шести сторон — участниц международного проекта ИТЭР — приняли решение о строительстве реактора и переходе к практической реализации проекта. «Водородный котел» разместят под Марселем в Кадараше (Франция).

В июне 2006 г. лауреатами Международной энергетической премии «Глобальная энергия» стали создатели международного термоядерного реактора (ИТЭР) академик Евгений Велихов, генеральный директор ЦЕРНа, доктор Роберт Аймар из Франции и член Совета по термоядерным исследованиям Министерства по атомной энергии Японии доктор Масаджи Йошикава. В этой связи Е. П. Велихов сказал: «Первая экспериментальная установка термоядерного синтеза не могла быть создана без огромного научного опыта, накопленного в нашей стране. Это и работы выдающегося русского физика Игоря Тамма, и последующие теоретические и практические разработки курчатовцев. Принцип преемственности, обмена самым ценным и передовым составляет основу реализации проекта ИТЭР» [7].

Об академике Евгении Павловиче Велихове в РАН говорят: «Он патологически талантлив, но это — волк-одиночка. В академии к нему относятся настороженно» [8].

«Жесткий в критике своих оппонентов, знающий цену себе, своим словам и решениям, идеологически независимый, Велихов — человек № 1 для политической элиты государства в качестве представителя научной элиты. Собственно, в этом качестве он и сам уже стал частью политической элиты.

С сентября по декабрь 1991 г. — член Политического консультативного совета при Президенте СССР. Президент Программы «Россия — США: 21 век», до 1996 г. — вице-президент Российской академии наук, до 1998 г. — член Совета обороны России. Вице-президент Российского союза промышленников и предпринимателей. Президент Российского научного центра «Курчатовский институт» ... Велихов — директор

Совета по разработке Международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР, председатель совета директоров консорциума «Росшельф» [8].

Он возглавляет форум «Общественное признание», цель которого — «вывести из забвения сотни и сотни заслуженных, выдающихся людей, тех, кто достойны называться Золотым фондом нации» [9].

С октября 2005 г. Е. П. Велихов — член Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по науке, технологиям и образованию, с января 2006 г. — секретарь Общественной палаты Российской Федерации.

Общественная палата — «один из инструментов, с помощью которого гражданское общество через социальный диалог коррелирует действия власти, государства со своими интересами. Прежде чем власть начнет, к примеру, осуществлять некий глобальный проект, гражданское общество проводит специальные общественные слушания» [10].

Отвечая на вопрос, заданный корреспондентом газеты: «Что сейчас в вашей работе самое важное?» — академик Велихов сказал: «Забот хватает, ведь я — президент научного центра «Курчатовский институт». Мы создали модель того научного учреждения, о которой сейчас так много говорят. У нас есть и фундаментальная наука, и прикладная, и предпринимательство. В нашей технопарке идеи доводят до реализации почти сто компаний. И все это те самые высокие технологии, которые должны «экономику труб» превратить в «экономику знаний» [9].

И далее Евгений Павлович рассказал об интеграции науки и образования в Курчатовском институте: «У нас в «Курчатовке» работают кафедры разных вузов — МГУ, МФТИ, МИФИ и МГТУ имени Баумана. Кроме того, у нас есть свой маленький университет. Школьников, которых обучаем в подшефном лицее, после выпуска никому не отдаем (их примерно 15—20 человек).

Они сразу же попадают в интенсивный учебный процесс: к каждому студенту прикрепляется по несколько профессоров. В результате уже на втором-третьем курсе эта одаренная молодежь начинает участвовать в большой науке» [11].

Когда в Чернобыле произошла трагедия, академик Велихов был направлен туда. Евгений Павлович вспоминал: «Как я туда попал? Я вообще-то оказался там случайно, ведь я не специалист-реакторщик. Оказался потому, что мой американский друг, с которым мы занимались вопросами ядерного разоружения, Френк фон Хиппель, замечательный физик, прислал мне телеграмму: надо выдать йодные таблетки, особенно детям, чтобы защитить щитовидную железу. И я с этой телеграммой пришел на правительственную комиссию, а на комиссии Рыжков мне сказал: «Вы и поезжайте...» Корпоративная ответственность роль сыграла: все-таки, я сотрудник Курчатовского института, хоть и не занимался делом. Поехал» [12].

Отвечая на вопрос корреспондента: «Какая культурфилософская традиция вам близка?» — Велихов сказал: «Я интересовался мировой историей, у меня во всем мире много друзей и в духовных, и в политических, и в научных кругах, но я очень остро чувствую свои русские корни, не могу выйти за пределы русской традиции. Мне близка традиция русского патриотического либерализма...» И далее: «Именно эту концепцию необходимо реализовывать сегодня. Речь идет о том, что только свободный ответственный человек может создать гражданское общество и правовое государство. При этом есть области жизни, в которые никто не имеет права вмешиваться. Либерализм здесь принципиален, без него человек — просто крепостной» [1].

Отвечая на пожелание корреспондентов охарактеризовать себя, Евгений Павлович говорил: «Я не склонен к самоанализу. Но могу сказать, что я достаточно уравновешен. Жизнь меня достаточно трепала,

но не вышибла из колеи, так что я ближе к гармоническому типу. В общем, я себя достаточно скромно оцениваю.

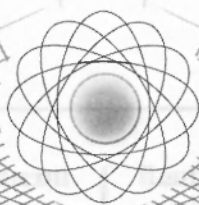
Я профессионален в очень узких областях, это помогает мне чувствовать себя дилетантом в других. Очень серьезного теоретического или экспериментального вклада в науку я не внес, но я помог многим людям, продвинул многие направления и продолжаю это делать» [1]. Говоря о своих увлечениях, Велихов сказал: «У меня второй разряд по конному спорту. Лет десять под водой плавал. Потом как-то это ушло, появился виндсерфинг, горные лыжи. Не скажу, что спортсмен, нет. Но скажу: это существенная часть жизни» [12].

Евгений Павлович считает себя счастливым человеком. О своей семье он рассказывает: «...с женой, Натальей Алексеевной, познакомился довольно рано, она была еще студенткой. В Московском университете познакомился на конных соревнованиях... Как говорил один старик на Николиной горе, мы медовый месяц у него на террасе проводили, состоялся «брак по любви на лошадиной основе». Она вообще-то геолог, это у нее влияние семьи — Арсеньевых и Бибиковых, фамилий в России известных». А детей у них трое. Старший сын — физик, но работает на крупной компьютерной фирме. Дочь готовилась к музыкальной карьере, но, окончив Юридическую академию, работает в одной из фирм юристом. Младший сын с пяти лет за компьютером.

Евгений Павлович Велихов награжден тремя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени. За большой вклад в развитие атомной энергетики и многолетнюю плодотворную научную работу указом Президента Российской Федерации он был удостоен ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Космическому телу, которое находится в 32 млн. км от Земли, присвоено официальное наименование «Малая планета № 3601 Велихов».

Продолжение на с. 35.



МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

БИЛИНГВАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРЕПОДАВАНИЮ ФИЗИКИ

Ключевые слова: билингвальная методика, русский язык как иностранный, билингвальное учебное пособие.

З. М. Смирнова, доцент кафедры медицинской и биологической физики
Российского государственного медицинского университета, Москва

Учитывая модернизацию школьного образования, проводящуюся в нашей стране, билингвальный подход к обучению является надежной технологической и методической базой интернационализации отечественного образования. Описана методика подготовки по физике иностранных студентов с использованием билингвального учебного пособия.

Изменившиеся политическая, экономическая и социальная ситуации в России и на территории постсоветского пространства поставили много проблем перед общеобразовательной школой. Одной из них является освоение предметов гуманитарного и естественнонаучного циклов не только на родном языке, но и на русском, так как после окончания школы учащийся для продолжения обучения может выбрать любое из высших учебных заведений России. Развиваются межгосударственные отношения, происходят глобальные изменения в политической, экономической, научной и социальной сферах, нужны более профессиональные, знающие свое дело специалисты, поэтому будущие студенты должны осваивать методики, научные разработки как на своем, так и на иностранных языках. На сегодняшний день наиболее используемым во всех кругах — деловых, научных, политических — является английский язык, язык международного общения. Поэтому учащимся для успешного получения среднего образования необходима не только высокая оценка по английскому языку, но еще и владение им в предметных областях.

Таким образом, определяющей чертой современного среднего образования становится многоязычие на самых различных уровнях. И одним из продуктивных подходов к достижению данных целей является билингвальный подход, т. е. «использование в процессе обучения двух языков, причем время и вид использования этих языков может быть весьма различен» [1].

Практика введения билингвальной системы обучения средством родного (первого) и иностранного (второго) уже получила широкое распространение и рассматривается как весьма перспективный подход к обучению в странах Западной Европы, Канаде и США.

В нашей стране в последние годы активно внедряются идеи билингвального подхода к обучению в высших и общеобразовательных учебных заведениях [2—5]. В Российском государственном медицинском университете была разработана билингвальная методика обучения физике иностранных учащихся подготовительного отделения и I курса. В качестве «родного» языка использовался «язык-посредник» — английский язык, так как для основной части учащихся он является либо государ-

ственным, либо языком обучения в школе. Более того, мы учитывали также и то, что иностранные учащиеся в достаточной степени владеют понятийным языком физики на английском языке.

В основу билингвального подхода при обучении физике были положены следующие компоненты.

1. Билингвальный педагог, свободно владеющий английским языком и имеющий высокий уровень компетенции в области физики и математики.

2. Билингвальные учебные пособия, обеспечивающие адекватное понимание сущности физики на двух языках: английском и русском.

3. Контингент мотивированных учащихся, объединенных в однородные группы.

Успешность данного подхода во многом зависит от предметной и языковой компетенции педагога, который на занятиях должен свободно модифицировать русский язык доступным для учащихся образом, не искажая при этом смысла излагаемого материала. Занятие должно строиться так, чтобы учащиеся, использующие новую для них русскую лексику, могли углубить и расширить понятийный механизм за счет самостоятельного анализа сущности физического явления. Недопустимо механическое заучивание физической терминологии, так как это абсолютно бесполезно для понимания физических законов, поэтому, ведя занятие на русском языке, преподаватель может подключать объяснение на английском, по мере необходимости используя понятийный физический английский аппарат учащихся.

Безусловно, в этом преподавателю помогает разработанное билингвальное учебное пособие по физике, написанное постранично на английском и русском языках [4]. Соответствие смыслового окончания текстов на обоих языках на каждой странице позволяет учащимся четко их сопоставлять и понимать. Учебный материал выстраивается по единой инвариантной структуре:

явление, основные физические понятия и модельные представления, физические величины, описывающие данное явление, связи между ними — законы и закономерности. В конце каждой темы предлагаются контрольные вопросы, а также инвариантная структура деятельности по решению различного типа задач. В оформлении текстового материала и на английском, и на русском языках широко используется выделение определений, ключевых утверждений, чтобы привлечь внимание учащихся к наиболее важным деталям обоих текстов, что значительно облегчает их сопоставление на двух языках, помогая осознанному восприятию текста на русском языке и его лучшему пониманию. Благодаря двум аналогичным текстам на английском и русском языках учащиеся сокращают время на поиски новых слов в словарях, быстро усваивают определения физических законов, а также общепринятые обозначения и сокращения физических терминов и единицы измерения физических величин на русском языке. Важное место в учебном пособии занимают графики и иллюстрации. Они позволяют перевести текстовую аналитическую информацию в визуально-образную форму одновременно на английском и русском языках, создать эмоциональный фон, облегчающий перевод этой информации в подсознательную память, помочь выстроить цепь взаимосвязанных логических выводов, суммировать полученные знания. В процессе изучения учащийся может не только прочитать, но и образно представить явление, предмет, процесс. Необходимо отметить, что пособие не адаптировано на английском языке: все русские фразы дословно переведены на английский.

И наконец, в пособие включен англо-русский словарь основных физических терминов по каждой теме, который значительно упрощает воспроизведение изученного материала на русском языке без особых затрат времени. Данное билингвальное учебное пособие не только облегчает про-

TOPIC: KINEMATICS

1. The main ideas of mechanics.

A **mechanic motion** is a change of a position of the body (or of the body parts) relative to other bodies.

A field of mechanics in which geometrical properties of motion of bodies are investigated without disregarding their masses and acting forces on them is called **kinematics**.

At the first steps in the kinematics they use concept of a *particle* (or material point). A particle in the kinematics is a body which dimensions are very small relative to dimensions of its trajectory

To describe the mechanic motion it is necessary to point a reference body (particle). A **reference body** is the physical body relative to which we define the motion. To the reference body they attach a coordinate system. The simplest coordinate system is rectangular, Cartesian system xyz .

Collection of the reference body, coordinate system, rule and clock being at rest relative to the reference body is called **reference frame**.

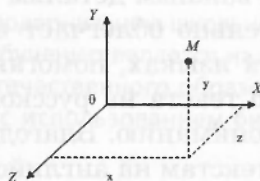


Fig. 1

One can define the position of a particle in Cartesian system with help of three numbers, coordinates x, y, z . The body motion is defined with functions expressing coordinate dependences on time:

$$x = x(t); \quad y = y(t); \quad z = z(t).$$

The dependence of the coordinates on time is called a *motion law*. A line along which a body moves is called a **motion trajectory**

Mechanic motions are divided relative to a trajectory form on two classes: *rectilinear motion* and *curvilinear motion*. With rectilinear motion the body trajectory is *straight line*

ТЕМА: КИНЕМАТИКА.

1. Основные понятия механики.

Механическим движением называется изменение положения данного тела (или частей тела) относительно других тел.

Раздел механики, в котором изучаются геометрические свойства движения без учета их массы и действующих на них сил тел называется **кинематикой**.

При изучении движения тела в кинематике часто используют понятие - *материальная точка*. **Материальной точкой** называется тело, размерами которого можно пренебречь при описании его движения.

Для описания механического движения необходимо указать тело (материальную точку), относительно которого рассматривается движение. Тело, по отношению к которому рассматривается данное механическое движение, называется *телом отсчета*. С телом отсчета связывают *систему координат*. Простейшей системой координат является *прямоугольная декартова, система осей*.

Совокупность тела отсчета, системы координат и часов называют *системой отсчета*.

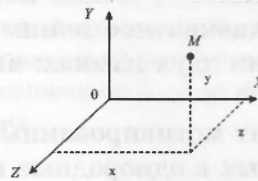


Рис. 1

Положение материальной точки M в пространстве определяется тремя координатами x, y, z . Движение тела описывается уравнениями, выражающими зависимость координат от времени:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t).$$

Зависимость координат от времени называется *законом движения* (или *уравнением движения*)

Линия, по которой движется тело, называется *траекторией движения*.

По форме траектории механические движения делятся на *прямолинейные* и *криволинейные*. При *прямолинейном движении* траекторией движения тела в

Рис. 1. Фрагменты англо-русского билингвального учебного пособия по физике

цесс изучения физики на русском языке иностранным учащимся, но и позволяет развивать их лингвистические способности, а также повышает мотивацию в изучении русского языка.

Использование трех основных компонентов билингвального обучения физике позволило разработать и билингвальную методику преподавания физики иностранным учащимся на кафедре медицинской и биологической физики в РГМУ. Сущность данного методического подхода заключается в том, что иностранным учащимся на каждом занятии в качестве домашнего задания предлагается самостоятельное изучение новой темы по разработанному англо-русскому билингвальному пособию во внеаудиторное

время, учитывая достаточный уровень владения понятийным языком физики на английском языке. Это позволяет учащимся познакомиться с необходимой физической терминологией на русском языке для понимания и обсуждения с преподавателем этой темы на русском языке на занятии. Учащиеся также должны составить свои словари ключевых физических терминов и определений по новой теме и выучить их для обсуждения темы на занятии. Преподаватель начинает занятие с объяснения этой темы на русском языке, причем пояснения он может давать на английском языке, т.е. два языка используются согласованно, как бы дополняют друг друга. При обсуждении преподаватель может задавать вопрос

на одном языке, а ответ получать на другом, т. е. дискуссия может быть и двуязычной. При этом преподаватель сознательно проговаривает все новые термины на русском языке несколько раз, давая учащимся возможность слышать правильное русскоязычное произношение. Причем преподаватель задает вопросы из тех, которые имеются в конце каждой темы в учебном пособии. После совместного обсуждения новой темы учащимся предлагается решение задач по алгоритму, предложенному в учебном пособии. В конце занятия учащиеся выполняют различные контрольные задания по изученному материалу, которые включают и определения физических законов, и заполнение в русских фразах смысловых слов, и диктанты по новым физическим терминам и т. д. Затем объявляется новая тема и указывается домашнее задание по работе со словарем для освоения новых понятий и определений на русском языке. На экзамене учащиеся отвечают устно и только на русском языке.

Разработанная методика и данное билингвальное пособие соответствуют программе по физике для общеобразовательной школы, поэтому могут быть использованы и при обучении физике на английском языке в школе. Естественно, методика должна быть адаптирована для обучения российских учащихся, и основным отличием от предложенной методики обучения иностранных учащихся будет другой акцент в преподавании. Если при обучении физике иностранных учащихся акцент делается на изучении физики на русском языке, то при обучении российских учащихся акцент должен делаться на английский язык. Основной целью при этом является достижение предметной компетенции не только на русском языке, но и на английском.

Аналогичный подход к обучению любому предмету из программы общеобразовательной школы с использованием родного языка учащихся и русского может быть применен в национальных средних школах России.

Билингвальные подходы уже применялись в России при обучении математике в школах и высших учебных заведениях г. Казани [2], при обучении химии в гимназиях г. Оренбурга [5], а также на постсоветском пространстве, в гимназиях Латвии [6].

В результате проведенных исследований по оценке эффективности было показано, что билингвальное обучение обеспечивает достаточно высокий уровень информационно-коммуникативных и предметных умений учащихся, оказывает положительное влияние на их общее развитие и образованность, обеспечивает высокий общий уровень языковой компетенции, что позволяет рассматривать билингвальное обучение как эффективный альтернативный путь обучения иностранному языку. Также было показано, что необходимым залогом успешной педагогической деятельности в области предметно-ориентированного билингвального обучения является высокий уровень развития как предметной, так и иноязычной коммуникативной компетенции учителя.

Таким образом, учитывая модернизацию школьного образования, проводящуюся в нашей стране, билингвальный подход к обучению является надежной технологической и методической базой интернационализации отечественного образования. Кроме того, учитывая то, что основное отличие билингвального образования от традиционного заключается в том, что язык преподавания сам по себе является не только средством для преподавания и обучения, но и его целью, учащийся овладевает не только знаниями, например, в области физики, но и повышает языковую компетенцию, что в дальнейшем дает ему свободу выбора не только учебного заведения, но и страны для получения дальнейшего образования.

Литература

1. Pease Alvarez, L., & Schecter, S.R. (Eds.). Learning, teaching, and community: Contributions of situated and participatory approaches to

educational innovation.— Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

2. Салехова Л. Л. Дидактическая модель билингвального обучения математике в высшей педагогической школе: Автореферат докт. диссертации.— Казань, 2007.

3. Ширин А. Г. Билингвальное образование в отечественной и зарубежной педагогике: Автореф. дис... докт. мед. наук.— Великий Новгород, 2007.

4. Смирнова З. М. Англо-русское билингвальное учебное пособие по физике.— М.: Изд. КДУ, 2008.

5. Павлова Е. С. Теоретические аспекты билингвального обучения химии в основной школе//Известия РГПУ им. А. И. Герцена.— 2009.— № 94.— С. 181—186.

6. Алиев Р., Каже Н. Билингвальное образование.— Рига: «RETORIKA A», 2005.

ДОМАШНЯЯ РАБОТА УЧАЩИХСЯ ПО ФИЗИКЕ: КАКОЙ ОНА ДОЛЖНА БЫТЬ?

Ключевые слова: когнитивные умения, когнитивные стили, домашняя работа учащихся.

А. В. Бурова, ассистент кафедры физики, информатики и математики
Курского государственного медицинского университета, г. Курск

Организация домашней работы по физике у учащихся основной школы имеет ряд проблем. Использование дифференцированных домашних заданий с учетом когнитивных стилей способствует решению этих проблем. Дифференцированные по когнитивным стилям домашние задания развивают умения самостоятельно приобретать знания, то есть когнитивные умения учащихся.

Организация домашней работы зачастую носит стереотипно-шаблонный характер. Это не позволяет учащимся овладеть умениями самостоятельно приобретать знания, которые необходимы современному человеку в любых сферах его деятельности.

Домашние задания по физике можно подразделить на несколько видов, при этом каждому из них поставить в соответствие

определенный набор когнитивных умений (см. табл. 1).

Из таблицы видно, что при выполнении домашних заданий учащиеся могут овладеть достаточно широким спектром умений самостоятельного приобретения знаний. Задача учителя в данном случае — организовать домашнюю работу так, чтобы процесс овладения когнитивными умениями был наиболее успешным. Одним из вариантов

Таблица 1

Вид домашней работы	Когнитивные умения
Работа с текстом учебника	Умение выделять главное, составлять план, отвечать на вопросы к параграфу
Работа с научно-популярной литературой	Умение конспектировать, готовить доклад, работать со справочной информацией
Работа с графиками	Умение выявлять закономерности изменения какой-либо физической величины, представлять результат графически, анализировать и строить графики
Решение задач	Умение анализировать информацию, выделять главное и второстепенное
Самостоятельные наблюдения и опыты	Умение проверять теоретические знания на практике, выдвигать гипотезу, строить план ее проверки

такой организации является выполнение дифференцированных по когнитивным стилям домашних заданий.

Таким образом, прежде всего необходимо определить когнитивный стиль* учащегося. Поскольку когнитивный стиль — измерение биполярное, то каждый из них описывается за счет обращения к двум крайним формам интеллектуального поведения (в виде полезависимости / поленезависимости, импульсивности / рефлексивности). Полезависимые лица ориентируются на внешнее видимое поле, с трудом преодолевают его влияние, им нужно много времени, чтобы увидеть нужную деталь в сложном изображении. Поленезависимые, напротив, склонны контролировать влияние зрительных впечатлений за счет опоры на некоторые внутренние критерии, легко преодолевают влияние видимого поля, быстро находят деталь в сложном изображении. Импульсивные лица склонны быстро реагировать в подобной ситуации, причем гипотезы выдвигаются без анализа всех возможных альтернатив. Для рефлексивных, наоборот, характерен замедленный тип реагирования, гипотезы многократно уточняются, решение принимается на основе тщательного предварительного анализа признаков альтернативных объектов.

Рассмотрим психологические особенности учащихся каждого когнитивного стиля и приведем методические рекомендации по организации их домашней работы.

Психологическими особенностями импульсивно-полезависимого типа является то, что учащиеся данного типа не умеют выделять существенные детали, пересказывают учебный материал дословно, четко не проговаривая основные моменты, трудные задачи решают быстро, но с ошибками,

* Когнитивные стили — это индивидуально-своеобразные способы переработки информации о своем окружении в виде индивидуальных различий в восприятии, анализе, структурировании, категоризации, оценивании происходящего.

невнимательно читают текст и условие задачи. При организации домашней работы для учащихся данного стиля следует выделять основные моменты с дополнительным уточнением, использовать репродуктивные методы обучения, сложные задачи разбивать на подпункты и выделять шрифтом искомые величины.

Учащиеся, обладающие рефлексивно-полезависимым стилем, не умеют выделять существенные детали, тщательно и долго обдумывают ответ, поступают осторожно. Перенос знаний происходит трудно, но рефлексивность дает больше осмысленности, при пересказе учебного материала не выделяют основные моменты, стараются воспроизвести текст дословно, простые задачи решают быстро, сложные — медленно.

Учитель при организации домашней работы для учащихся данного стиля должен руководствоваться следующими рекомендациями: делать основные акценты, использовать проблемно-поисковые методы в сочетании с репродуктивными, предлагать ученикам сложные задачи, но выделять шрифтом искомые физические величины.

Учащиеся с импульсивно-поленезависимым стилем при самостоятельной работе с учебником способны выделять важные детали, при пересказе учебного материала четко выделяют основные моменты. Простые и трудные задачи решают быстро, но трудные, как правило, с ошибками, так как недостаточно внимательно читают их условия. При организации домашней работы для импульсивно-поленезависимого стиля необходимо выделять основные моменты, но с дополнительным уточнением, сложные задачи разбивать на подпункты, использовать проблемно-поисковые и индуктивные методы обучения.

Рефлексивно-поленезависимые учащиеся склонны тщательно продумывать ответ, поступать осторожно, при самостоятельной работе с учебником акцентируют внимание на основных моментах, при пересказе учебного материала строят связный, логичный

с выделением основных моментов рассказ. Простые задачи решают быстро, трудные медленно, внимательно читают условия задач, без особого труда находят путь решения, проявляют самостоятельность. Для данного когнитивного стиля учитель может использовать проблемно-поисковые методы, задания и вопросы на глубинное понимание, сложные задачи на любое количество действий.

Уровень когнитивного умения и когнитивные стили достаточно тесно связаны: низким уровнем овладения когнитивными умениями обладают импульсивные, полезависимые ученики, средним — рефлексивные, полезависимые и импульсивные, полнезависимые, высокий уровень соответствует рефлексивным полнезависимым ученикам. Таким образом, выделяются четыре когнитивных стилиа и три уровня сформированности когнитивных умений. Учащимся, обладающим определенным когнитивным стилем, можно предложить свой вариант домашнего задания. Ниже представлен пример дифференцированного домашнего задания, составленного к § 33, 34 учебника А. В. Перышкина по теме «Давление. Единицы давления. Способы уменьшения и увеличения давления».

Вариант 1 (импульсивный-полезависимый когнитивный стиль)

1. Внимательно прочитайте текст параграфа.
2. Какова главная мысль данного текста?
3. Запишите в тетрадь новые понятия, которые вы узнали в данном параграфе.

Пользуясь текстом учебника, устно ответьте на следующие вопросы:

4. Объясните, почему человек, идущий на лыжах, не проваливается в снег?
5. От чего зависит результат действия силы?
6. Приведите примеры, показывающие, что действие силы зависит от площади опоры, на которую действует эта сила.
7. Какой опыт подтверждает, что действие силы зависит от площади опоры, на которую действует эта сила.

8. Что называют **давлением**?

9. Как определить значение **давления**?

10. Запишите в тетради формулу, по которой можно определить давление, и объясните смысл всех входящих в нее величин.

11. В каких единицах измеряется давление в СИ?

12. Какие другие единицы давления вам известны.

Письменно ответьте на следующие вопросы:

13. Вставьте вместо точек число:

1 кПа = ... Па

1 кПа = ... Па

1 Па = ... кПа

1 Па = ... гПа

14. Выразите в паскалях давление 3 кПа, 4 гПа.

15. Решите задачу: рассчитайте давление, производимое на стол книгой массой 200 г. Ширина книги 17 сантиметров, длина — 22 сантиметра.

Предварительно устно ответьте на вопросы:

- а) Как можно определить значение **давления**?
- б) Как найти **силу**, с которой книга действует на стол?
- в) Как найти **площадь** книги?

Устно ответьте на следующие вопросы

16. Два человека вскапывают почву лопатой разной формы (рис. 1)*.

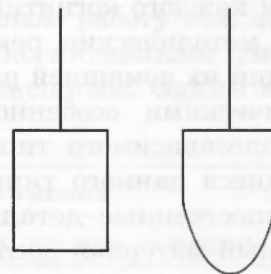


Рис. 1

а) У какой лопаты **меньше площадь** соприкосновения с землей?

* Рисунки 1, 2 и 3 помещены только в варианте 1, в других вариантах даны ссылки на эти рисунки.

б) Какая лопата будет оказывать **большее давление** на почву?

в) Какой лопатой легче копать?

17. На рисунке 2 а, б изображен один и тот же брусок.

а) Одинакова ли **площадь** соприкосновения бруска в обоих случаях?

б) Одинаковое ли **давление** оказывает брусок в обоих случаях?

в) В каком случае **давление** больше? Почему?

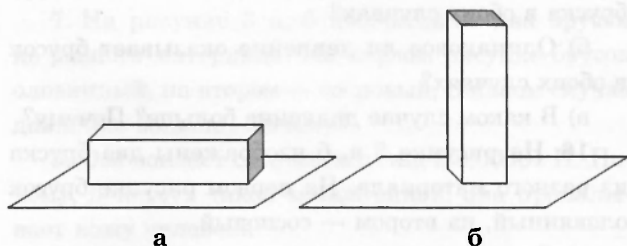


Рис. 2

18. На рисунке 3 а, б изображены два бруска из разного материала. На первом рисунке брусок оловянный, на втором — сосновый.

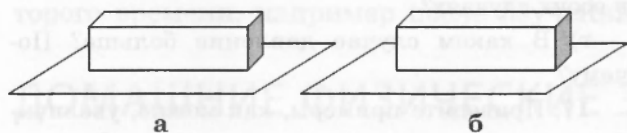


Рис. 3

а) Одинакова ли **площадь** соприкосновения бруска в обоих случаях?

б) С одинаковой ли **силой** действуют бруски на поверхность в обоих случаях?

в) Одинаковое ли **давление** оказывают бруски в обоих случаях?

г) В каком случае **давление** больше? Почему?

19. Приведите примеры, как можно, увеличивая площадь опоры, уменьшить **давление**?

20. Приведите примеры, как можно, уменьшая площадь опоры, увеличить **давление**?

21. Как, не изменяя площадь опоры, можно изменить величину давления?

22. Оса вонзает свое жало с силой 0,00001 Н. Почему, действуя такой малой силой, она прокалывает кожу человека?

Вариант 2 (рефлексивный-полезависимый когнитивный стиль)

1. Прочитайте текст параграфа.

2. Какова главная мысль данного текста?

3. Запишите в тетрадь новые понятия, которые вы узнали в данном параграфе.

Пользуясь текстом учебника, устно ответьте на следующие вопросы:

4. Объясните, почему человек, идущий на лыжах, не проваливается в снег?

5. От чего зависит результат действия силы?

6. Приведите примеры, показывающие, что действие силы зависит от площади опоры, на которую действует эта сила.

7. Какой опыт подтверждает, что действие силы зависит от площади опоры, на которую действует эта сила?

8. Что называют **давлением**? Как определить **давление**?

9. Запишите в тетради формулу, по которой можно определить давление, и объясните смысл тех всех входящих в нее величин.

10. В каких единицах измеряется давление в СИ? Какие другие единицы давления вам известны.

Письменно ответьте на следующие вопросы:

11. Выразите в паскалях давление 3 кПа, 4 гПа.

12. Решите задачу: рассчитайте **давление**, производимое на стол книгой массой 200 г. Ширина книги 17 сантиметров, длина — 22 сантиметра.

Устно ответьте на следующие вопросы:

13. Два человека вскапывают почву лопатой разной формы (рис. 1). Какой лопатой легче копать?

14. На рисунке 2 а, б изображен один и тот же брусок. В каком случае **давление** больше? Почему?

15. На рисунке 3 а, б изображены два бруска из разного материала. На первом рисунке брусок оловянный, на втором — сосновый. Одинаковое ли **давление** оказывают бруски в обоих случаях? В каком случае **давление** больше? Почему?

16. Приведите примеры, как можно, увеличивая площадь опоры, уменьшить **давление**?

17. Приведите примеры, как можно, уменьшая площадь опоры, увеличить **давление**?

18. Как, не изменяя площадь опоры, можно изменить величину давления?

19. Оса вонзает свое жало с силой 0,00001 Н. Почему, действуя такой малой силой, она прокалывает кожу человека?

20. Основываясь на жизненных наблюдениях, подготовьте доклад на тему «Как можно изменить давление».

Вариант 3 (импульсивный-полнезависимый когнитивный стиль)

1. Внимательно прочитайте текст параграфа.

2. Какова главная мысль данного текста?

Пользуясь текстом учебника, устно ответьте на следующие вопросы:

3. Почему человек, идущий на лыжах, не проваливается в снег?

4. От чего зависит результат действия силы?

6. Что называют давлением?

7. Как определить давление?

8. Какое давление принимается за единицу давления?

9. В каких единицах измеряется давление в СИ?

10. Какие другие единицы давления вам известны?

Письменно ответьте на следующие вопросы:

11. Вставьте вместо точек число:

$$1 \text{ кПа} = \dots \text{ Па}$$

$$1 \text{ кПа} = \dots \text{ Па}$$

$$1 \text{ Па} = \dots \text{ кПа}$$

$$1 \text{ Па} = \dots \text{ гПа}$$

12. Выразите в паскалях давление 3 кПа, 4 гПа.

13. Решите задачу: рассчитайте давление, производимое на стол книгой массой 200 г. Ширина книги 17 сантиметров, длина — 22 сантиметра.

Предварительно устно ответьте на вопросы:

а) Как можно определить давление?

б) Как найти силу, с которой книга действует на стол?

в) Как найти площадь книги?

Устно ответьте на следующие вопросы:

14. Два человека вскапывают почву лопатой разной формы (рис. 1).

а) У какой лопаты меньше площадь соприкосновения с землей?

б) Какая лопата будет оказывать большее давление на почву?

в) Какой лопатой легче копать?

15. На рисунке 2 а, б изображен один и тот же брусок.

а) Одинаковая ли площадь соприкосновения бруска в обоих случаях?

б) Одинаковое ли давление оказывает брусок в обоих случаях?

в) В каком случае давление больше? Почему?

16. На рисунке 3 а, б изображены два бруска из разного материала. На первом рисунке брусок оловянный, на втором — сосновый.

а) Одинаковая ли площадь соприкосновения бруска в обоих случаях?

б) С одинаковой ли силой действуют бруски на поверхность в обоих случаях?

в) Одинаковое ли давление оказывают бруски в обоих случаях?

г) В каком случае давление больше? Почему?

17. Приведите примеры, как можно, увеличивая площадь опоры, уменьшить давление?

18. Приведите примеры, как можно, уменьшая площадь опоры, увеличить давление?

19. Как, не изменяя площадь опоры, можно изменить величину давления?

20. Оса вонзает свое жало с силой 0,00001 Н. Почему, действуя такой малой силой, она прокалывает кожу человека?

21. Основываясь на жизненных наблюдениях, подготовьте доклад на тему «Как можно изменить давление».

Вариант 4 (рефлексивный-полнезависимый когнитивный стиль)

1. Прочитайте текст параграфа.

Устно ответьте на следующие вопросы:

2. О какой физической величине вы узнали из текста параграфа?

3. Как определить данную физическую величину? От чего зависит ее значение?

Письменно ответьте на следующие вопросы:

4. **Экспериментальное задание:** Рассчитайте давление, производимое на стол вашим учебником.

Устно ответьте на следующие вопросы:

5. Два человека вскапывают почву лопатой разной формы. Какой лопатой легче копать? (Рис. 1.)

6. На рисунке 2 а, б изображен один и тот же брусок. В каком случае давление больше? Почему?

7. На рисунке 3 а, б изображены два бруска из разного материала. На первом рисунке брусок оловянный, на втором — сосновый. В каком случае давление больше? Почему?

8. Оса вонзает свое жало с силой 0,00001 Н. Почему, действуя такой малой силой, она прокалывает кожу человека?

9. Основываясь на жизненных наблюдениях, подготовьте доклад на тему «Как можно изменить давление».

Следует добавить, что по истечении некоторого времени, например после изучения

какого-либо раздела, необходимо диагностировать уровень овладения когнитивными умениями и переводить учащихся с более низкого уровня на более высокий. Это стимулирует учеников, способствует развитию у них интереса к выполнению домашних заданий.

В заключение хотелось бы отметить, что данная методика позволяет учесть индивидуальные различия учеников, обеспечивает работу учеников в соответствии с их возможностями, делает процесс выполнения домашней работы познавательным и интересным как для сильных, так и для слабых учащихся.

Литература

1. Усова А. А., Бобров А. А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. — М.: Просвещение, 1988.

2. Холодная М. А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. — СПб.: Питер, 2004.

ДОМАШНИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Ключевые слова: домашний эксперимент по физике, экспериментальные умения, экспериментальные задания для учащихся.

Е. С. Дементьева, Пензенская государственная технологическая академия

Необходимость выполнения учащимися домашних заданий по физике очевидна. Автор приводит классификацию домашних экспериментальных заданий и примеры возможных заданий для учащихся VII классов.

На первой ступени обучения физике надо вообще исключить все, кроме экспериментальной стороны, представляющей наглядный интерес. Красивый эксперимент сам по себе гораздо ценнее, чем тридцать формул, добытых в реторте отвлеченных мыслей.

А. Эйнштейн.

Одной из приоритетных задач курса физики в основной школе является формирование системы понятий, законов, гипотез и теорий, дающих учащимся представление о современной картине мира. Эта система представляет собой основу физических знаний.

О том, что физика как наука связана с экспериментальным методом исследования, писал еще Г. Галилей. Он считал, что сначала идет восприятие явления (чувственный опыт), и оно может повлечь за собой изучение целой группы явлений. Затем идет переход к аксиоме (или гипотезе). Да-

лее осуществляется математическое развитие, т. е. нахождение логических следствий из принятой аксиомы (или гипотезы). И завершает этот процесс опытная проверка следствий — высший критерий истинности результатов научного исследования.

В настоящее время существует проблема систематического и эффективного проведения физических опытов на уроках, связанная с рядом объективных и субъективных причин: устаревшее или вышедшее из строя оборудование (новое оборудование есть далеко не во всех школах), сокращение количества часов по предмету, нежелание некоторых учителей и лаборантов ставить лабораторные опыты и т. д. и т. п. Систематическое проведение домашних физических экспериментов позволит отчасти решить эту проблему. При таком подходе к изучению физики между учителем и учеником возникают принципиально иные отношения — отношения сотрудничества в познании. Учитель в дополнение к традиционным формам и способам обучения ненавязчиво предлагает иной способ организации познавательной деятельности учащихся.

В процессе изучения курса физики в школе изменяется объект интереса учащихся. В основной школе — это факты, опыты, явления; затем — возможность их объяснения; в старших классах — глубокое их истолкование и теоретическое обобщение на основе ведущих теоретических идей, приводящее к пониманию физической картины мира. На начальном же этапе изучения курса физики основная роль принадлежит физическому эксперименту, в том числе и домашнему.

По содержанию учебного материала домашние физические опыты, составляющие основу домашнего физического эксперимента, классифицируют по группам:

- наблюдение физических явлений и процессов;
- измерение физических величин;
- вычисление погрешностей измерений;

- изучение физических теорий;
- проверка физических законов;
- исследование различных зависимостей величин друг от друга;
- конструирование простейших приспособлений для выполнения домашних экспериментальных заданий.

Важным условием приобщения учащихся к изучению физики является необходимость проведения занимательных и одновременно познавательных домашних физических опытов начиная с седьмого класса. Описания возможных экспериментальных заданий, которые могут проводиться дома с помощью нехитрых приспособлений, содержатся: а) в курсе «Физика» для VII, VIII и IX классов Н. С. Пурышевой и Н. Е. Вазеевской; б) в курсе «Физика и астрономия» для VII—IX классов А. А. Пинского и В. Г. Разумовского; в) в различной литературе по проведению физического эксперимента, представленной в конце статьи. Из всего обилия предлагаемых опытов важны наиболее соответствующие интересам детей, учитывающие их предварительную подготовку по трудовому обучению (технологии производства), а также математические способности. Непременным условием всех опытов, которые будет предлагать учитель в качестве домашнего экспериментального задания, должна являться их безопасность.

Обращение к истории науки при подготовке серии домашних экспериментальных заданий покажет ученику, как труден и длителен путь ученого к истине, которая сегодня формулируется в виде короткого уравнения или закона. В сообщениях должны прозвучать имена тех ученых, усилиями которых были созданы те или иные устройства, яркие факты их биографии. Опыт показывает, что подобное обращение к истории науки и техники еще больше заинтересовывает учащихся и подвигает их к изучению физики.

Чтобы постоянно поддерживать интерес к экспериментальной стороне физики как науки, на уроках и после уроков учитель

обсуждает с учениками результаты опытов, проведенных в домашних условиях, отмечает удачу и размышляет вместе с учениками о причинах, приведших к неудачам, и т.д. Вначале домашние эксперименты должны быть обязательным индивидуальным заданием с последующим оцениванием каждой работы. Затем сами собой будут образовываться группы по интересам. В конце полугодия и года можно оценивать лишь лучшие работы, которые должны выбираться путем открытого голосования и обсуждения.

Приведем некоторые домашние экспериментальные задания по механике для учащихся седьмого класса основной школы:

1. Определите и запишите пределы измерения и цену деления мерных кружек, медицинского шприца, детских бутылочек для молока. Измерьте объем той посуды (кружки, чашки, стакана, тарелки), которой вы пользуетесь.

2. Предложите метод измерения диаметра ниток и тонкой проволоки, пользуясь миллиметровой линейкой и круглым карандашом. Пользуясь этим методом, измерьте диаметр иголки или гвоздя.

3. Измерьте миллиметровой линейкой размеры куска сахара правильной формы и определите его объем. Налейте в мерную кружку или другой сосуд с делениями определенный объем воды (чая) и опустите в нее несколько кусочков сахара. Измерьте объем смеси и объем растворенного сахара. Сравните объемы сахара в твердом и растворенном состоянии, объясните их несоответствие.

4. Пользуясь миллиметровой линейкой и резиновым жгутиком, сконструируйте динамометр. Градуировку самодельного динамометра проведите с помощью школьного лабораторного динамометра. Определите и запишите с помощью изготовленного динамометра вес различных тел (монет, карандашей, тетрадей и др.).

5. Экспериментально изучите зависимость силы трения от веса тела. В качестве тела возьмите кастрюлю, в которую после-

довательно доливайте определенное количество воды с помощью мерной кружки или другой посуды с градуированной шкалой. Равномерное движение кастрюли по поверхности кухонного стола обеспечивайте с помощью бытовых пружинных весов (безмена). Составьте таблицу зависимости силы трения скольжения от веса тела.

6. Измерьте работу, совершаемую вами при ходьбе из дома в школу и обратно, если при каждом шаге совершается в среднем работа 20 Дж.

7. Измерьте работу, совершаемую вами при подъеме по лестнице между соседними этажами. Расстояние между этажами измерьте с помощью отвеса с метровыми метками, а массу собственного тела измерьте с помощью напольных весов.

8. Измерьте с помощью миллиметровой линейки плечи рычагов (ножниц, степлера, гаечного ключа, ключа дверного замка, водопроводного крана и т.д.). Определите выигрыш в силе данных простых механизмов.

9. Два человека должны перейти ручей: один — с левого берега на правый берег, другой — в противоположном направлении. На обоих берегах есть доски, но каждая из них немного короче расстояния между берегами. Предложите способ (и проверьте его летом с родителями), с помощью которого они могут перебраться с одного берега на другой.

10. Определите давление собственного тела на пол. Массу тела измерьте с помощью напольных весов, а площадь подошвы ботинка (туфли) — с помощью миллиметровой или клетчатой бумаги. Указание. Поставьте ботинок на бумагу и обведите его контур карандашом. Подсчитайте число клеточек. Неполные клетки считайте за половину. Как можно резко увеличить давление собственного тела на пол в два раза, не делая резких движений и не прибегая к посторонним предметам.

11. Сконструируйте прибор «Картезианский водолаз», пользуясь бутылкой из-под

молока или литровой банкой с пластмассовой крышкой. Поплавок изготовьте из обычного прозрачного пузырька, например из-под пенициллина или борного спирта, заполнив его водой более чем на 1/3 объема. В пробке пузырька сделайте шилом отверстие и в него плотно вставьте трубочку длиной 10—15 мм от стержня шариковой ручки или сока. После наполнения бутылки (банки) водой опустите в нее поплавок. При нажатии на крышку бутылки (банки) поплавок опускается. Проследите за объемом воды в поплавке при его погружении и подъеме.

12. Используя бытовые пружинные весы, кастрюлю с водой и кусок хозяйственного мыла, определите архимедову силу, действующую на кусок мыла. Измерьте объем куска мыла, рассчитайте его плотность и сравните с плотностью воды.

13. Определите, как минимум двумя способами, какая известная вам марка сливочного масла имеет меньшую плотность.

При систематической демонстрации опытов по измерению физических величин под руководством учителя, самостоятельном проведении домашних опытов и их последующем обсуждении учащиеся постепенно учатся:

- работать с различными источниками информации;
- выдвигать гипотезы;
- планировать выполнение эксперимента;
- конструировать и собирать экспериментальные установки;
- правильно пользоваться различными физическими приборами;
- проводить измерения и наблюдения;
- оформлять результаты наблюдений в табличной, графической и аналитической формах;
- вычислять погрешности измерений;
- исследовать влияние различных величин, характеризующих то или другое явление друг на друга;

— конструировать простейшие приспособления для выполнения домашних экспериментальных заданий;

— анализировать и устанавливать причинно-следственные связи по результатам опытов;

— систематизировать результаты опытов по тем или иным признакам.

В процессе проведения домашних опытов школьники приобретают экспериментальные умения, умение работать в группах. В процессе общественно полезного, производительного труда, составной частью которого является домашний физический эксперимент, не только школьники знакомятся с различными профессиями, практически проверяют себя, «примеряют» к тем или иным сферам производства, профессиям, но и учителя получают благоприятные условия для изучения личности школьника. У учителя физики есть уникальная возможность не только рассказывать о физических явлениях и законах, но и найти способы настолько приблизить эти явления к ученикам, чтобы они стали вместе с ним исследователями этих явлений. Уверенность учащихся в возможности экспериментального подтверждения научных фактов заставляет их с особым уважением относиться к предмету, где каждое положение доказуемо.

Современные процессы социального обновления, протекающие в обществе, потребовали человека, способного творчески, аналитически решать личные и общественные проблемы, сознательно строить свой внутренний духовный мир. Производству требуются специалисты, обладающие не только необходимыми знаниями, умениями и навыками, но и такими качествами, как самостоятельность, организованность, способность решать творческие задачи, проектировать собственную деятельность, проявляющие готовность к самообразованию и саморазвитию, к ускоренной адаптации, к изменениям в производстве и социальном пространстве.

Введение обязательного домашнего физического эксперимента на первой ступени обучения физике в средней школе будет первым шагом на пути решения вышеназванных проблем.

Рекомендуемая литература для проведения домашнего физического эксперимента в основной школе:

1. Буров В. А., Дик В. А. Практикум по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1982.
2. Бутырский Г. А., Сауров Ю. А. Экспериментальные задачи по физике 10—11. — М.: Просвещение, 1998.
3. Буров В. А., Иванов А. И., Свиридов В. И. Фронтальные экспериментальные задания по физике: 8, 9, 10 классы. — М.: Просвещение, 1985, 1986, 1987.
4. Горев Л. А. Занимательные опыты по физике. — М.: Просвещение, 1985.
5. Дик И. Ю., Кабардин О. Ф. и др. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики. — М.: Просвещение, 1993.
6. Шилов В. Ф. Физический эксперимент по курсу «Физика и астрономия» в 7—9 классах общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение, 2000.

7. Буров В. А., Никифоров Г. Г. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7—11 классах общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение, 1996.

8. Хижнякова Л. С., Коварский Ю. А., Никифоров Г. Г. Самостоятельная работа учащихся по физике в 9 классе средней школы. — М.: Просвещение, 1993.

9. Ланина И. Я., Тряпицина А. П. Раздвигая границы привычного. — Л.: Лениздат, 1990.

Литература

1. Сластенин В. А. и др. Педагогика. Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов; Под ред. В. А. Сластенина. — М.: Издательский центр «Академия», 2002.
2. Шилов В. Ф. Физический эксперимент по курсу «Физика и астрономия» в 7—9 классах общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение, 2000.
3. Буров В. А., Дик В. А. Практикум по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1982.
4. Ланина И. Я., Тряпицина А. П. Раздвигая границы привычного. — Л.: Лениздат, 1990.

ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ В ФОРМАТЕ МИКРОПРЕЗЕНТАЦИЙ

Ключевые слова: домашний эксперимент, микропрезентация.

И. Ю. Мельникова, учитель физики ГОУ СОШ № 963, Москва

Одной из форм представления результатов домашнего эксперимента учащихся может стать микропрезентация. Отчет в виде микропрезентаций позволяет повысить интерес учащихся к физическому эксперименту, дает возможность осуществить подготовку к дальнейшей проектной деятельности. В статье даны конкретные рекомендации по организации совместной деятельности учителя и учащихся.

Современный уровень науки, техники и средств коммуникаций требует от ученика не только знаний, но и творческого подхода при обучении школьным предметам, в том числе и физике.

Прерогативой преподавания физики всегда являлся физический эксперимент. В про-

цессе обучения предмету учителем и учеником выполняется большое количество демонстрационного эксперимента, лабораторных, практических работ, а также классных и домашних экспериментальных заданий.

Домашние экспериментальные работы — это вид деятельности учащихся, в ко-

тором они могут проявить свои творческие способности. Владение современными технологиями существенно повысит качество выполнения работы и представления ее результатов.

В данной статье показан эффективный способ обучения учащихся технике создания микропрезентаций в ходе выполнения домашних практических работ.

Ниже опишем этапы организации этой деятельности.

1-й этап. Выбор темы для домашней практической работы учащимся из предложенных учителем или придуманной самостоятельно. Некоторые из тем перечислены в учебниках физики. Например: «Нагревание льда в комнате» задание № 7 [2], «Испарение жидкостей», «Устройство гальванического элемента» [1] и др.

2-й этап. Организация совместной деятельности учителей физики и информатики для обучения учащихся приемам работы с программным обеспечением (например с программой Power Point).

3-й этап. Проведение опроса учащихся для выяснения возможности выполнения работ с использованием компьютера.

Опросный лист

Ф. И. О. ученика (цы) _____	Класс № _____
Вопросы	Ответы
1. Имеется ли у вас возможность работать на компьютере?	
2. Есть ли навыки работы с компьютером?	
3. Есть ли возможность пользоваться цифровым фотоаппаратом?	
4. Есть ли навыки работы с программой Power Point?	
5. Есть ли желание работать над составлением домашних практических работ в виде микропрезентаций?	

Возможные ответы: да/нет. К опросному листу прилагается строка примечаний и пожеланий учеников.

Если учащийся не имеет возможности выполнить работу дома, он может пользоваться оборудованием кабинетов информатики и физики.

4-й этап. Ознакомление учащихся с требованиями к оформлению микропрезентаций, которые определяются их задачами, т.е. формированием следующих умений: наглядно и кратко представлять проделанную работу, где отражен индивидуальный подход каждого ученика в выборе способа, средств, материалов, приспособлений, простых приборов и устройств у себя дома. Исходя из этого, формулируются требования к оформлению микропрезентаций.

Объем от 4 до 8 слайдов, в которых должны быть отражены:

— название и автор выполненной работы;

— используемые материалы и приборы (фотография приборов и материалов с обязательным указателем и сноской на слайде);

— процесс наблюдений (фото этапов наблюдений с обязательным указанием условий проведения);

— *расчеты, таблицы, графики, показания измерительных приборов, составление экспериментальных задач;*

— *оценка наблюдений, расчетов, результатов проведения домашнего эксперимента*;*

— выводы, применение, ответы на вопросы.

5-й этап. Проверка и оценка результатов работы. Срок предоставления (сдачи) микропрезентаций варьируется от 1 до 2 недель. Предлагаются два способа сдачи работ.

* Пункты, выделенные курсивом, добавляются по мере усложнения работы и освоения технических навыков использования программного обеспечения.

1. Назначенный учителем ответственный по электронной почте получает работы одноклассников и приносит учителю в установленный срок.

2. Каждый ученик сдает учителю работу на электронном носителе, как правило, на флэш-карте или диске.

Учитель переносит информацию на свой компьютер в папку класса. Все результаты заносятся в таблицу и учитываются при выставлении итоговой оценки по физике.

Класс _____		Школа _____			Учебный год _____	
№ работы Ф.И. ученика	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	
Агапова В.	4	4	4	5	5	
Востриков В.	—	4	4	5	4	
Ефимова А.	—	4	5	5	5	
Ершова О.	4	5	5	5	5	
...	

При выставлении оценки учителем физики учитываются знания учащимися теоретического материала, грамотность при проведении опыта (эксперимента), содержание и оформление микропрезентации, анализ полученных результатов наблюдений, опытов и т. д. Техническая сторона исполь-

зования программы Power Point оценивается учителем информатики. Таким образом, ученик за одну выполненную работу получает оценки по двум предметам.

Предложенная методика оформления результатов домашних экспериментов позволяет прежде всего наблюдать процесс формирования перечисленных выше умений. Наглядно демонстрирует активность детей в данном виде деятельности и позволяет подготовить учащихся к дальнейшей проектной деятельности.

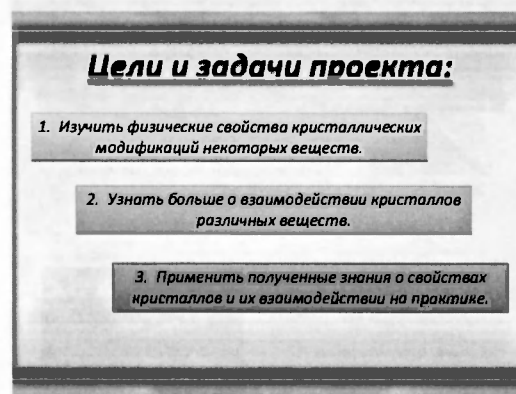
В результате описанной совместной деятельности учителя и учащихся:

- повышается интерес к физике;
- осуществляется практическая связь учебного предмета с жизнью;
- осуществляется подготовка учащихся к проектной деятельности;
- повышается активность учащихся старших классов в проектной деятельности;
- формируются умения представления результатов творческих учебных работ.

Литература

1. *Перышкин А. В.* Физика-8. — М.: Дрофа, 2001.
2. *Пурышева Н. С., Важеевская Н. Е.* Физика-8. — М.: Дрофа, 2008.

Приведем пример исследовательского проекта, в оформлении которого представлены элементы микропрезентации.



Кристаллы и их физические свойства

3

Школьная физическая выставка 2007/2008
(неделя естественно-научного цикла)

На выставке был представлен проект по выращиванию и изучению физических свойств кристаллов различных солей

4

Результаты

NaCl

K₂Cr₂O₇

(NH₄)₂Cr₂O₇

CuSO₄

NiSO₄

5

Прохождение узкого светового луча через кристаллы

Вещество	ИД*	Тип решетки
NaCl	А	Кубическая
K ₂ Cr ₂ O ₇	А	Трилинная
(NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇	А	Моноклиная
CuSO ₄	А	Моноклиная
NiSO ₄	А	Ромбическая

*А – анизотропность/анисотропность

6

Итоговый отчет

Вещество	Тип решетки	Плотность ¹	Цвет	Скорость роста ²
NaCl	Кубическая	2,2 г/см ³	Бесцветный	12 часов
CuSO ₄	Моноклиная	2,3 г/см ³	Сине-голубой	36 часов
NiSO ₄	Ромбическая	1,9 г/см ³	Изумрудно-зеленый	72 часа
K ₂ Cr ₂ O ₇	Трилинная	2,7 г/см ³	Оранжевый	24 часа
(NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇	Моноклиная	2,1 г/см ³	Оранжевый	24 часа

¹ – Измерения произведены при помощи формулы $\rho = \frac{m}{V}$ с использованием для получения данных весов и мерного стакана.

² – Данные получены при выращивании кристаллов из насыщенных солевых растворов, содержащих 10 мл воды.

7

Взаимодействие кристаллов

8

Взаимодействие кристаллов можно наблюдать на примере взаимодействия кристаллов льда и соли.

Обыкновенная поваренная соль – это кристаллическая модификация хлорида натрия (NaCl), а лед – кристаллическая модификация воды (H₂O)

9

Приборы и материалы:

- Термометры (–30°C; 30°C) с t=1°C
- Весы бытовые
Ст (от 1 до 30)=1г,
Ст (от 31 до 100)=5г
- Соль поваренная
- Лед кубиками
- Цветные пластмассовые стаканы

Условия проведения опыта:

1 t = 21°C
2 Давление = 740 мм рт. ст.
3 Влажность воздуха = 50%

10

1. Подготовительная стадия

1. Положим в каждый стакан по 15 кубиков льда
2. Взвесим одну чайную ложку соли
3. Взвесим один кубик льда

$m_{\text{л}} = 6\text{г}$
 $m_{\text{с}} = 10\text{г}$

11

Дождемся, пока в системе лед-термометр установится термодинамическое равновесие

Внесенный в комнатные условия лед имеет $t = 0^{\circ}\text{C}$

При данной температуре в системе можно зафиксировать так называемую иммерсионную точку льда, т.е. существование воды в пределах одной системы одновременно в трех видах: парообразном, жидком и твердом.

12

2. Опыт

Порядок действий при проведении опыта:

1. Отмерить необходимое количество соли
2. Насыпать соль в стакан
3. Через 5 минут снять показания термометра¹

¹ Для достижения точности в измерениях показания термометра должны сниматься только при условии расположения ртутного столбика на уровне глаз.

13

2.1 Синий стакан

$m_{\text{соли}} = 50\text{г}$

$t = -13^{\circ}\text{C}$

14

2.2 Желтый стакан

$m_{\text{соли}} = 70\text{г}$

$t = -15^{\circ}\text{C}$

15

2.3 Зеленый стакан

$m_{\text{соли}} = 100\text{г}$

$t = -18^{\circ}\text{C}$

16

Итоговый отчет

№ опыта	1	2	3
Количество соли	50г	70г	100г
Масса льда	90г	90г	90г
Концентрация	56%	78%	112%
Полученная температура	-13°C	-15°C	-18°C

Из таблицы видно, что при увеличении концентрации соли температура смеси понижается

17

График зависимости температуры от концентрации соли

Для льда кубиками

$C = \frac{m_{\text{с}} \times 100\%}{m_{\text{л}}}$

—NaCl

18



19

Наблюдения

- Во всех случаях при добавлении в стакан со льдом соли наблюдалось понижение температуры смеси (при любых соотношениях льда и соли).
- Степень понижения температуры зависит от концентрации соли в системе, а также от площади поверхностей соприкосновения веществ.
- Во всех опытах наблюдалось одновременное присутствие в пределах одной системы льда, рассола и соли.
- Потрескивание льда в стакане обусловлено раскалыванием льда под влиянием температурных напряжений, которые возникают в талце льда при нагревании. Шипение льда связано с воздушными пузырьками, заключенными внутри льда, которые лопаются, когда в результате таяния льда «выбираются» на поверхность.

20

Почему же, когда человек стоит в снегу, обработанном реагентами, он чувствует холод сильнее, чем когда стоит в обычном сугробе?

Потому что:

- При обработке реагентами происходит та же реакция с понижением температуры снега, талца вместо соли в нем выступают более сложные химические вещества.
- Теплопроводность воды существенно выше теплопроводности снега, поэтому мокрый снег быстрее поглощает тепло человека.

21

Практическое применение полученных знаний

22

Полученные знания могут помочь в разных жизненных ситуациях. Например:

- При ушибе, если требуется охладить ушибленное место.
- При поломке холодильника, когда в нем остались скоропортящиеся продукты.
- При оледенении различных поверхностей на дачном участке.

23

На Руси издавна пользовались знаниями подобного рода, в том числе и в кулинарном деле, например, для приготовления мороженого.

В современных условиях мы также можем приготовить эксклюзивное мороженое по традиционному домашнему рецепту, не прибегая к помощи холодильника и морожениц.

24

Для создания необходимых условий для замерзания потребуются:

- Декоративная емкость для льда
- Лед кубиками
- Соль поваренная
- Сумка - холодильник
- Термометр
- Стакан для мороженого

25

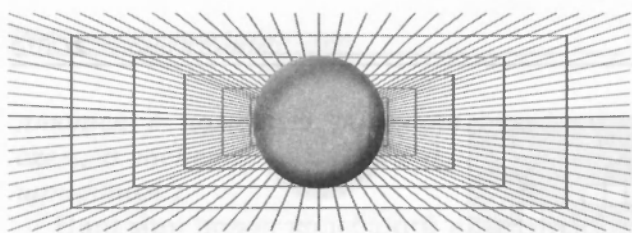
Для приготовления мороженого необходимо:

- Сливки 10%
- Яйцо куриное
- Сахар рафинированный
- Сахар ванильный

Условия проведения опыта те же:

- $t = 21^\circ\text{C}$
- Давление = 740 мм рт. ст.
- Влажность воздуха = 50%

26



ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

(урок изучения нового материала в IX классе с использованием интерактивной доски)

Ключевые слова: колебания, звуковые волны, интерактивная доска.

Т. И. Долгая, учитель физики ГОУ СОШ № 110 с углубленным изучением испанского языка, dolguy62@mail.ru

Использование программно-технического комплекса «Активный Экран» на базе интерактивной доски ACTIVboard дает возможность каждому ученику быть активным участником урока — работать с ACTIVboard в интерактивном режиме. Учитель и ученик имеют возможность делать надписи, пометки, обращать внимание присутствующих на наиболее важные и значительные блоки информации, появляющейся на доске, возвращаться к предыдущему этапу рассуждений, искать другие способы решения проблемы, редактировать и пролистывать в любом порядке страницы подготовленных заранее или созданных в интерактивном режиме файлов выступления, которые в тот же момент видят все присутствующие.

Рассмотрим применение интерактивной доски на примере урока по теме «Звуковые волны».

Цели урока

1. **Образования:** формирование у учащихся представления о звуковых волнах и особенностях их образования, механизме протекающих при этом процессов.

2. **Воспитания:** показ роли физического и мысленного эксперимента и методов научного познания в изучении физических явлений.

3. **Развития:** развитие мышления учащихся (анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия).

Организация урока

Оргмомент _____ 2 мин.
Мотивация _____ 2 мин.
Актуализация знаний _____ 6 мин.
Объяснение нового материала _ 30 мин.
Первичное закрепление знаний _ 3 мин.
Подведение итогов, дом. задание _ 2 мин.

Ход урока

Здравствуйте!

Вокруг нас да и в нас самих происходит много колебательных процессов, излучается много волн. Мы начали и продолжаем изучать тему «Механические колебания и волны». Вспомним основные изученные нами понятия, физические величины, единицы измерения и заполним кроссворд.

(Вопросы могут вызываться на интерактивной доске отвечающими в любом порядке, соответственно заполнению кроссворда. Ответы вписываются в клетки от руки, а заполненный кроссворд может служить для выполнения задания «Кроссворд наоборот» — дать определение уже вписанным словам. В зависимости от задач опроса можно использовать обе формы актуализации знаний. Для этого вопросы кроссворда максимально возможно состав-

Кроссворд

Ответ

1

Явление резкого возрастания амплитуды колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний системы.

2

Волна, направление распространения которой совпадает с направлением колебаний частиц.

3

Обозначается буквой ν

Физическая величина, численно равная числу колебаний в единицу времени.

4

Время одного полного колебания.

5

Волна, направление распространения которой перпендикулярно направлению колебаний частиц.

6

Распространяющиеся в упругой среде колебания.

7

Единица частоты в СИ.

8

Единица длины волны в СИ.

9

Единица периода в СИ.

Кроссворд наоборот

назад

Рис. 1. Вид страниц электронного конспекта

ляются с помощью рисунков, графиков, схем, а тексты-подсказки даны неярким шрифтом.)

Наш мир полон колебаний и излучений. Мы живем, по большей части не чувствуя окружающих нас волн. А те, которые ощущаются человеком, очень важны для нас, так как являются источником информации о внешнем мире.

Проведем небольшой эксперимент. Я закрою экран черной шторкой, переключу один канал получения информации. На экране есть 3 фотографии. Подсказки 1, 2 и 3, я думаю, смогут вам помочь догадаться, что на них изображено.

(При обращении к цифре 1 слышен звук взрыва, при обращении к цифре 2 — звук пилы, при обращении к цифре 3 — пение птиц. Беседа с учащимися о том, что изображено на фотографиях.)

Откроем шторку, проверим свои предположения.

(Функция «Шторка», позволяющая открывать экран сверху, снизу или сбоку, дает возможность учителю использовать различные способы мотивации учащихся, развивать познавательную активность учащихся.)

Что нам помогло догадаться об изображениях на фотографиях?

Догадались, о чем пойдет речь на сегодняшнем уроке? Конечно, о звуках!

(Надпись на доске «Звук».)

Проделаем фронтальный опыт 1, его описание есть в Листе экспериментов.

(Ударить молоточком по камертону, прикоснуться к нему пальцем, поднести к нему бусинку на нити.)

Что у вас получилось?

Мы ощущаем колебания ножки камертона, издающего звук, видим колебания бусинки на нити. Я тоже ударю молоточком по камертону. Звук, издаваемый камертоном, слышит каждый из вас. Почему?

Правильно, происходит распространение колебаний в воздухе (а воздух является упругой средой), т.е. от камертона при колебании его ножек идет волна.

(Надпись на доске «Волна».)

Сформулируем тему урока, **запишем ее** на доске и в тетрадах: **«Звуковые волны»**.

Звуковая волна — механическая волна.

А можно ли наблюдать распространение звуковых волн? Проделайте фронтальный опыт 2 из Листа экспериментов и попытайтесь объяснить результаты.

(Ударить молоточком по камертону, опустить его в кювету с водой.)

Мы видим поверхностную волну вокруг каждой ножки камертона, а в пространстве

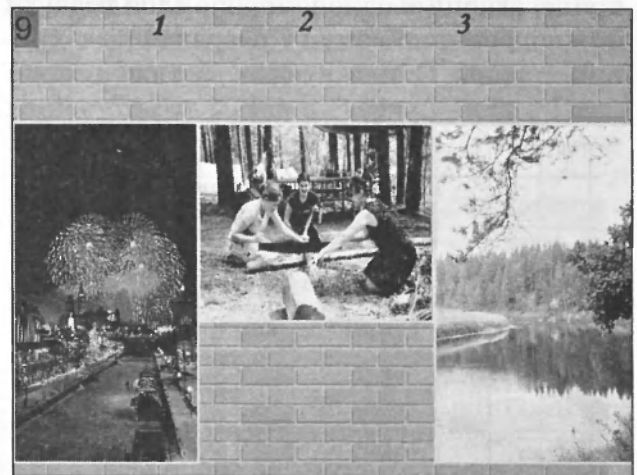
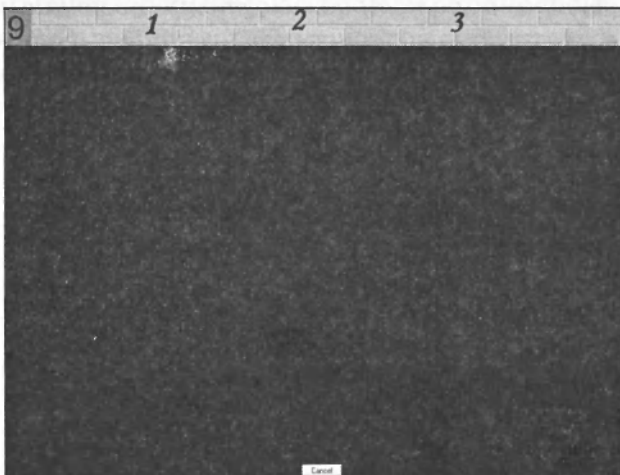


Рис. 2. Вид экрана с закрытой и открытой шторкой

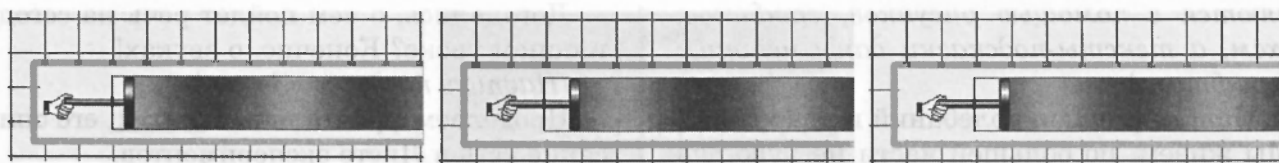


Рис. 3. Модель «Звук в газе» на страницах электронного конспекта

между ножками камертона видим почти неподвижные волны. Это результат наложения волн от двух ножек камертона — явление называется интерференция.

Чтобы понять механизм образования звуковой волны, сделаем фронтальный опыт 3 из Листа экспериментов. Выберите из двух утверждений, представленных на доске, верное:

- всякое колеблющееся тело звучит;
- всякое звучащее тело колеблется.

(Отогнуть и отпустить свободный край металлической пластинки, крепко прижатой к столу коробочкой-резонатором. Изменять длину колеблющегося края, обращая внимание, видны ли колебания, слышен ли звук.)

Верным является утверждение «Всякое звучащее тело колеблется», так как не все колебания мы воспринимаем как звук, только колебания с частотой от 16 до 20 000 Гц. (Надпись на доске «От 16 до 20 000 Гц».)

Когда линейка колеблется, она сжимает прилегающий к одной стороне слой воздуха и одновременно создает разрежение с другой стороны. Эти сжатия и растяжения че-

редуются во времени и распространяются в виде упругой продольной волны.

(Надпись на доске «Продольная волна».)

Аналогично создается волна в закрытом с одной стороны поршнем сосуде, при колебании поршня, закрывающего сосуд с другой стороны. Если представить, что рука сможет совершать колебания со звуковой частотой, то это можно будет считать моделью образования звуковой волны в газе.

(Наблюдаем модель образования звуковой волны в газе, сконструированную из модели, представленной на диске «Открытая физика» с помощью программного обеспечения «ACTIVstudio». Удобство данной модели в том, что можно остановить кадр и работать с ним — выделять, подчеркивать, находить области разрежения или сжатия, показывать направления колебаний или распространения волны. Также надо учесть, что учеников отвлекает обилие информации в кадре — рядом с моделью часто располагаются графики, экран выбора параметров. Поэтому помещаем в электронный конспект несколько фотографий модели с диска, обрезая ненужную

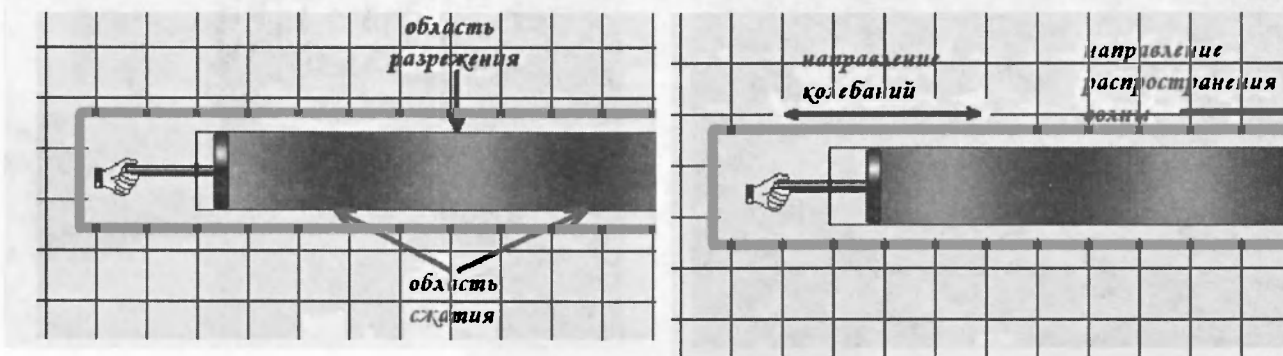


Рис. 4. Работа с моделью «Звук в газе»

в данный момент часть экрана. При смене кадров получается удобная в работе динамическая модель. Система несложных операций и ссылок позволяет делать такие простейшие анимационные модели не программистам, а обычным пользователям.)

Покажите направление колебаний давления фиолетовым цветом, а направление распространения волны — розовым.

Как мы определили, что звук — продольная волна?

Покажите области разрежения синим цветом, а области сжатия — красным.

Выясним роль упругой среды. К сожалению, оборудования для эксперимента у нас нет, проведем мысленный эксперимент. Попробуйте предсказать, что будет происходить, если ударять по камертону в отсутствие воздуха.

А теперь попробуем создать физическую модель с помощью возможностей Активного экрана и программного обеспечения «ACTIVstudio» и аудиокассеты из набора «Звук и тон», оборудование из которого мы сегодня используем для фронтальных экспериментов.

Мне понадобятся два помощника — один будет отвечать за видеоряд эксперимента, а другой — за озвучивание. Ваша задача — работать слаженно и объяснить свои действия.

(При обращении к ссылке на экране «к насосу» происходит смена кадров электронного конспекта — уменьшается число молекул, язычок ударяет по звонку. Использу-

ется кассета из набора «Звук и тон». При озвучивании синхронно со сменой кадров звук уменьшается до нуля.)

Действительно, в отсутствие упругой среды, например в безвоздушном пространстве, звук распространяться не может, скорость звука зависит от упругих свойств среды.

Как вы думаете, в какой среде скорость звука будет максимальна? А минимальна? Дмитрий Донской перед Куликовской битвой услышал топот вражеской конницы, когда она еще не была видна, приложив ухо к земле.

При 0°C в воздухе скорость света равна приблизительно 330 м/с, в воде — 1500 м/с, а в стали — приблизительно 5000 м/с.

Сделаем вывод: так что же такое звук? Ключевые слова для определения есть на доске.

(Записываем определение: «Звук — это продольная волна с частотой от 16 до 20 000 Гц».)

А можем ли мы слышать звуки, если колебания происходят с частотами за пределами этого диапазона? Колебания с частотой меньше 16 Гц называются инфразвуком, с частотой больше 20 000 Гц — ультразвуком. Мы их не воспринимаем, а некоторые животные могут их слышать. Собаки, например, могут слышать звуки частотой до 60 000 Гц, летучие мыши — до 150 000 Гц, а дельфины — до 200 000 Гц. Некоторые насекомые имеют слуховой аппарат, чувствительный к инфразвуку, например кузнечики воспринимают частоты от 10 Гц, а сверчки — от 2 Гц.

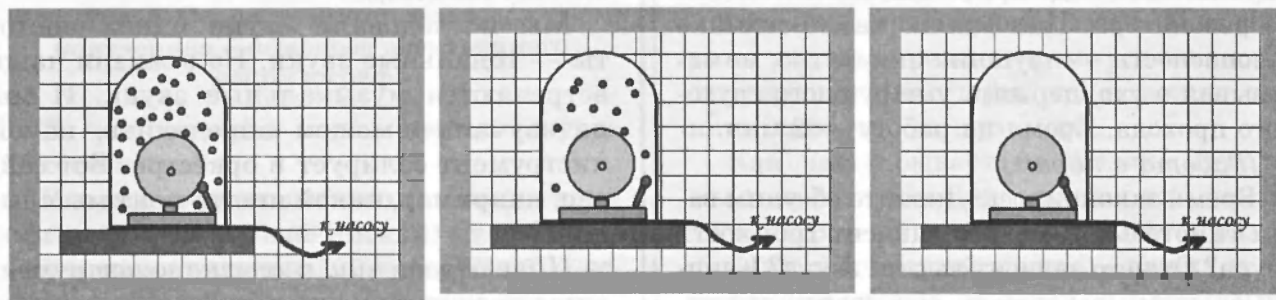


Рис. 5. Модель «Роль упругой среды»



Рис. 6. Вид незаполненной и заполненной доски при работе с определением понятия «Звук»

(На доске строим шкалу частот, отмечаем на ней инфразвук, звук, ультразвук.)

Огромное количество различных звуков постоянно окружает нас. Что мы слышим в данную минуту?

Какие характеристики звука мы можем выделить? Громкость и высоту тона.

С помощью несложного оборудования, которое есть в вашем распоряжении, предлагаю вам провести исследование и выдвинуть гипотезы — от чего зависит громкость и высота звуков. Затем мы проверим ваши гипотезы на моем более совершенном оборудовании. Поскольку работа будет вестись одновременно, то при плохой слышимости можно воспользоваться наушниками — два тонких шланга с маленькими красными наушниками надо присоединить к выходам из резонатора. Напоминаю вам о технике безопасности — наушник аккуратно, не засовывая в ухо, держать у наружного слухового прохода. Время на работу — 2 мин.

(Работа в парах.)

Время закончилось. Давайте обсудим ваши гипотезы — от чего зависит громкость звука? От чего зависит высота звука? Какими опытами вы можете обосновать выдвигание своей гипотезы?


Проверим ваши гипотезы с помощью генератора звуковых колебаний с динамиком и осциллографа. Генератор вырабатывает колебания заданной частоты, мы можем менять частоту и громкость звуков. Динамик позволит нам контролировать процесс на слух. А осциллограф покажет график соответствующих колебаний.

Итак, сделаем вывод о наших гипотезах и заполним таблицу «Характеристики звука».

(Заполнение 1 и 2 строк таблицы для громкости и высоты. Подбираются, помещаются в соответствующую графу таблицы и подписываются рисунки. Можно также воспользоваться готовыми надписями «прямо пропорционально» или «обратно пропорционально», поместив их в нужную клетку таблицы.)

Мы исследовали звуки одной частоты — тональные звуки. Но в жизни чаще встречаются музыкальные звуки. И мы по звучанию можем определить, какой инструмент солирует в оркестре. Вот сейчас, например, какой инструмент мы слышим?

(При обращении к ссылке «инструментал» звучит фортепиано, духовые инструменты, скрипки.)

Характеристики звука				
№	Характеристика	От чего зависит	Как зависит	Рисунки
1	Скорость	зависит от	чем больше амплитуда, тем больше скорость	 
2		зависит от		
3		зависит от		

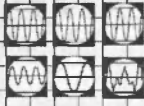
Чем больше тем больше  электронный осциллограф
 Чем больше тем больше  инструмента

Рис. 7. Вид доски во время работы с таблицей «Характеристики звука»

И голоса людей мы легко отличаем один от другого. Как нам это удается?

Вспользуемся электронным осциллографом и микрофоном, подключенным к компьютеру, и исследуем осциллограммы своих голосов.

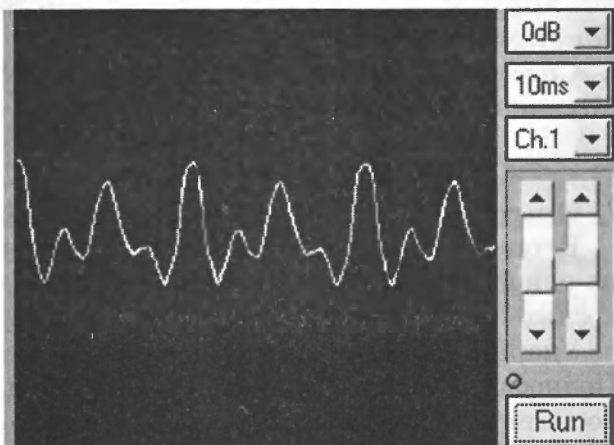


Рис. 8. Осциллограмма звука «А», полученная с помощью электронного осциллографа

В чем отличие музыкальных звуков от тональных?

В музыкальных помимо основного тона (им считается самый низкий) существуют еще и дополнительные — обертоны. И если они звучат в унисон, то получается приятный, красивый, богатый звук. Мы разли-

чаем звучание голосов или музыкальных инструментов по тембру.

(Заполним третью строчку таблицы.)

Сделаем выводы. Что мы узнали на сегодняшнем уроке?

Закончите предложение, выбрав продолжение из второго столбца:

1. Любое тело, колеблющееся со звуковой частотой (создает в окружающей среде звуковую волну).

2. Звуковая волна существует (в любой среде, кроме вакуума).

3. Скорость звука зависит от упругость свойств среды (в твердых телах максимальна, в газах — минимальна).

4. Чтобы усилить звук, используют резонаторы (полые тела).

5. Ослабляют звук (пористые материалы — войлок, пробка).

Приложив ухо к раковине, считается, что мы слышим шум моря. На самом деле раковина является резонатором, усиливающим окружающий нас шум, что и можно принять ошибочно за шум моря.

Как часто бывает на физике, сегодня мы говорили об очень важных для человека волнах — звуковых. Акустика — раздел физики, изучающий звуки, — важна и для медицины, и для экологии, и для музыки, и даже для мореплавания.

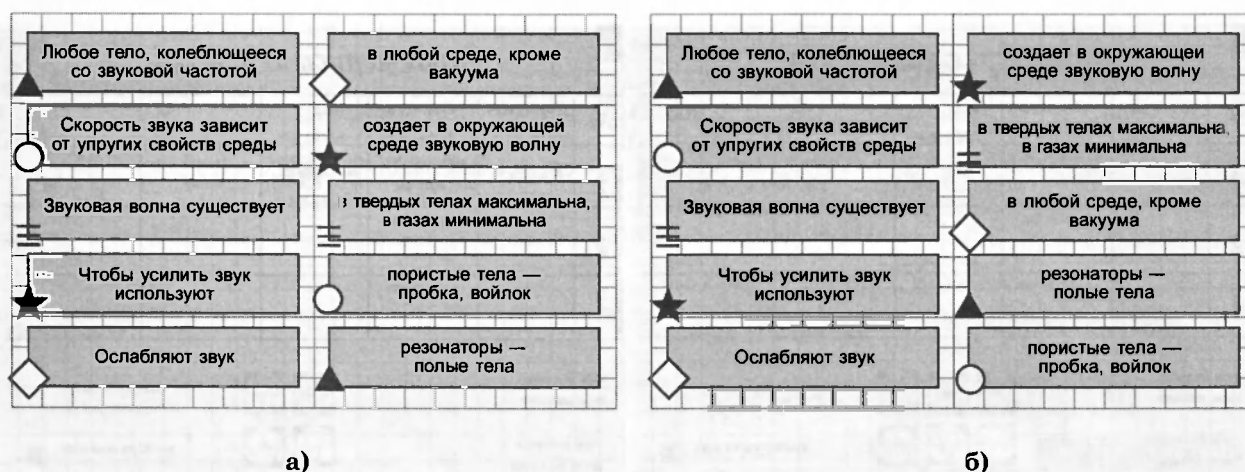


Рис. 9. Вид доски при выполнении задания «Подберите окончание фразы» а) в исходном виде; б) после выполнения задания

Задание на дом: перерисовать в тетрадь опыты с Листа экспериментов. Продолжить изучение звуковых волн по группам, подготовить дополнительный материал:

- 1) биологи — о слышимости звуков.
- 2) экологи — о примерной громкости различных звуков.
- 3) музыканты — о форме музыкальных инструментов.
- 4) врачи — о методах клинического обследования — аускультации и перкуссии.
- 5) мореплаватели — об эхолокации.



Рис. 10. Домашнее задание на интерактивной доске

А наши сегодняшние изыскания вполне подтверждают слова гениального физика Альберта Эйнштейна: **«Природа гармонична и проста в своей конечной сути и полностью постижима средствами логического анализа, проверяемого бдительным оком опыта!»**

Спасибо, у нас прекрасно получилось! Мы очень хорошо поработали!

Лист экспериментов

Опыт 1

Вставьте камертон в резонатор. Ударьте по одной из ножек молоточком. Аккуратно коснитесь пальцем другой ножки.

Ударьте по одной из ножек молоточком. Поднесите бусину, подвешенную на нити, коснитесь ножки камертона.

Ударяю молоточком	Слышу	
Касаюсь рукой	Ощущаю	
Подношу бусину	Вижу	

Опыт 2

Выньте камертон из резонатора.

Ударьте по одной из ножек камертона молоточком, опустите неглубоко в воду, не касаясь стенок и дна.

Опускаю камертон в воду	Слышу	
	Вижу	

Опыт 3

Возьмите металлическую пластинку с пластмассовым краем. Прижмите ее к столу резонатором (на обратной стороне есть выступ, соответствующий по размерам пластинке).

Отклоните и отпустите пластмассовый край пластинки. Меняйте длину колеблющейся части. Обращайте внимание, можете ли вы разглядеть колебания линейки, слышите ли звук.

Колеблется _____ часть линейки	Слышу	
	Вижу	
Колеблется _____ часть линейки	Слышу	
	Вижу	
Колеблется _____ часть линейки	Слышу	
	Вижу	

Опыт-исследование

С помощью натянутых на резонатор «струн» проведите эксперименты и вы-

двиньте гипотезы — от чего зависит громкость и высота звуков. «Колки» дают возможность изменять длину «струн» — надо вынуть «колок» из гнезда и, повернув его, вставить обратно.

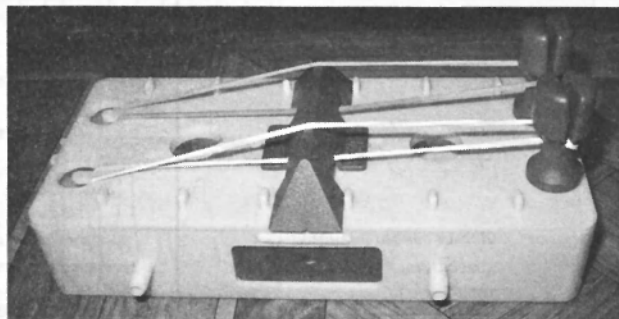
При плохой слышимости можно воспользоваться наушниками — два тонких шланга с маленькими красными наушниками надо присоединить к выходам из резонатора.

Внимание! Техника безопасности — наушник аккуратно, не засовывая в ухо, держать у наружного слухового прохода.

Гипотезы:

Громкость звука зависит от _____

Высота тона зависит от _____



Рабочий лист к уроку см на с. 36—37.

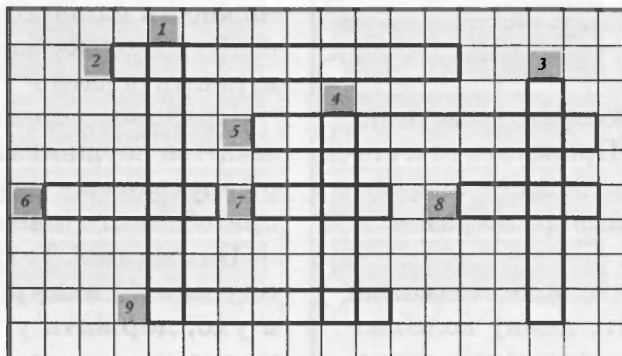
Продолжение. См. начало на с. 4

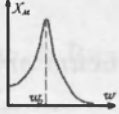
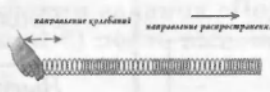
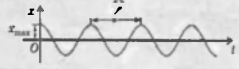


Литература

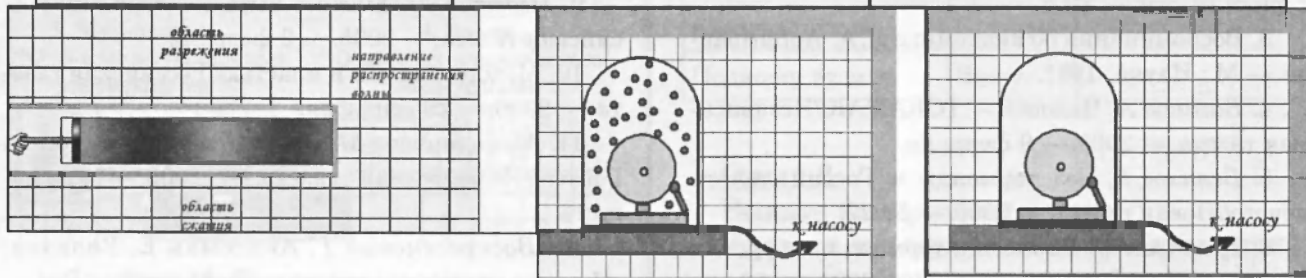
1. Шаповал С. Организатор науки//Фигуры и лица. — 1999. — № 15.
2. Велихов Е. Наследство Курчатова//Литературная газета. — 2003. — № 1.
3. Воспоминания об академике Л. А. Арцимовиче. — М.: Наука, 1981.
4. Ваганов А. Человек — ТОКАМАК//Независимая газета. — 2005. — 9 февраля.
5. Велихов Е. Без термояда в России делать нечего//Новая газета. — 2005. — № 22.
6. Шаповал С. Биология, термояд и цифровая вечность//Независимая газета. — 2001. — 30 декабря.

7. Милкин А. Солнце на Земле//Российская газета. — 2006. — 14 июня.
8. Ваганов А. «Термоядерный» Велихов//Фигуры и лица. — 1999. — № 20.
9. Медведев Ю. Учитесь быть свободными//Российская газета. — 2005. — 2 февраля.
10. Между людьми и властью//Российская газета. — 2006. — 29 сентября.
11. Мацкявичене М. Детский сад для Билла Гейтса//Независимая газета. — 2006. — 18 августа.
12. Воскресенский Г. Академик Е. Велихов: «Никогда не шел на крест ради «принципов»// Век. — 2000. — № 19.

Рабочий лист

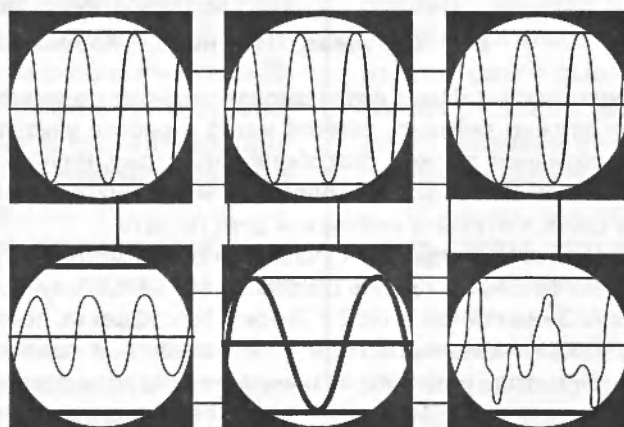


<p>1</p>  <p>Явление резкого возрастания амплитуды колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний системы.</p>	<p>2</p>  <p>Волна, направление распространения которой совпадает с направлением колебаний частиц.</p>	<p>3</p> <p>Обозначается буквой λ</p> <p>Числовая величина, численно равная числу колебаний в единицу времени.</p>
<p>4</p>  <p>Время одного полного колебания.</p>	<p>5</p>  <p>Волна, направление распространения которой перпендикулярно направлению колебаний частиц.</p>	<p>6</p>  <p>Распространяющиеся в упругой среде колебания.</p>
<p>7</p> <p>Единица частоты в СИ.</p>	<p>8</p> <p>Единица длины волны в СИ.</p>	<p>9</p> <p>Единица периода в СИ.</p>



Характеристики звука

№	Характеристика	От чего зависит	Как зависит	Рисунки
1		зависит от		
2		зависит от		
3		зависит от		



Закончите предложение, выбрав продолжение из второго столбца:

1) Любое тело, колеблющееся со звуковой частотой,	в любой среде, кроме вакуума.
2) Звуковая волна существует	создает в окружающей среде звуковую волну.
3) Скорость звука зависит от упругих свойств среды:	в твердых телах максимальна, в газах — минимальна.
4) Чтобы усилить звук, используют	пористые материалы — войлок, пробка.
5) Ослабляют звук	резонаторы — полые тела.

Домашнее задание

Перерисовать в тетрадь опыты из Листа экспериментов и Рабочего листа, доделать таблицу.

Подготовить дополнительный материал:

- 1) биологи — о слышимости звуков
- 2) экологи — о примерной громкости различных звуков
- 3) музыканты — о форме музыкальных инструментов
- 4) врачи — о методах клинического обследования — аускультации и перкуссии
- 5) мореплаватели — об эхолокации

ЭКСПЕРИМЕНТ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО МЕТОДА ПОЗНАНИЯ

Ключевые слова: внешний фотоэффект, теоретическая модель фотоэффекта, физическая модель фотоэффекта, научный метод познания, учебный эксперимент.

В. Г. Разумовский, действительный член (академик) РАО, д. пед. н., профессор, главный научный сотрудник ИСМО РАО, Москва, ismo@mail.ru

В. В. Майер, д. пед. н., профессор, ГГПИ им. В. Г. Короленко, г. Глазов, Респ. Удмуртия, varaksina_ei@list.ru

В. М. Стрелков, ГГПИ им. В. Г. Короленко, г. Глазов, Респ. Удмуртия

В свете президентской инициативы «Наша новая школа» развитие познавательных и творческих способностей учащихся должно занимать важное место в работе учителя. Введенный в программу научный метод познания должен способствовать этому. Научный метод — это ключ для развития познавательной и творческой инициативы учащихся в процессе обучения. Он позволяет школьникам самостоятельно мыслить и действовать.

В статье предложена методика преподавания учащимся основ метода научного познания при изучении явления внешнего фотоэффекта. Суть современного метода научного познания в физике кратко сформулирована А. Эйнштейном в 1952 г. Теория фотоэффекта, построенная им в 1905 г., свидетельствует о том, что уже в молодые годы А. Эйнштейн был одним из создателей этого метода. Именно благодаря методу научного познания ему удалось решить проблему, которая была камнем преткновения для развития физики в начале прошлого столетия. Эти факты дают основание надеяться, что учебное исследование явления внешнего фотоэффекта на основе научного метода познания даст возможность школьникам не только объяснить фотоэффект — явление, которое противоречит всему ранее изученному ими о природе света, — но и понять разницу между обыденным «здравым смыслом» и научным объяснением явления.

Научный метод познания в физике и теория внешнего фотоэффекта

Современный научный метод познания — это вершина достижений человеческой культуры. Этот метод прошел долгий исторический путь развития — от Платона до Н. Коперника, Г. Галилея, И. Ньютона и их последователей. Наиболее полное и ясное изложение современного научного метода познания дано А. Эйнштейном.

А. Эйнштейн в 1952 г. в частном письме изобразил схему современного научного метода познания (рис. 1) и пояснил ее следующими словами:

«(1) Нам даны **Е** — непосредственные данные нашего чувственного опыта.

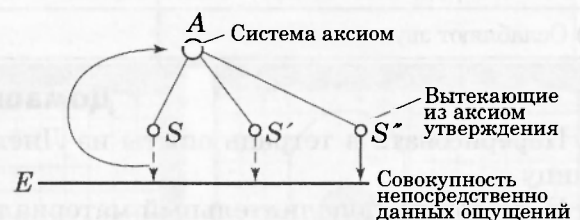


Рис. 1

(2) **А** — это аксиомы, из которых мы выводим заключения. Психологически **А** основаны на **Е**. Но никакого логического пути, ве-

дущего от **Е** к **А**, не существует. Существует лишь интуитивная (психологическая) связь, которая постоянно «возобновляется».

(3) Из аксиом **А** логически выводятся частные утверждения **S**, которые могут претендовать на строгость.

(4) Утверждения **S** сопоставляются с **Е** (проверка опытом).

Строго говоря, эта процедура относится к внелогической (интуитивной) сфере, ибо отношение понятий, содержащихся в **S**, к непосредственным данным чувственного опыта **Е** по своей природе нелогично» [1, с. 569—570].

Таким образом, А. Эйнштейн показал, что процесс научного познания составляет замкнутый цикл, который начинается с эксперимента **Е** и кончается экспериментом **Е**. Он состоит из четырех этапов: 1) сбор экспериментальных данных и постановка проблемы; 2) выдвижение гипотезы-аксиомы; 3) математическое развитие гипотезы, логический вывод из нее следствий; 4) экспериментальная проверка гипотезы и ее следствий.

В этом цикле исследование явлений, догадка об их закономерной связи **А**, строгие логические выводы следствий **S** и экспериментальная проверка **Е** тесно связаны. При анализе этой замечательной схемы становится понятной важность интуиции, догадки в научном познании при переходах от опыта к теории и от теории к эксперименту. Ведь именно интуиция приводит к новизне открытия, к творчеству!

А. Эйнштейн показал, что аксиомы-гипотезы **А** в физической науке выдвигаются исследователями интуитивно на основе выделения и обобщения некоторой группы экспериментальных данных **Е** как догадка, а теоретические выводы **S** из аксиом делаются в соответствии с законами логики, как в математике. Поэтому, с одной стороны, гипотеза обладает познавательной мощью объяснения и предвидения, а с другой стороны, поскольку она строится на догадке, сама требует экспериментальной проверки.

На это обстоятельство обращали внимание многие известные современники А. Эйнштейна. На различную роль интуиции и логики в научном творчестве указывал французский ученый А. Пуанкаре. Он, в частности, писал: «В самой науке интуиция остается, за исключением нескольких привилегированных умов, главным инструментом изобретения, в то время как анализ все более стремится стать единственным законным инструментом доказательства...» [2].

Между тем учебный процесс чаще всего строится так, что из содержания предмета выбрасываются все проблемы и все «не логичное». Об этом писал академик РАО В.А. Фабрикант: «Вопрос о соотношении между наукой и образованием далеко не прост. Когда мы говорим о высоком научном уровне изложения учебного материала, то зачастую под этим понимаем сугубо логизированную схему результатов развития науки. Однако при этом в учебниках, как правило, тщательно вытравляют следы того реального пути, которым шла наука для получения соответствующих результатов. Тем самым у учащихся создается неверное представление о научном методе. Мы их, по существу, знакомим с методом изложения научных результатов, а не с методом их получения» [3, с. 8—9]. Обучение школьников научному методу познания помогает решить эту важную проблему.

Виртуозное владение методом научного познания позволило А. Эйнштейну уже в молодые годы построить теорию внешнего фотоэффекта. Попытки современных ему ученых в объяснении внешнего фотоэффекта наткнулись на «противоречие» между фактом дискретности явления фотоэффекта и уже экспериментально доказанной волновой теорией света. Гениальность А. Эйнштейна состояла в том, что он не оказался «в плену» одной гипотезы, которая была доказана экспериментально для оптических явлений по распространению света. Он предположил, что для объяснения возникновения и превращения света нужна другая гипотеза.

Вот как он сам об этом писал: «Волновая теория света, оперирующая с непрерывными функциями точки, прекрасно оправдывается при описании чисто оптических явлений и, вероятно, едва ли будет заменена какой-либо иной теорией. Но все же не следует забывать, что оптические наблюдения относятся не к мгновенным, а к средним по времени величинам. Поэтому, несмотря на полное подтверждение экспериментом теории дифракции, отражения, преломления, дисперсии и т. д., может оказаться, что теория света, оперирующая непрерывными пространственными функциями, приведет к противоречию с опытом, когда ее будут применять к явлениям возникновения и превращения света. Я и в самом деле думаю, что опыты, касающиеся «излучения черного тела», фотолюминесценции, возникновения катодных лучей при освещении ультрафиолетовыми лучами и других групп явлений, связанных с возникновением и превращением света, лучше объясняются предположением, что энергия света распределяется по пространству дискретно» [4, с. 92—93].

На эту мысль А. Эйнштейна навела «квантовая гипотеза» М. Планка. Вот как он сам позднее об этом говорил: «...Планк показал, что для установления соответствующего опытам закона теплового излучения нужно воспользоваться методом расчета, несовместимостью которого с принципами классической механики становилась все более ясной. Этим методом расчета Планк ввел в физику так называемую квантовую гипотезу, которая за прошедшее с тех пор время была блестяще подтверждена» [4, с. 15]. Историей последующих экспериментальных исследований теория А. Эйнштейна была полностью обоснована.

Цикл научного познания при изучении физики

Схема А. Эйнштейна научного метода познания в целях обучения должна быть конкретизирована. Познание физических явлений реально осуществляется как в тео-

рии, так и в эксперименте, которые равноправны и взаимно дополнительные.

В основе физической теории конкретного явления лежат *факты* — положения, истинность которых установлена в эксперименте и в других теориях. Факты объясняются теоретической *моделью* явления, включающей качественную *физическую* и количественную *математическую* модели. Модель является гипотезой, непосредственное экспериментальное обоснование которой невозможно. Поэтому из модели выводят *следствия*, которые носят как качественный, так и количественный характер и нуждаются в экспериментальной проверке.

Эксперимент также состоит из нескольких этапов. В первую очередь необходимы разработка и создание *условий* эксперимента. Выполнение эксперимента приводит к получению его *результата*. Вслед за этим следуют *анализ* и *интерпретация* полученного результата, дающие новые факты и позволяющие встроить их в существующую систему знаний.

Поэтому полный цикл научного познания в физике состоит из двух равноценных компонентов: теории и эксперимента, причем теория включает факты, модель и следствия, а эксперимент — условия, результат и интерпретацию (рис. 2). Методика обучения циклу научного познания должна содержать несколько ключевых моментов.

Во-первых, переход от фактов к модели необходимо осуществлять в совместной деятельности с учащимися, без ссылок на авторитеты, всемерно поощряя само-



Рис. 2

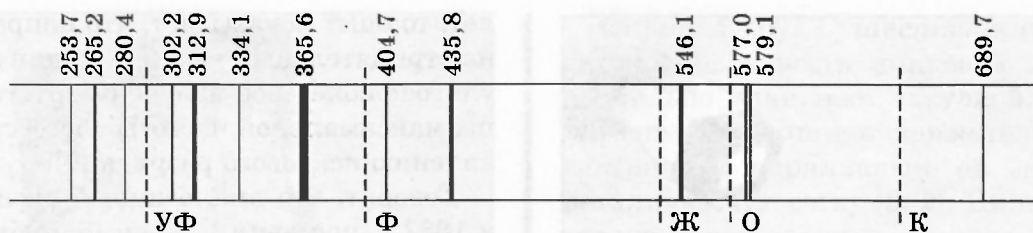


Рис. 3

стоятельность школьников в выдвигании правдоподобных гипотез. При этом следует помнить, что если бы в свое время начинающий исследователь А. Эйнштейн оглядывался на признанные авторитеты Юнга, Френеля, Максвелла, то квантовой теории фотоэффекта он бы не создал.

Во-вторых, при переходе от следствий теории к условиям эксперимента необходимо ознакомить учащихся с возможностями современной учебной лаборатории. Тогда школьники смогут догадаться, как нужно поставить опыт, чтобы проверить конкретное следствие теории. Не следует забывать, что именно догадка А. Г. Столетова о необходимости создания таких условий, при которых в явлении фотоэффекта измеряется не разность потенциалов, а фототок, принесла ему мировой успех [5].

В-третьих, система экспериментов, обобщающих физическую теорию, должна быть разбита на *демонстрационные (Д)*, *лабораторные (Л)* и *внеурочные (В)* опыты, что позволит организовать достаточно эффективный учебно-воспитательный процесс, органично включающий проектную деятельность школьников.

Раскроем содержание цикла научного познания на примере учебной теории и учебного эксперимента, относящихся к явлению внешнего фотоэффекта.

Учебная теория фотоэффекта

1. Факты: существование фотоэффекта

Рассматривают учебные эксперименты, доказывающие факт существования фотоэффекта и позволяющие построить теоретическую модель этого явления.

Опыт 1 (В). Спектр излучения ртутной лампы. Предлагают учащимся с помощью спектроскопа прямого зрения пронаблюдать видимый спектр ртутной лампы, состоящий из слабой красной и ярких желтой, зеленой и фиолетовых линий. Перекрывают световой пучок ультрафиолетовым фильтром и в темноте показывают, что под действием невидимого излучения лист белой бумаги люминесцирует синим светом. Заменяют ультрафиолетовый фильтр оконным стеклом и демонстрируют, что люминесценция бумаги ослабевает, но не прекращается. Делают вывод, что ультрафиолетовый фильтр и оконное стекло пропускают ближний ультрафиолет. Говорят, что полный спектр ртути тщательно изучен и длины волн спектральных линий надежно измерены (рис. 3).

Опыт 2 (В). Спектры пропускания светофильтров. Учащиеся, переключая щель спектроскопа последовательно красным, оранжевым, желтым и фиолетовым светофильтрами, приближенно определяют коротковолновые границы их спектров пропускания (рис. 3, пунктир). Используя табличные значения длин волн ртутного спектра: $\lambda_{\kappa} = 691$ нм, $\lambda_{\circ} = 577$ нм, $\lambda_{\text{жс}} = 546$ нм, $\lambda_{\phi} = 405$ нм, по формуле $\nu = \frac{c}{\lambda}$ вычисляют максимальные значения частот света ртутной лампы, пропускаемого светофильтрами: $\nu_{\kappa} = 4,34 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\circ} = 5,20 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\text{жс}} = 5,49 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\phi} = 7,41 \cdot 10^{14}$ Гц. Сообщают школьникам, что наименьшая длина волны, которую пропускает ультрафиолетовый фильтр, $\lambda_{\text{уф}} = 366$ нм и ей соответствует частота $\nu_{\text{уф}} = 8,20 \cdot 10^{14}$ Гц. Но кроме этой

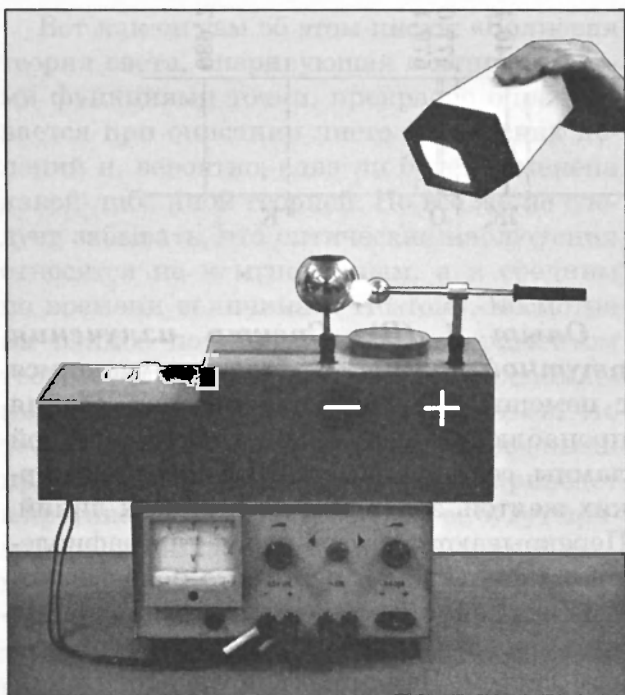


Рис. 4

линии в ультрафиолетовой области ртутного спектра имеются только две относительно яркие линии, длины волн которых 254 и 265 нм (рис. 3).

Опыт 3 (Д). Влияние света на искровой разряд. Высоковольтный преобразователь подключают к регулируемому источнику стабилизированного напряжения. Выводы преобразователя соединяют с металлическими никелированными шарами. Включают источник питания и увеличивают напряжение до тех пор, пока между шарами не начнет проскакивать искра. Уменьшают напряжение ровно настолько, чтобы разряд прекратился.

Направляют свет ртутной лампы на отрицательный электрод и обнаруживают, что искровой разряд возобновляется (рис. 4). Если световой пучок направить на положительный электрод, перекрыть ладонью, куском оконного стекла или ультрафиолетовым фильтром, то разряд опять прекращается [6].

Так как стекло пропускает видимый свет и не пропускает дальний ультрафио-

лет, то опыт показывает, что направленное на отрицательный металлический электрод ультрафиолетовое излучение ртутной лампы максимальной частоты способствует появлению искрового разряда [7].

Говорят, что аналогичный эксперимент в 1887 г. поставил Г. Герц [5]. Обнаруженное им явление впоследствии получило название *фотоэлектрического эффекта*.

Опыт 4 (Д). Разряд отрицательно заряженного тела. На стержне электрометра располагают никелированный шар и заряжают его отрицательным зарядом. Направляют на шар свет ртутной лампы и наблюдают, что электрометр разряжается. Перекрывают лампу оконным стеклом — разряд прекращается (рис. 5). Заряжают электрометр положительным зарядом. Вновь освещают никелированный шар ртутной лампой — электрометр не разряжается.

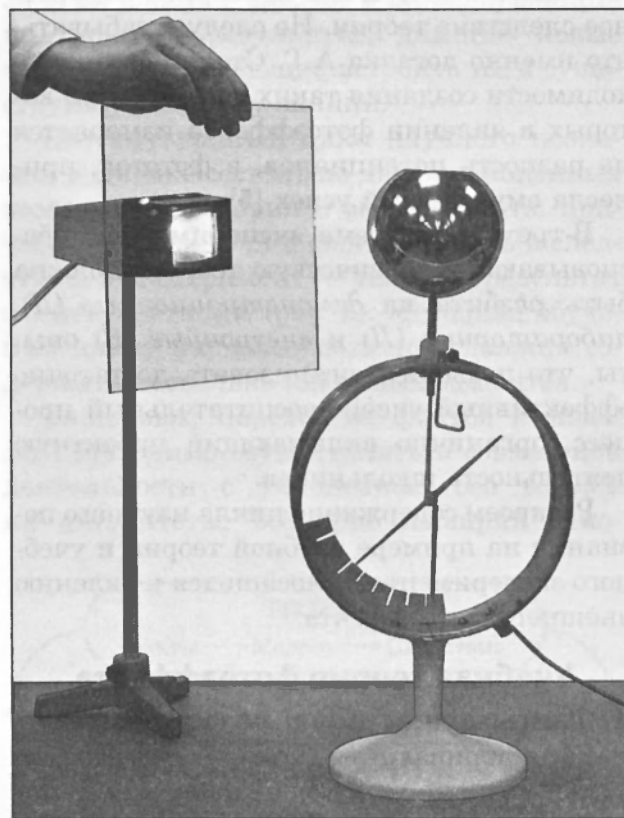


Рис. 5

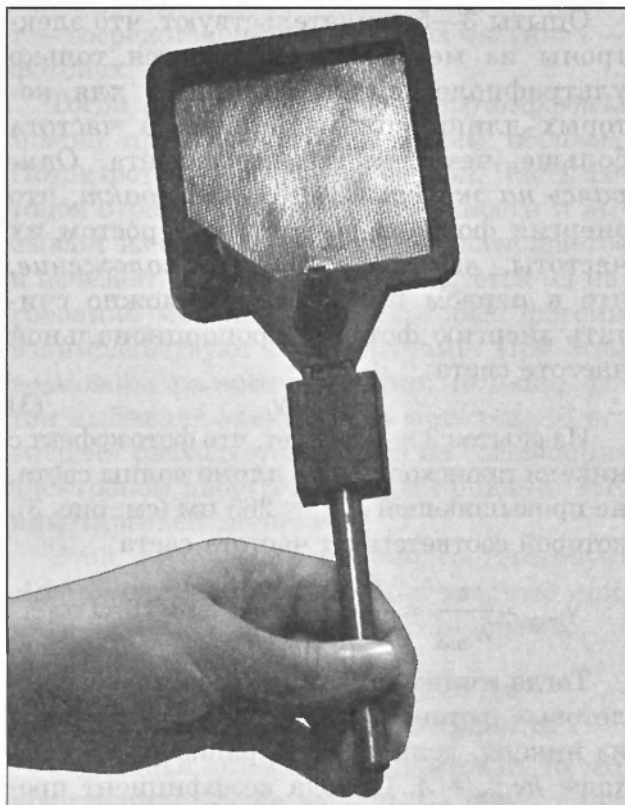


Рис. 6

Делают вывод, что обнаружен экспериментальный факт, заключающийся в том, что под действием ультрафиолетового излучения тело теряет отрицательный заряд и не теряет положительный.

Подобный опыт впервые еще в 1888 г. поставил итальянский физик В. Гальвакс. Он, кроме того, обнаружил, что незаряженное тело под действием ультрафиолета приобретает небольшой положительный заряд. В том же году А. Риги создал первый *фотоэлемент*, состоящий из цинковой пластинки и расположенной параллельно ей металлической сетки. В его опытах освещение фотоэлемента приводило к изменению разности потенциалов между электродами. Наконец, наш соотечественник А. Г. Столетов догадался, что при *фотоэффekte* лучше измерять не разность потенциалов, а возникающий *фототок*, и в 1888—1889 гг. провел детальные исследования этого явления [5].

Опыт 5 (В). Существование фототока. Поверхность цинковой пластинки тщательно зачищают шкуркой. Устанавливают пластинку в держатель из диэлектрика и параллельно ей закрепляют металлическую сетку [8, 9]. Цинковая пластинка будет катодом, а сетка — анодом получившегося *воздушного фотоэлемента* (рис. 6). Подсоединяют фотоэлемент к регулируемому источнику питания через гальванометр, в качестве которого используют мультиметр, переведенный в режим измерения напряжения. Освещают фотоэлемент светом ртутной лампы и постепенно повышают напряжение (рис. 7).

Демонстрируют, что с ростом напряжения сила тока вначале увеличивается, но затем ее рост прекращается. Это означает, что достигнут *ток насыщения*. При уменьшении расстояния между лампой и фотоэлементом ток насыщения увеличивается.

Необычное поведение электрического тока в цепи с фотоэлементом обнаружил А. Г. Столетов и доказал, что ток насыщения пропорционален интенсивности света, падающего на фотоэлемент [5].



Рис. 7

2. Модель: теория Эйнштейна

В совместном обсуждении с учащимися выдвигают гипотезу и, используя ее, дают объяснение установленным в эксперименте фактам.

Во всех проделанных опытах фотоэффект наблюдался, когда металл был заряжен отрицательно, т.е. имел избыток свободных электронов. При освещении ультрафиолетом металл терял отрицательный заряд. *Интуиция подсказывает, что свет выбивает электроны из металла.* Это может происходить, если допустить, что свет является потоком частиц — *фотонов*. В таком случае к явлению фотоэффекта можно попытаться применить *закон сохранения энергии*.

Сами по себе электроны не вылетают из отрицательно заряженного металла, хотя между одноименно заряженными электронами действуют силы отталкивания. Значит, чтобы фотон выбил из металла электрон, его энергия должна быть больше определенного порогового значения:

$$E_{\phi} > A, \quad (1)$$

которое называется *работой выхода* электрона из металла.

Если раскалить металл, то скорость теплового движения возрастет настолько, что электроны станут покидать его. Это явление называется *термоэлектронной эмиссией* и в принципе позволяет определить работу выхода электрона. Подобные и другие эксперименты показали, что по масштабам макромира работа выхода электронов очень мала и составляет по порядку величины единицы электронвольт: для натрия — 2,35 эВ, для цинка — 4,24 эВ, для меди — 4,40 эВ, для никеля — 4,50 эВ.

Вместе с учащимися приходят к выводу, что если фотон выбивает электрон, то часть энергии фотона расходуется на совершение электроном работы выхода, а часть — на сообщение электрону кинетической энергии. Тогда закон сохранения энергии нужно написать так:

$$E_{\phi} = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$$

Опыты 3—5 свидетельствуют, что электроны из металлов выбиваются только ультрафиолетовыми фотонами, для которых длина волны меньше, а частота больше, чем для видимого света. *Опираясь на экспериментальный факт, что энергия фотонов возрастает с ростом их частоты, высказывают предположение, что в первом приближении можно считать энергию фотонов пропорциональной частоте света:*

$$E_{\phi} = h\nu. \quad (3)$$

Из опытов 3 и 4 следует, что фотоэффект с никеля происходит при длине волны света, не превышающей $\lambda_{\max} = 265$ нм (см. рис. 3), которой соответствует частота света

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{265 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 1,13 \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$$

Тогда минимальная энергия ультрафиолетовых фотонов, выбивающих электроны из никеля, должна быть равна работе выхода: $h\nu_{\min} = A$. Отсюда коэффициент пропорциональности в формуле (3):

$$h = \frac{A}{\nu_{\min}} = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

Учащимся говорят, что экспериментальное обоснование квантовой теории теплового излучения, созданной в 1900 г. немецким физиком М. Планком, дало для *постоянной Планка* значение:

$$h = \frac{A}{\nu} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.} \quad (4)$$

Теперь закон сохранения энергии для взаимодействия фотон — электрон в металле (2) можно записать в таком виде:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Сообщают учащимся, что, размышляя о фотоэффекте и сходных явлениях, А. Эйнштейн в 1905 г. *догадался*, что, несмотря на надежно обоснованную многочисленными экспериментами волновую теорию света, можно предположить, что «энергия света распределяется по пространству дискретно»,

т. е. сосредоточена в отдельных частицах — фотонах.

Тогда *физическую модель* фотоэффекта можно представить следующим образом. Поток фотонов падает на металл. Часть фотонов отражается от его поверхности и выбывает из игры. Другая часть поглощается и исчезает, а их энергия расходуется на нагревание металла. Но некоторые фотоны взаимодействуют с электронами. При этом возможны разные ситуации, но если фотон выбивает электрон из металла, то его энергия расходуется только на совершение электроном работы выхода и придание ему кинетической энергии.

Этой физической модели соответствует *математическая модель* (5), которую принято называть *уравнением Эйнштейна*.

3. Следствия: ожидаемые закономерности фотоэффекта

Обращают внимание учащихся на то, что построенная выше модель — всего лишь догадка, обоснованная правдоподобными рассуждениями. Непосредственное экспериментальное подтверждение этой догадки невозможно, так как нельзя пронаблюдать взаимодействие фотона с отдельным электроном и затем измерить скорость электрона. Чтобы убедиться в правильности модели, нужно вывести такие следствия, которые могут быть проверены экспериментом. К сведению учащихся сообщают, что современный Эйнштейну научный мир отнюдь не сразу с одобрением воспринял его теорию фотоэффекта. Потребовалось почти два десятка лет, чтобы она оказалась экспериментально обоснованной настолько, что стала общепризнанной.

Рассуждая вместе с учащимися, выясняют, каким образом теоретическую модель фотоэффекта можно сравнить с реальностью. При необходимости задают наводящие вопросы: «Должна ли величина фототока зависеть от интенсивности света? Что можно сказать о кинетической энергии выбитых электронов? Любые ли фотоны выби-

вают электроны из данного металла?» Так в диалоге получают *основные следствия* модели Эйнштейна.

Если на каждый выбитый электрон приходится один фотон, то чем больше фотонов в световом пучке, тем больше должно быть выбитых электронов. Количество электронов можно определить по силе фототока насыщения, так как при токе насыщения все выбитые в единицу времени светом из катода электроны достигают анода. Число фотонов определяется интенсивностью света. Из теоретической модели фотоэффекта следует, что сила фототока насыщения должна быть пропорциональна интенсивности света, падающего на фотоэлемент.

Из уравнения Эйнштейна (5) вытекает, что кинетическая энергия выбитых светом электронов должна быть пропорциональной частоте света и не должна зависеть от его интенсивности. Кинетическую энергию электронов в учебной лаборатории можно определить только одним способом: создать такое тормозящее электрическое поле, которое задерживает их и возвращает назад на катод. Тогда *задерживающая разность потенциалов* U_a должна удовлетворять условию:

$$eU_a = \frac{mv^2}{2}. \quad (6)$$

Уравнение Эйнштейна (5) показывает, что если частота света меньше порогового значения $\nu_{\min} < \frac{A}{h}$, то фотон не может выбить электрон из металла.

Из модели Эйнштейна следует, что время взаимодействия фотона с электроном очень мало, поэтому фотоэффект должен быть практически безынерционным.

Приходят к выводу, что если в эксперименте удастся подтвердить эти следствия и получить значение постоянной Планка, соответствующее другим экспериментам, то модель Эйнштейна будет в достаточной степени обоснована и получит право называться *физической теорией*.

Учебный эксперимент по фотоэффекту

4. Условия проведения эксперимента

Опыты с воздушным фотоэлементом, с которым работал А. Г. Столетов, дадут не слишком точные результаты. Поэтому целесообразно использовать современный вакуумный фотоэлемент, например типа СЦВ-4 (рис. 8) или его аналог [9]. Он состоит из стеклянного баллона, в котором создан глубокий вакуум и расположены два электрода. Катод, выполненный из сурьмы и цезия, нанесен на внутреннюю поверхность баллона и выглядит в виде блестящего слоя. Анод представляет собой петлю из металлической проволоки. Сложный сурмяно-цезиевый катод применяется для того, чтобы уменьшить работу выхода электрона и сделать фотоэлемент чувствительным не только к ультрафиолетовому, но и к видимому свету.

Условимся поданное на фотоэлемент напряжение, при котором анод имеет положительный потенциал относительно катода,

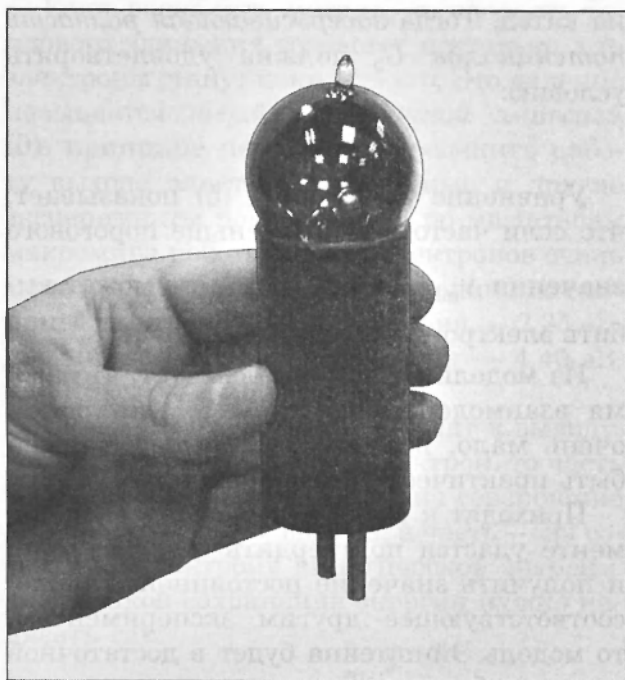


Рис. 8

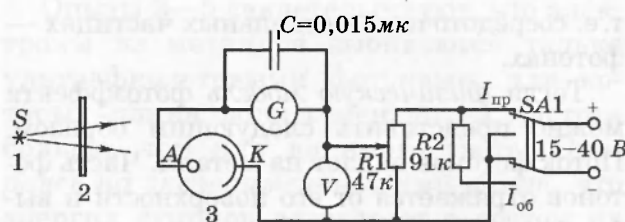


Рис. 9



Рис. 10

называть *прямым*; напряжение, при котором анод фотоэлемента имеет отрицательный потенциал относительно катода, будем называть *обратным*. В соответствии с этим ток через фотоэлемент, текущий от анода к катоду, будем называть *прямым*, а от катода к аноду — *обратным*.

На рис. 9, 10 представлена функциональная и принципиальная схема экспериментальной установки для исследования фотоэффекта. Свет от источника 1 проходит через светофильтр 2 и попадает на фотоэлемент 3. В верхнем положении переключателя SA1 включен только потенциометр R1, и на фотоэлемент подается прямое напряжение. Величина прямого напряжения регулируется потенциометром R1 от нуля до максимального значения, которое дает источник. В нижнем положении переключателя на фотоэлемент подается обратное напряжение, а последовательно с потенциометром включен резистор R2. Сопротивление этого резистора примерно в два раза больше, чем потенциометра, поэтому наибольшее значение обратного напряжения

примерно в три раза меньше, чем прямого. Вольтметр измеряет напряжение на потенциометре, гальванометр измеряет силу фототока. Параллельно гальванометру включен конденсатор C , снижающий помеху сетевого напряжения частотой 50 Гц.

В качестве гальванометра можно использовать мультиметр типа М-838, переведенный в режим вольтметра. В таком режиме его внутреннее сопротивление составляет 1 МОм, следовательно, когда мультиметр показывает напряжение 1 мВ, через него идет ток силой $\frac{1 \text{ мВ}}{1 \text{ МОм}} = 1 \text{ нА}$. Если взять другой мультиметр, например типа DT9207 А, то в режиме вольтметра его внутреннее сопротивление 10 МОм, и когда он показывает напряжение 1 мВ, сила тока, идущего через него, составляет 0,1 нА.

Прежде чем идти дальше, нужно исследовать сам вакуумный фотоэлемент.

Опыт 6 (Д). Существование внешнего фотоэффекта. Подают на фотоэлемент прямое напряжение и направляют на него свет. При этом появляется электрический ток. Изменяют полярность напряжения на фотоэлементе на противоположную и демонстрируют, что фототок уменьшается практически до нуля. Отсюда следует, что фототок появляется за счет выбивания светом электронов из катода.

Опыт 7 (Л). Прямая вольтамперная характеристика фотоэлемента. Вольтамперная характеристика фотоэлемента — это зависимость силы фототока от напряжения на фотоэлементе при постоянной интенсивности света, падающего на фотоэлемент.

Направляют на фотоэлемент свет и постепенно повышают прямое напряжение от нуля. Вводят значения напряжения и соответствующие им значения силы тока в компьютерную программу Excel (электронные таблицы). Получают график (рис. 11), из которого видно, что сначала фототок растет быстро, затем его рост прекращается, достигнув значения тока насыщения.

Объясняют его тем, что при малых напряжениях не все вылетевшие из катода электроны достигают анода. При достаточно больших напряжениях все фотоэлектроны попадают на анод. Поэтому ток насыщения характеризует число электронов, выбитых светом в единицу времени с поверхности катода.

Опыт 8 (Л). Нулевой ток фотоэлемента. Устанавливают нулевое напряжение на фотоэлементе и уменьшают предел измерения (т. е. увеличивают чувствительность) гальванометра. При этом обнаруживают небольшой прямой ток. Делают вывод, что даже при отсутствии напряжения на фотоэлементе небольшая часть электронов, выбитых светом с катода, попадает на анод.

Опыт 9 (В). Обратная вольтамперная характеристика фотоэлемента. Подают на фотоэлемент обратное напряжение и, увеличивая его в пределах от 0 до примерно 2 В, определяют соответствующие значения тока. Обнаруживают, что начиная с некоторого значения обратного напряжения через фотоэлемент течет обратный ток! С помощью компьютера строят соответствующую вольтамперную характеристику (рис. 12) и делают вывод, что она

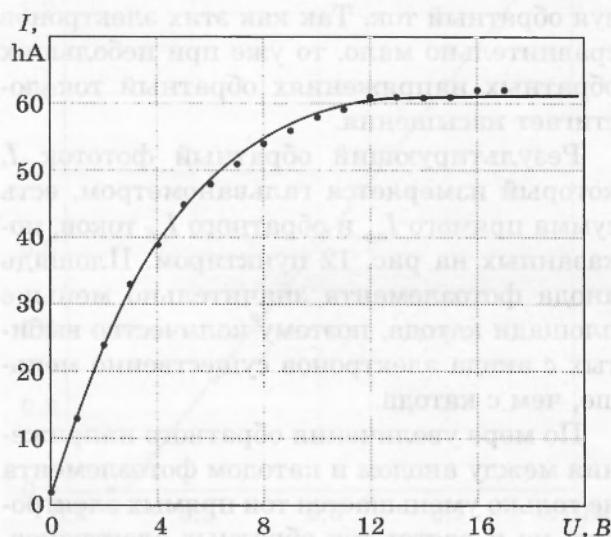


Рис. 11

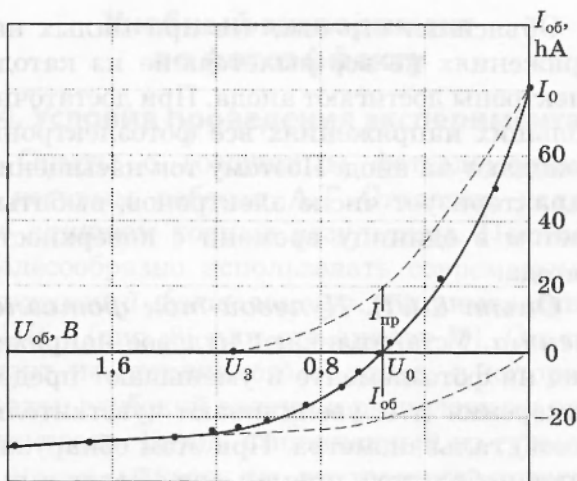


Рис. 12

подобна прямой, причем обратный ток насыщения существенно меньше прямого.

Объясняют обнаруженную закономерность тем, что внутри баллона фотоэлемента в вакууме вещество катода испаряется и частично оседает на аноде. При освещении фотоэлемента свет внутри баллона рассеивается и при любых условиях частично попадает на анод, вызывая выбивание с него электронов. При больших прямых напряжениях эти электроны возвращаются обратно на анод и не влияют на прямой ток. При обратных напряжениях выбитые с анода электроны попадают на катод, образуя обратный ток. Так как этих электронов сравнительно мало, то уже при небольших обратных напряжениях обратный ток достигает насыщения.

Результирующий обратный фототок I , который измеряется гальванометром, есть сумма прямого $I_{пр}$ и обратного $I_{об}$ токов, показанных на рис. 12 пунктиром. Площадь анода фотоэлемента значительно меньше площади катода, поэтому количество выбитых с анода электронов существенно меньше, чем с катода.

По мере увеличения обратного напряжения между анодом и катодом фотоэлемента не только уменьшается ток прямых электронов, но и растет ток обратных электронов. Когда эти токи становятся равными, общий

фототок обращается в нуль. Очевидно, это значение обратного напряжения U_0 меньше задерживающего U_s [10]. Но во сколько раз?

Опыт 10 (В). Задерживающая разность потенциалов. На фотоэлемент подают обратное напряжение и убеждаются, что определение задерживающей разности потенциалов U_s по вольтамперной характеристике фотоэлемента (см. рис. 12) затруднительно. Замечают, что при изменении обратного напряжения от 0 до U_0 обратный ток возрос от 0 до $I_{об}$ и стал равен прямому $I_{пр}$. Высказывают предположение, что прямой и обратный токи при изменении обратного напряжения изменяются одинаково, так как они определяются главным образом площадью поверхности анода фотоэлемента. Тогда для уменьшения прямого тока до нуля обратное напряжение нужно увеличить еще на U_0 , т. е. сделать в два раза больше, чем U_0 .

5. Результат эксперимента: обоснование законов фотоэффекта

Опыт 11 (Л). Зависимость тока насыщения от интенсивности света. Подают на фотоэлемент прямое напряжение. Измеряют ток насыщения при различных расстояниях l от источника света до фотоэлемента, строят график зависимости тока насыщения $I_{прн}$ от величины $\frac{1}{l^2}$, пропорциональной интенсивности света, и убеждаются, что фототок насыщения пропорционален интенсивности света (рис. 13).

Опыт 12 (Д). Зависимость кинетической энергии электронов от интенсивности света. На фотоэлемент подают обратное напряжение и измеряют его значение U_0 , при котором фототок равен нулю (рис. 12). Изменяют расстояние от источника света до фотоэлемента и убеждаются, что это напряжение U_0 , а следовательно, и задерживающее напряжение $U_s = U_0$ практически не зависит от интенсивности света. Делают вывод, что кинетическая энергия

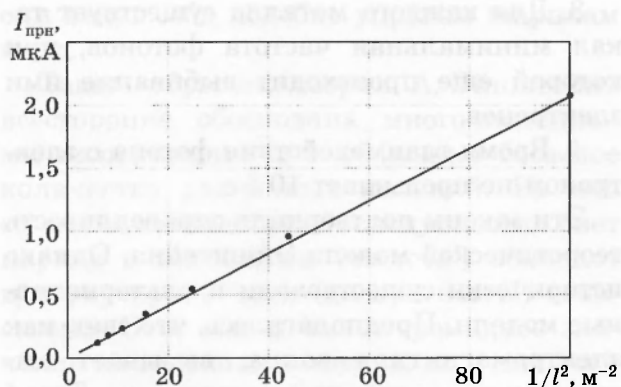


Рис. 13

электронов не зависит от интенсивности света, так как она определяется задерживающим напряжением, которое не меняется с изменением интенсивности.

Опыт 13 (Л). Зависимость кинетической энергии электронов от частоты света. Ртутную лампу снабжают последовательно оранжевым, желтым, фиолетовым и ультрафиолетовым светофильтрами. Измеряют обратные напряжения U_0 , при которых фототок обращается в нуль, и, умножая полученные значения на 2 (опыт 10), определяют задерживающие напряжения U_3 для максимальных частот соответствующих спектров испускания. По полученным результатам строят график зависимости задерживающего напряжения от частоты света. Убеждаются, что график представляет собой прямую линию (рис. 14). Делают вывод, что кинетическая энергия фотоэлектронов пропорциональна частоте света.

Учитывая формулу (6), уравнение Эйнштейна (5) записывают в виде

$$h\nu = A + eU_3. \quad (7)$$

Если частота света увеличится на $\Delta\nu$, то $h(\nu + \Delta\nu) = A + e(U_3 + \Delta U_3)$. Вычитая из этого уравнения предыдущее, для постоянной Планка получают выражение

$$h = e \frac{\Delta U_3}{\Delta\nu}. \quad (8)$$

Подстановка сюда экспериментальных данных из графика (показанных на рис. 14)

$\Delta U_3 = 1,2 \text{ В}$ и $\Delta\nu = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ дает для постоянной Планка значение

$$h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,2}{3 \cdot 10^{14}} = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

при погрешности измерений порядка 10%.

Опыт 14 (Д). Красная граница фотоэффекта. Перекрывают источник белого света последовательно фиолетовым, зеленым, желтым, оранжевым и красным светофильтрами и обнаруживают, что, когда на фотоэлемент падает красный свет, фототок отсутствует. Делают вывод, что при уменьшении частоты света достигается такое ее значение, при котором фотоэффект прекращается.

Опыт 15 (Д). Безынерционность фотоэффекта. В установке, схематически изображенной на рис. 9, параллельно высокоомному гальванометру подключают осциллограф и подают на фотоэлемент прямое напряжение. Направляют на фотоэлемент свет от светодиода, соединенного с генератором звуковой частоты. Увеличивают частоту генератора до десятков килогерц и на экране осциллографа наблюдают со-

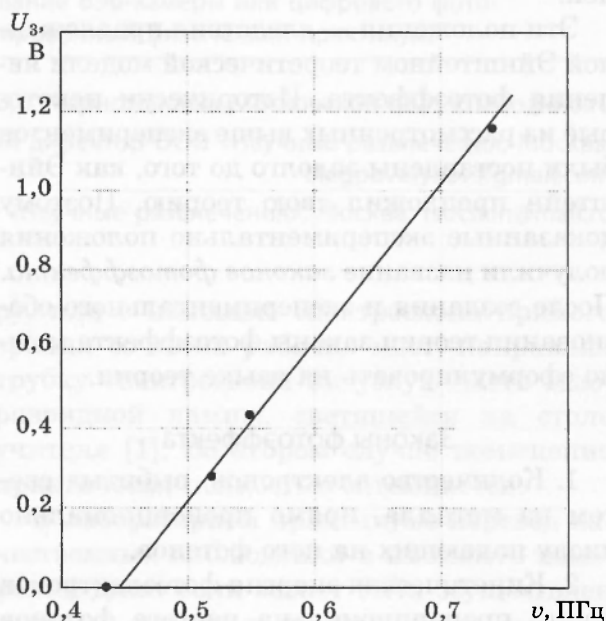


Рис. 14

ответствующую осциллограмму. Делают вывод, что фотоэффект происходит за время, не превышающее по крайней мере тысячных долей секунды. Сообщают: точные эксперименты показали, что время появления фотоэффекта гораздо меньше — не более единиц наносекунд.

6. Анализ и интерпретация результата эксперимента

Анализируя условия и результаты опытов, делают вывод, что в эксперименте непосредственно доказаны следующие положения:

1) при неизменном спектральном составе сила фототока насыщения прямо пропорциональна интенсивности света, падающего на фотокатод;

2) задерживающая разность потенциалов фотоэлемента прямо пропорциональна частоте света и не зависит от его интенсивности;

3) для каждого металла, из которого изготовлен катод, существует такая максимальная длина волны, при которой еще наблюдается фотоэффект;

4) фотоэффект практически безынерционен.

Эти положения — следствия предложенной Эйнштейном теоретической модели явления фотоэффекта. Исторически некоторые из рассмотренных выше экспериментов были поставлены задолго до того, как Эйнштейн предложил свою теорию. Поэтому доказанные экспериментально положения получили название *законов фотоэффекта*. После создания и экспериментального обоснования теории законы фотоэффекта можно сформулировать на языке теории.

Законы фотоэффекта

1. Количество электронов, выбитых светом из металла, прямо пропорционально числу падающих на него фотонов.

2. Кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте фотонов и не зависит от их количества.

3. Для каждого металла существует такая минимальная частота фотонов, при которой еще происходит выбивание ими электронов.

4. Время взаимодействия фотона с электроном не превышает 10^{-9} с.

Эти законы подтвердили справедливость теоретической модели Эйнштейна. Однако исторически существовали и альтернативные модели. Предполагалось, что свет, как электромагнитная волна, вызывает вынужденные колебания электронов. Тогда кинетическая энергия электронов должна бы зависеть от интенсивности света, а фотоэлектроны должны бы появляться спустя заметное время после начала облучения катода светом. Это противоречит второму и четвертому законам фотоэффекта. Допускалось также, что световая волна выполняет роль спускового механизма, запускающего вылет электрона из металла. Но в этом случае непонятно, почему кинетическая энергия электронов пропорциональна частоте света и слабо зависит от температуры металла.

Сообщают учащимся, что были поставлены эксперименты, прямо доказывающие, что при фотоэффекте из вещества вылетают электроны (П. Ленард и Дж. Дж. Томсон, 1898 г.) и что взаимодействие света с электронами носит дискретный характер (А. Ф. Иоффе, 1913 г.). Уравнение Эйнштейна экспериментально обосновано Р. Милликеном (1916 г.). Точное значение постоянной Планка в явлении фотоэффекта определили П. И. Лукирский и С. С. Полежаев (1928 г.).

Для эйнштейновской теории фотоэффекта в высшей степени характерна познавательная мощь объяснения и предвидения. Из нее сразу следует, что внешний фотоэффект имеет место для любых веществ, кроме внешнего существует и внутренний фотоэффект, тормозное рентгеновское излучение в определенном смысле обратно фотоэффекту, при взаимодействии рентгеновского фотона и свободного электрона

они ведут себя подобно упругим шарикам и т. д.

Таким образом, теория А. Эйнштейна всесторонне обоснована многочисленными экспериментами и объясняет большое количество различных явлений. Из нее со всей очевидностью следует, что свет наряду с волновыми (частота!) обладает и корпускулярными (дискретность!) свойствами. Этот вывод имеет громадное значение не только для оптики, но и для всей физики.

Литература

1. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. — М.: Наука, 1967. — 600 с.
2. *Пуанкаре А.* Избранные труды. Т. 3. — М.: Наука, 1974. — 660 с.
3. *Фабрикант В. А.* Физика, оптика, квантовая электроника (избранные статьи). — М.: Изд-во МЭИ, 2000. — 209 с.
4. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 3. — М.: Наука, 1966. — 632 с.
5. *Борзяк П. Г.* Начальный период истории внешнего фотоэффекта и значение работ Столетова//Успехи физических наук. — 1956. — Т. 58. — Вып. 4. — С. 715—747.
6. *Шеффер Н. И.* К изучению опыта Герца//Физика в школе. — 2004. — № 2. — С. 31—34.
7. *Выгановский Н. И.* Несколько демонстраций фотоэлектрических явлений//Физика в школе. — 1952. — № 1. — С. 45—49.
8. *Выгановский Н. И.* Демонстрация фотоэлектрического эффекта//Физика в школе. — 1951. — № 1. — С. 56—59.
9. *Восканян А. Г.* Комплект КПФ-1 и опыты по фотоэффекту//Физика в школе. — 1988. — № 2. — С. 56—60.
10. *Фетисов И. Н.* К изучению в физпрактикуме зависимости энергии фотонов от частоты излучения//Известия вузов. — Физика. — 1985. — № 9. — С. 113—114.

ИЗУЧЕНИЕ ЛИНЕЙЧАТОГО СПЕКТРА «ЭКОНОМНОЙ» ЛАМПЫ

Ключевые слова: линейчатые спектры, использование ВЭБ-камеры или цифрового фотоаппарата в физическом практикуме, компьютеризированный физический практикум.

Н. К. Ханнанов, к. хим. н., зав. лабораторией ИНИМ РАО, г. Черноголовка Московской обл., khapp@diu.ru

О. А. Поваляев, к. техн. н., генеральный директор ООО «Научные развлечения, Москва, olegprovalyaev@gmail.com

А. Ю. Цуцких, ведущий специалист ООО «Научные развлечения», Москва, fsutskih@mail.ru

Получение и изучение линейчатых спектров веществ играют важную роль в формировании квантовых представлений при рассмотрении вопросов атомной физики в школе. Традиционно в современной школе демонстрируются линейчатые спектры газоразрядных трубок, наполненных гелием, неоном, аргоном, водородом. При этом ученикам предлагается наблюдать их через двухтрубный спектроскоп, поочередно поднося к нему и приставляя глаз к окуля-

ру, или с помощью спектроскопа прямого зрения со своих рабочих мест, направляя трубку спектроскопа на узкую часть газоразрядной лампы, светящейся на столе учителя [1]. Во втором случае помещение практически полностью затемняется.

В лабораторном практикуме перевод качественных наблюдений в плоскость измерений длин волн может быть осуществлен также с помощью призмленного спектроскопа с предварительной его калибровкой

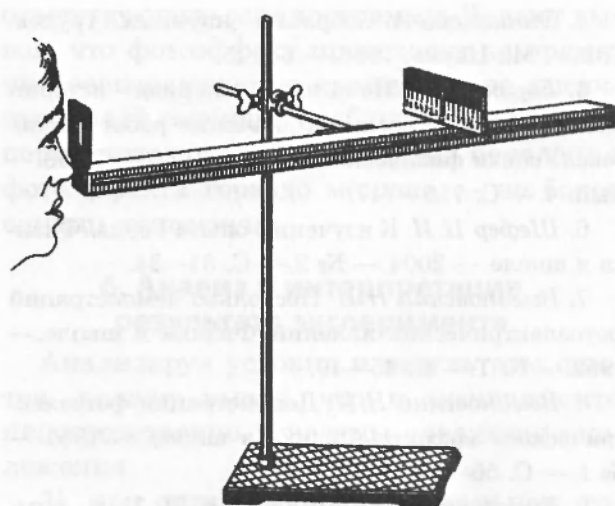


Рис. 1 а

по спектру известного газа [2]. В работе [3] по аналогии с наблюдением непрерывных спектров лампы накаливания [1] предлагается для измерения длин волн использовать дифракционную решетку (рис. 1 а). Измеряется расстояние от щели, на которую фокусируется свет от лампы, или расстояние L от узкой части газоразрядного столба самой лампы до решетки и расстояние $l_{кр}$ от центрального дифракционного максимума до соответствующего дифракционного максимума в спектре первого (второго и т. д.) порядка, например до красной линии, который можно видеть визуально при наблюдении разряда лампы через дифракционную решетку (рис. 1 б).

Заметим, что во всех перечисленных случаях спектр регистрируется сетчаткой глаза (рис. 1 б), т. е. наблюдается «мнимое изображение» линий. При таком отсутствии объективизации (демонстрации на экране действительного изображения спектра) у учеников может создаться впечатление, что спектры, изображенные в учебнике, — это действительно рисунки ученых, которые они выполняют, глядя в спектроскоп.

Заметим, что в кабинете физики 70—80-х гг. прошлого столетия линейчатый спектр демонстрировался на экране с помощью осветителей мощных дуговых ламп

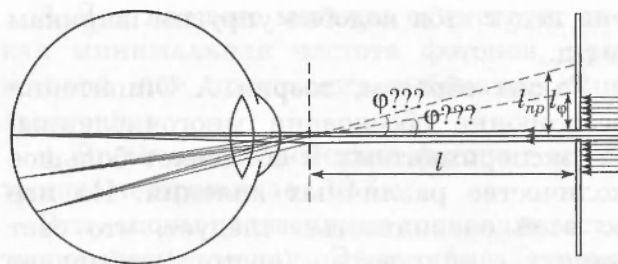


Рис. 1 б

с угольными электродами или ртутных ламп низкого давления ПРК [4], которые теперь исключены из оборудования кабинетов.

Появление в кабинетах физики компьютеров позволяет решить проблему объективизации линейчатого спектра в демонстрационном эксперименте с помощью ВЭБ-камеры и мультимедиапроектора. Такое оборудование, состоящее из спектроскопа, специальной ВЭБ-камеры и оснастки (рис. 2), поставляется, например, фирмой «Научные развлечения» через фирму «Школьный мир».

В данной статье мы остановимся на возможности использования ВЭБ-камеры или

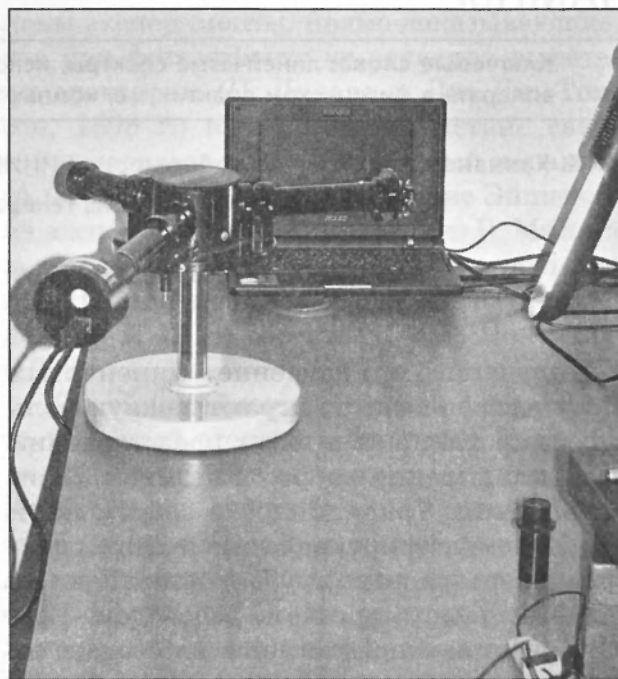


Рис. 2

цифрового фотоаппарата для реализации количественного измерения длин волн в линейчатом спектре в физическом компьютеризированном практикуме. Предлагаются два варианта работы. *Первый* реализован фирмой «Научные развлечения» в виде готового набора, включающего соответствующее оборудование, оснастку, программное обеспечение для цифровой обработки результатов и методических рекомендаций для учеников и учителей. Такая работа входит в состав комплекта «Компьютеризированный физический практикум», включающего 16 работ по всем разделам физики [5]. *Второй* вариант — «кустарный», т.е. при желании может быть реализован каждым учителем самостоятельно из «подсобных средств» кабинета.

Роль ВЭБ-камеры или фотоаппарата в этих работах следующая: заменить глаз при «рассматривании» мнимого изображения и зафиксировать изображение спектра в виде файла статичного изображения. Это изображение затем может быть рассмотрено на экране монитора, распечатано или обработано с помощью цифровых инструментов (компьютерных программ для получения

изображений). Собирающая линза на входе ВЭБ-камеры заменяет хрусталик, а ее светочувствительная матрица в корпусе — сетчатку глаза. В этой работе так же, как и в работе с регистрацией спектра глазом (рис. 1), измеряется расстояние от щели до дифракционной решетки с известным периодом и направление на изображение линии в спектре первого порядка, получаемого с помощью такой решетки.

Отметим еще одно отличие данной работы от работ, описанных в методических пособиях. В ней в качестве источника света используется обычная бытовая настольная «экономная лампа», которая сейчас есть в каждом офисе и во многих квартирах. Она питается от сети напряжением 220 В и представляет собой газоразрядную лампу на основе паров ртути с нанесенным на внутреннюю стеклянную поверхность корпуса лампы люминофором. Именно ее яркость позволяет легко реализовать этот эксперимент. Таким образом, ртутная лампа, «изгнанная» из школы, возвращается в нее в виде «экономной». Такая замена имеет целью не только сделать доступным источник света, но и исследовать излучение

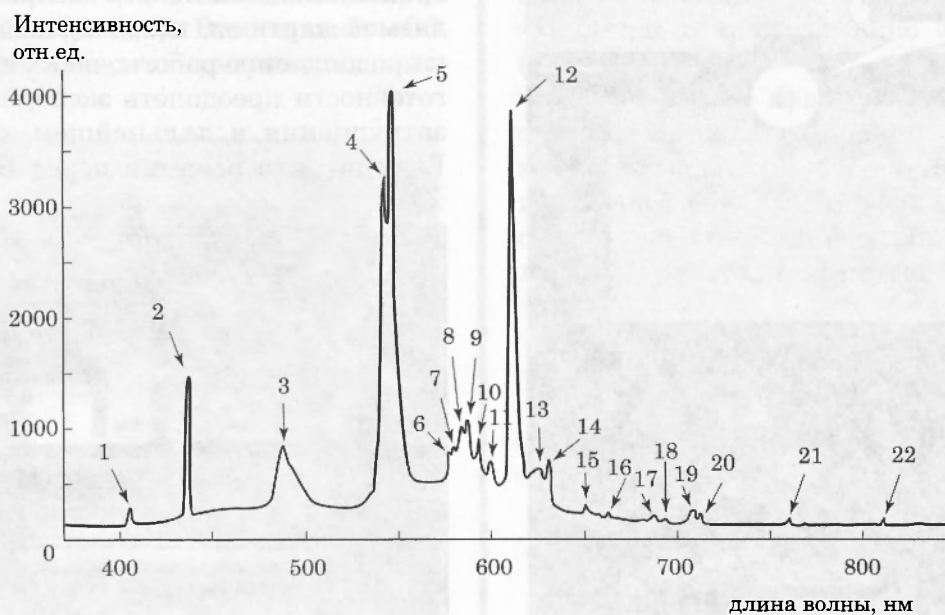


Рис. 3

реально используемого школьниками объекта. Опыт с лампой позволяет обсудить в рамках выполнения работы такой вопрос, как люминесценция света, поскольку в спектре присутствует линия излучения люминофора, переизлучающего свет, идущий от паров ртути. Кроме того, предполагается, что учащиеся познакомятся с формой представления спектров в виде графика $E(\lambda)$ или $E(\nu)$ (рис. 3), который не входит в учебники физики, но используется во всех современных спектрофотометрах (именно в таком виде дается в технических справочниках).

Проведение и обработка эксперимента

Вариант 1. В варианте «Компьютеризированного физического практикума» фирмы «Научные развлечения» предлагается два способа оснастки:

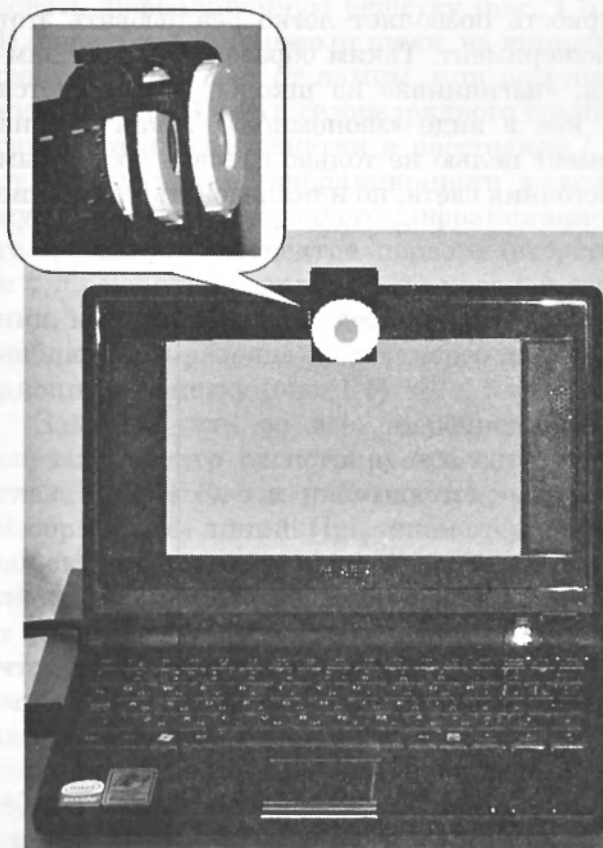


Рис. 4 а

- для ноутбука «ASUS-Tech Eee» со встроенной ВЭБ-камерой, который может быть поставлен вместе с оснасткой к практикуму (рис. 4 а);

- для выносной ВЭБ-камеры, присоединяемой через USB-порт к любому компьютеру и поставляемой в комплекте оборудования (рис. 4 б).

В первом случае дифракционная решетка крепится на корпусе ноутбука перед глазком ВЭБ-камеры, во втором — при комплектовании в набор входит оптическая скамья, используемая в других работах практикума, и держатели для дифракционной решетки и ВЭБ-камеры.

В обоих комплектах поставки в составе оборудования имеется экономная лампа удлиненной формы с насадкой в виде непрозрачного экрана с узкой щелью (рис. 4 б). После включения лампы и установки щели вертикально ученикам рекомендуется рассмотреть спектр лампы, приблизив дифракционную решетку к глазу и вращая решетку вокруг оси. После этого ученики будут знать, какую примерно картину они должны получить на экране монитора, используя ВЭБ-камеру. Это важно не только с точки зрения эмоционального восприятия наблюдаемой картины, повышающей мотивацию к продолжению работы, но и с точки зрения готовности преодолеть экспериментальные затруднения в дальнейшем ходе работы. Если штрихи решетки перед ВЭБ-камерой

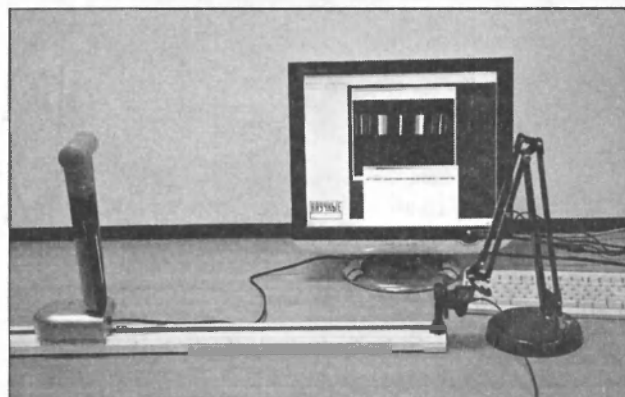


Рис. 4 б

окажутся не параллельными щели на кожухе лампы, то вид спектра будет сильно отличаться от образа линейчатого спектра, воспроизведенного в учебниках и плакатах, и ученик должен понять, какие действия следует при этом предпринять.

Дальнейшее описание приводится для второго способа оснастки (рис. 4 б). На одном конце оптической скамьи устанавливаются дифракционную решетку в специальном держателе и вплотную к ней придвигают глазок ВЭБ-камеры, укрепленной в стойке. Лампу помещают напротив дифракционной решетки на расстоянии 0,5—1,0 м от ВЭБ-камеры.

Для получения данной картины на экране монитора и ее фиксации в виде рисунка используют заложенный в программу для обработки работ практикума сценарий «Линейчатый спектр лампы». В ней заложены настройки ВЭБ-камеры, позволяющей получать спектр лампы на черном фоне с минимальными помехами фонового освещения предметов в комнате.

Сценарий содержит работу в нескольких окнах. Первое окно управления изображением с ВЭБ-камеры «Устройство видеозахвата» появляется после запуска сценария автоматически (рис. 5). Второе окно «Обработка», показанное на рисунке, вызыва-



Рис. 5

ется специальной кнопкой. В первом окне, передвигая лампу, поворачивая дифракционную решетку, перемещая объектив ВЭБ-камеры, добиваются наилучшего вида спектра (линии вертикальны, нулевой максимум посередине экрана и т. д.). Как видно из рисунка, с помощью дифракционной решетки на расстоянии около 1 м от щели и ВЭБ-камеры удается зафиксировать спектры первого и второго порядков хорошего качества. Они содержат фиолетовую, синюю, зеленую и красную линии.

Во втором окне (рис. 6) имеются три закладки: «Исходные данные», «Таблица» и «Статистика».

Перейдя на вкладку «Исходные данные», вносят значение постоянной решетки d в указанных единицах. На вкладке «Таблица» (кликнув левой кнопкой мыши в меню) фиксируется фотография спектра. В колонке «Фото» появляется и фиксируется изображение (рис. 6). Затем в таблицу с клавиатуры заносится значение расстояния L от щели перед лампой до дифракционной решетки.

Полученные данные позволяют рассчитать длину волны излучения, соответствующую каждой из линий спектра. Обрабатывают полученные фотографии. На вкладке «Таблица» открывают окно «Фотография» (рис. 7).

В программе практикума имеется инструментальный измерения расстояний на фотографии по пропорции к размеру известного объекта, находящегося в плоскости расположения изображений всех линий. В работе практикума объектом с из-

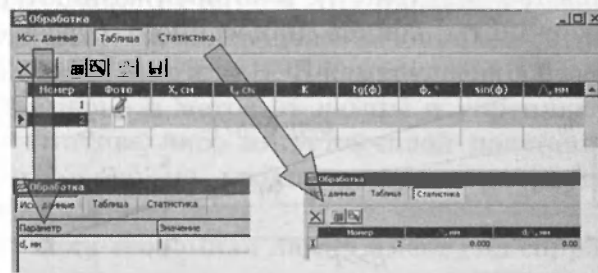


Рис. 6

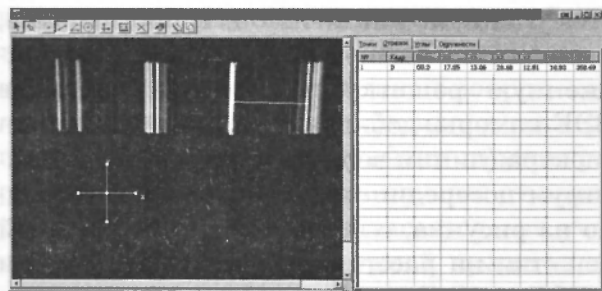


Рис. 7

вестным размером является щель, поэтому на поле с фотографией вызывается система координат, вдоль изображения щели (вдоль нулевого дифракционного максимума) растягивается масштабный отрезок, затем (соответствующей кнопкой) вызывается окно «Ввод данных» и в него вносится значение реальной длины щели 10 см. После фиксации размера масштабного отрезка используется инструмент «Отрезок», который растягивает на кадре фотографии от нулевого дифракционного максимума до соответствующей спектральной линии (рис. 7). Длина этого отрезка x на матрице ВЭБ-камеры (или на экране монитора) рассчитывается компьютерной программой по отношению к длине изображения образцового отрезка x_0 (рис. 8):

$$\frac{h}{h_0} = \frac{x}{x_0}, \text{ так как } \frac{h}{x} = \frac{L}{F} \text{ и } \frac{h_0}{x_0} = \frac{L}{F},$$

откуда

$$h = h_0 \frac{x}{x_0}.$$

В правой части окна «Фотография» имеется таблица (рис. 7), в которой возникнут координаты концов нанесенного отрезка

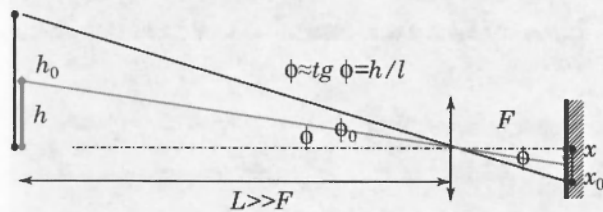


Рис. 8

и его длина. Значение длины отрезка h можно перенести на вкладку «Таблица» в колонку «X» (кликнув на кнопку «ОК» в верхнем меню окна «Фотография»).

Значение h позволяет вычислить значения $\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{L}$, $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{h}{L}$ и $\sin \varphi$ (рис. 8), а следовательно рассчитать длину волны излучения, соответствующего этой линии в спектре:

$$\lambda = d \sin \varphi.$$

При этом на вкладке «Таблица» окна «Обработка» (рис. 6) нужно еще указать и порядок спектра $K = 1$, если длина волны рассчитывается из спектра первого порядка.

Программа составлена так, что после первого заполнения таблицы вручную все последующие расчеты проводятся автоматически (за исключением определения значения x , получаемого при обработке фото) растягиванием отрезка между линией нулевого и первого (второго) порядка.

Вкладка «Статистика» в окне «Обработка» позволяет для измерения длины волны одной линии, например красной, обработать несколько снимков, меняя положение лампы относительно решетки. Каждый раз фиксируется изображение, измеряется расстояние L , заносится в таблицу, затем результаты расчета длины волны λ отправляются в таблицу «Статистика». При этом автоматически рассчитываются среднее значение λ и среднее квадратичное отклонение от среднего (рис. 6). Такой набор статистических данных повышает точность результатов измерений, связанных со случайными ошибками при измерении расстояний между решеткой и щелью (так и при обработке с помощью цифрового инструмента).

Программа, сопровождающая «Компьютеризированный практикум», позволяет составлять электронный отчет по результатам выполнения работы.

В него автоматически включаются фамилия и имя исполнителя, которые он вносит

при регистрации, название работы. В отчет можно копировать фрагменты описания работы (например, список оборудования), исходные фотографии со спектрами, заполненные таблицы и графики со всех окон и вкладок. Недостающие текстовые комментарии и выводы набираются с клавиатуры. Таким образом, методика проведения работы предполагает разумное сочетание ручной обработки работы и переключивание «на плечи компьютера» рутинных операций для сокращения времени выполнения и оформления работы.

Вариант 2. Второй вариант предполагает, что все оборудование, оснастку и программу обработки данных учитель собирает и отлаживает сам. Здесь мы дадим только общие методические рекомендации и опишем вариант выполнения работы с помощью доступного оборудования и программ.

Итак, задача состоит в том, чтобы получить фотографию картины, наблюдаемой глазом при рассматривании узкого столба газового разряда через дифракционную решетку (рис. 9).

Если у учителя имеется экономная лампа с удлиненным корпусом в непрозрачном кожухе, то нужно кожух расположить так,

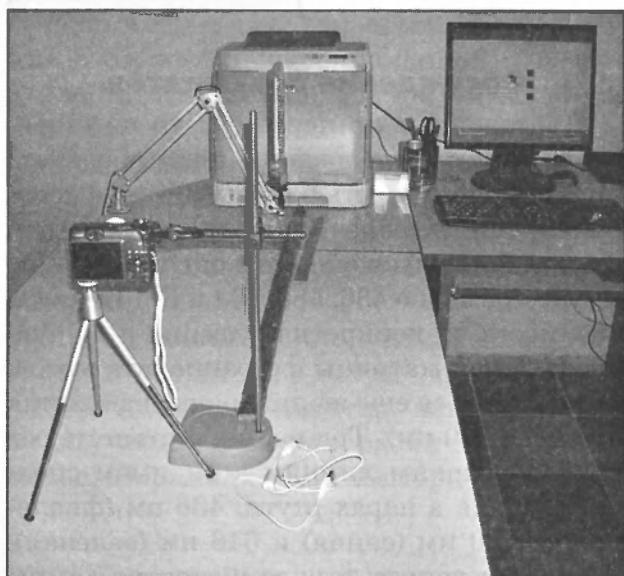


Рис. 9а



Рис. 9б

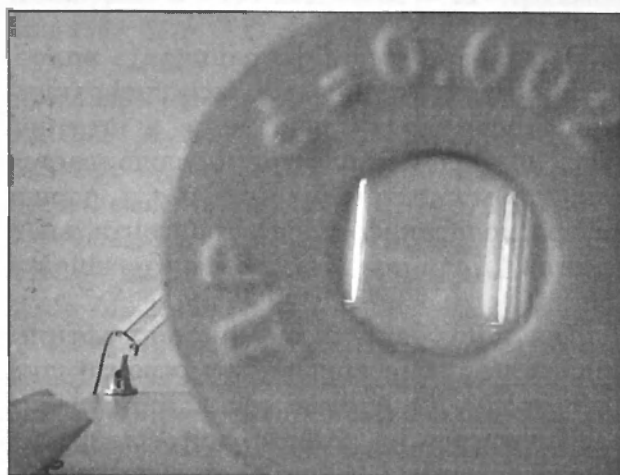


Рис. 9в

чтобы с позиции, на которой располагается фотоаппарат, была бы видна лишь узкая часть корпуса лампы. Так происходит имитация щели, являющейся источником света. Фотоаппарат или ВЭБ-камеру располагают примерно в метре от лампы и укрепляют в штативе либо на устойчивой подставке (примерно на уровне середины корпуса лампы).

Если экономная лампа имеет вид спирали и размещена, например, в круглом кожухе, то необходимо соорудить непрозрачный

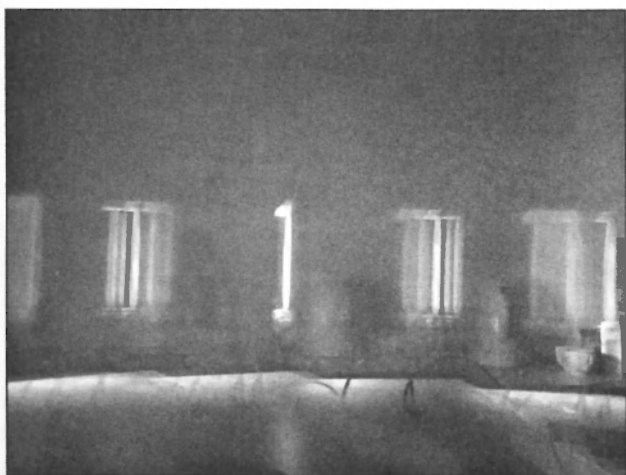


Рис. 10

экран из картона (пластика, фольги и т. п.), сделать в нем узкую щель подходящей длины, в которую будет попадать узкий пучок света лампы.

Перед объективом фотоаппарата вплотную к нему устанавливается дифракционная решетка, закрепленная в штативе (рис. 9). Положение решетки подбирается так, чтобы спектры (первого и т. д. порядка) располагались вдоль горизонтальной прямой. Делается снимок через решетку (рис. 10).

Для получения более чистой картины вблизи лампы не должно быть отражающих свет предметов (лучше всего, если лампа располагается на темном, матовом фоне). Для уменьшения фоновой подсветки на фото можно также использовать два поляроида, которые размещаются перед решеткой, или изменить настройки фотоаппарата.

Затем решетка убирается и без изменения положения лампы и фотоаппарата (или ВЭБ-камеры, если снимки делаются с ее помощью) делается второй снимок. Этот снимок понадобится для калибровки расстояний в кадре со спектром по размеру объекта с известным размером на другом кадре. Таким объектом, расположенным на втором кадре в той же плоскости, что и спектр на первом кадре, может быть, например, кожух лампы.

На втором этапе работы фотографии переносятся из фотоаппарата на компьютер для обработки.

Для обработки (аналогично описанной выше в варианте 1) можно предложить программы, которые распространяются на коммерческой основе или находятся в свободном доступе на российских или англоязычных сайтах. Например, такая программа «1 С: Измеритель» имеется в составе электронного издания [6].

Можно предложить ученикам распечатать обе фотографии на цветном принтере и измерить расстояния x и x_0 с помощью линейки (рис. 8). Тогда расстояние до мнимого изображения линии спектра h рассчитывается исходя из известной длины предмета, взятого за репер на втором кадре (например, размер кожуха лампы):

$$\frac{h}{h_0} = \frac{x}{x_0}.$$

Зная расстояние от лампы до дифракционной решетки L и учитывая, что это расстояние велико по сравнению с ($h \sim h_0 \ll L$), можно вычислить длину волны соответствующей линии по формуле

$$\lambda = \frac{dx}{L}.$$

Обсуждение результатов

Проведенные по первому или по второму сценарию исследования показывают, что в спектре лампы есть 5 ярких линий фиолетового, синего, зеленого и красного цветов. Их длина волны в одном из опытов соответствует примерно 436, 488, 544 и 611 нм (в зависимости от конкретной лампы и от чувствительной матрицы фотоаппарата может фиксироваться еще желто-оранжевая линия в районе 580 нм). Три из них соответствуют наиболее ярким линиям в видимом спектре разряда в парах ртути: 436 нм (фиолетовая), 480 нм (синяя) и 546 нм (зеленая). Возникает вопрос: откуда в спектре лампы появляется еще интенсивная красная ли-

ния в области 611 нм (красная) и, возможно, 581 нм (желтая)?

Известно, что для приближения спектра ламп на основе разряда ртути к визуальному восприятию, близкому к восприятию солнечного света, в него надо добавить «теплых» цветов, что делают за счет добавления в качестве люминофоров сложных окислов европия и тербия [7]. Спектр одной из таких промышленных «экономных» ламп приведен на рис. 3. Линии № 2, 3 и 5 на этом спектре представляют собой уже названные линии ртути, а линия № 12 (611 нм) и линия № 9 — это красная и желтая линии европия. Тербий, возможно, также присутствует в составе люминофора, но для положительного ответа на этот вопрос следовало бы пронаблюдать линию № 4 (543 нм), лежащую близко к зеленой линии ртути.

Таким образом, в эксперименте удастся получить линейчатый спектр паров ртути и люминофоров на основе соединений европия, мелкие твердые частицы которых нанесены на стенки стеклянной колбы и испускают вторичное излучение, возникающее после поглощения ими ультрафиолетового света от 200 до 450 нм, идущего от разряда ртути.

Работа позволяет закрепить представления о свойствах дифракционной решетки и о квантовании энергии в атомах, об излучении и поглощении ими света определенной длины волны, о соотношении энергии поглощаемого и излучаемого квантов при фотолюминесценции, что важно для понимания трехуровневой схемы работы лазеров.

Предложенный метод измерения длин волн в спектрах может применяться и в других экспериментах, направленных на изучение спектров различных источников. В рамках «Компьютеризированно-

го физического практикума» фирмы «Научные развлечения» реализованы работы «Измерение спектров полупроводникового лазера и белого светодиода» и «Изучение спектров красного и инфракрасного светодиодов». Метод может быть применен в исследовательских работах школьников, направленных на изучение спектров излучения, встречающихся в окружающем пространстве источников света (например, светодиодных фонариков или жидкокристаллических экранов).

Литература

1. Буров В. А. Наблюдение сплошного и линейчатого спектров испускания/В кн. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7—11 классах общеобразовательных учреждений; Под. ред. В. А. Букова и Г. Г. Никифорова. — М.: Просвещение, 1996.
2. Буров В. А., Зворыкин Б. С. Проведение качественного спектрального анализа вещества/В кн. Практикум по физике в средней школе; Под ред. В. А. Букова и Ю. И. Дика. — Изд. 3. — М.: Просвещение, 1987.
3. Кабардин О. Ф., Орлов В. А. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы. — М.: Вербум. — М., 2001.
4. Румянцев И. М. Дисперсия света/В кн. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. II; под ред. А. А. Покровского. — Изд. 2. — М.: Просвещение, 1972.
5. Ханнанов Н. К., Жилин Д. М., Хоменко С. В., Цуцких А. Ю., Сазонов М. М., Поваляев О. А. Проблемы создания школьного компьютеризированного практикума по физике и возможные пути их решения. — Физическое образование в вузах. Т. 15. — 2009. — № 1. — С. 100—113.
6. 1С:Школа. Физика, 10 кл./Под ред. Н. К. Ханнанова, М.: 1С «Пабблишинг», 2008 (электронное издание на CD).
7. http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Fluorescent_lighting_spectrum_peaks_labelled.png.

ПОСТАНОВКА ОПЫТОВ ФРАНКА И ГЕРЦА

Ключевые слова: профильная школа, физика атома, моделирование.

А. С. Красников, С. В. Фомин (Рязанский ГУ им. С. А. Есенина)

Предложено использование экспериментальной установки, моделирующей опыт Франка и Герца. Подробно обсуждаются техника постановки эксперимента и суть полученных результатов.

Программой для классов с углубленным изучением физики предусматривается около 50% учебного времени на практические занятия, выполнение лабораторных работ и работ физического практикума.

Программа с углубленным изучением физики предусматривает более широкое использование математических знаний учащихся. Предполагается широкое применение компьютеров при решении и исследовании физических задач. Все это обеспечивает тесную связь с курсом «Основы информатики и вычислительной техники».

При изучении раздела «Физика атома» значительное место уделяется изучению следующих положений атомной физики: «Квантовые постулаты Бора. Модель строения атома водорода по Бору–Резерфорду. Природа линейчатых спектров. Спектры излучения и поглощения. опыты Франка и Герца. Спектр энергетических состояний атомов. Спектральный анализ. Трудности теории Бора».

Так как физика является наукой экспериментальной, то основные положения теории Бора получили непосредственное подтверждение в опытах Франка и Герца [1].

Известный советский физик Эдуард Владимирович Шпольский* на семинарах и в личных беседах с не менее знаменитым физиком-методистом Александром Васи-

льевичем Перышкиным** давал ему методические советы, которые выражал следующими словами: «Александр Васильевич! Ставьте опыты Франка и Герца в школе». Давая такие пожелания А. В. Перышкину, Э. В. Шпольский тем самым подчеркивал огромную научно-методическую роль опытов Франка и Герца в экспериментальном подтверждении основных идей атомной физики и квантовой механики.

Думается, что настало время реализации идеи знаменитого ученого. На сегодняшний день на первое место выступает вопрос о повышении качества образования. Меры, предложенные Президентом РФ в этом направлении, в том числе национальный проект «Образование», первые, но очень значимые шаги в этом направлении. Их необходимо развивать. Многие регионы в настоящее время значительно улучшили положение в школах.

Постулаты Бора о существовании стационарных энергетических состояний атомов и правило частот Бора нашли свое экспериментальное подтверждение в опытах Д. Франка и Г. Герца, поставленных в 1913 г. прошлого века, в которых изучались столкновения медленных электронов с атомами газов методом задерживающего потенциала. Эти опыты показали, что внутренняя энергия атомов не может изменяться непрерывно, а принимает определенные дискретные значения (квантуется),

* Шпольский Э. В. — лауреат Государственной премии СССР, доктор физико-математических наук, бывший главный редактор журнала «Успехи физических наук», некоторое время заведовал кафедрой теоретической физики в МГПИ им. В. И. Ленина.

** Перышкин А. В. — лауреат Государственной премии СССР, член-корреспондент Академии педагогических наук, заведующий кафедрой методики физики МГПИ им. В. И. Ленина.

и сыграли важную роль в экспериментальном обосновании основных идей квантовой механики и квантовой физики.

Для постановки опытов Франка и Герца в школьном физическом практикуме предлагается использовать учебный лабораторный комплекс, разработанный НИИ ядерной физики им. Д. В. Скобельцина Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова [2].

Учебный лабораторный комплекс не требует высококвалифицированного обслуживания и затрат на эксплуатацию, значительно дешевле реальных исследовательских приборов и доступен как для вузов, так и для школ.

Он включает в себя:

1. Прибор, моделирующий работу экспериментальной установки.
2. Базу экспериментальных данных, полученных на исследовательской установке.
3. Программное обеспечение для получения и обработки результатов эксперимента.

Внешний вид установки и ее принципиальная электрическая схема представлены на рис. 1.

Приборный блок состоит из размещенных в нем модулей трехэлектродной лампы и управления. Трехэлектродная лампа находится внутри приборного блока и при-



Рис. 1

ближена к передней, прозрачной боковой панели, что позволяет наблюдать за ее работой. На этой же панели имеются кнопка включения питания прибора и кнопки управления температурой колбы лампы, которая изменяет давление насыщенных паров ртути в ней. Температурный режим нагрева колбы лампы задается значениями ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $150\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Модуль управления представляет собой систему связи с компьютером и управляет работой трехэлектродной лампы.

Основная задача эксперимента включает в себя:

1. Определение резонансного потенциала атома ртути.
2. Изучение вольтамперной характеристики газонаполненного триода в зависимости от температурного режима нагрева колбы и задерживающей разности потенциалов U_s между анодом и сеткой лампы.

На рис. 2 приведена анодная характеристика холодной ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) ртутной лампы, из которой следует, что ее вольтамперная характеристика выражается законом «трех вторых» Богуславского–Ленгмюра [3]

$$I_a = DU_a^{3/2}. \quad (1)$$

С ростом температуры колбы на анодной характеристике появляются максимумы и минимумы (рис. 3). При температуре $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ минимумы становятся значительно глубже, указывая на то, что при

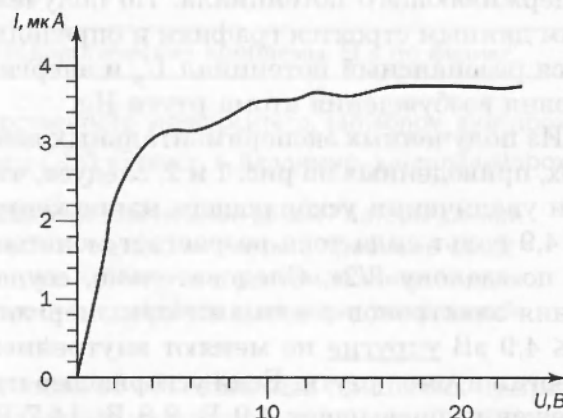


Рис. 2

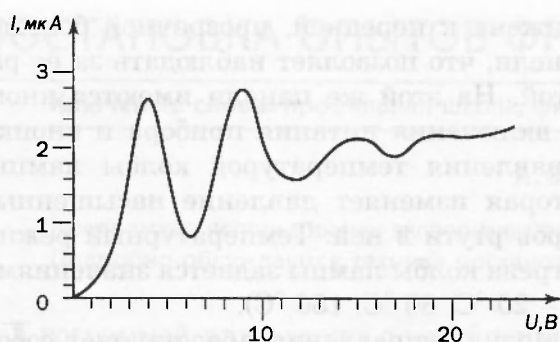


Рис. 3

высокой плотности паров ртути неупругие столкновения играют основную роль. На рис. 3 приведена вольтамперная характеристика ртутной газонаполненной лампы при $T = 150\text{ }^\circ\text{C}$, напряжение задержки $U_3 = 1\text{ В}$. Обычно для анодной характеристики достаточно выбрать задерживающий потенциал $U_3 = 1\text{—}2\text{ В}$. При таком задерживающем потенциале электроны, потерявшие энергию после неупругих столкновений, улавливаются сеткой.

При отсутствии компьютера в установке предусмотрена возможность снятия анодной характеристики с помощью индикатора, расположенного на панели управления модуля.

В отличие от компьютерного варианта, вольтамперные характеристики снимаются по точкам: устанавливаются значения параметров, а затем снимаются значения анодного тока для различных значений задерживающего потенциала. По полученным данным строятся графики и определяются резонансный потенциал U_p и энергия уровня возбуждения атома ртути Hg.

Из полученных экспериментальных данных, приведенных на рис. 1 и 2, следует, что при увеличении ускоряющего напряжения до 4,9 вольт сила тока возрастает монотонно по «закону 3/2». Следовательно, соударения электронов с атомами при энергиях $E < 4,9\text{ эВ}$ упругие не меняют внутренней энергии атомов ртути. Если ускоряющее напряжение превышает 4,9 В; 9,8 В; 14,7 В, то на кривой $I=I(U)$ появляются миниму-

мы, указывающие на то, что при энергиях электронов $E \leq 4,9\text{ эВ}$ их соударения с атомами становятся неупругими, т. е. энергия электронов переходит во внутреннюю энергию атомов. При значениях энергии, кратных 4,9 эВ, электроны могут несколько раз испытывать неупругие столкновения, отдавая каждый раз по 4,9 эВ атому ртути.

Таким образом, опыты Франка и Герца показали, что энергия $E < 4,9\text{ эВ}$ наименьшая возможная порция энергии (наименьший квант энергии), которая может быть поглощена атомом ртути в основном энергетическом состоянии. Это непосредственно экспериментально подтверждает первый постулат Бора: атомы и атомные системы могут длительное время находиться в таких энергетических состояниях $E_1, E_2, E_3 \dots E_n$, в которых они не излучают и не поглощают энергии.

Атом ртути, получивший избыток энергии при соударении с медленным электроном, некоторое время сохраняет его, а затем под влиянием возмущений отдает, вновь переходя в основное невозбужденное состояние. Из рассмотрения рис. 3 видим, что первый критический потенциал атома ртути равен 4,9 эВ.

$$E_1 - E_2 = 4,9\text{ эВ.}$$

А согласно второму постулату Бора, энергия атома при переходе из возбужденного состояния в основное должна испускаться (излучаться) в виде кванта (фотона) монохроматического света:

$$E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}. \quad (3)$$

Проведя элементарные преобразования, получим:

$$\lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}.$$

Учитывая (2) и проводя численные расчеты по формуле (4), будем иметь:

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2520 \cdot 10^{-10}\text{ м} = 2520\text{ \AA}.$$

Итак, если теория Бора верна, то пары ртути, подвергаемые бомбардировке медленными электронами с энергией 4,9 эВ, должны давать спектр излучения, состоящий из одной ультрафиолетовой линии с длиной волны $\lambda \approx 2520 \text{ \AA}$. Опыт обнаруживает действительно одну ультрафиолетовую линию $\lambda \approx 2537 \text{ \AA}$. Таким образом, опыты Франка и Герца позволили экспериментально подтвердить и второй постулат Бора о том, что атом излучает или поглощает энергию в виде кванта света (фотона) при переходе из одного энергетического состояния в другое (рис 4).

При постановке описанной работы в школе можно рекомендовать для выполнения следующие упражнения.

1. Снять анодную характеристику лампы при $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (комнатная температура) при задерживающем потенциале 0 В и убедиться в справедливости «закона трех вторых».

2. Снять анодную характеристику $I = I(U)$ триода для напряжений задержки 1 и 2 вольта при температурах $T = 80$ и $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить резонансный потенциал U_p и убедиться в справедливости постулатов Бора.

3. По полученным значениям энергии возбуждения атомов ртути рассчитать длину волны света, излучаемого возбужденными атомами и убедиться в справедливости второго постулата Бора.

В заключение заметим, что описанный вариант статьи используется на кафедре общей теоретической физики и МПФ Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина при выполнении дипломных работ студентами V курса.

На основании нашего опыта считаем, что данная работа может быть рекомендована для постановки в профильных классах средней школы и она значительно дешевле своих реальных прототипов и подчинена только одной проблеме — проблеме обучения.

Литература

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. — М.: Наука, 1974.
2. <http://umk.sinp.msu.ru>
3. Физический энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1983.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. — М., 2001.

ИЗ ПОРТФЕЛЯ РЕДАКЦИИ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Ключевые слова: общеобразовательная физика, методологические проблемы, ЕГЭ по физике.

А. В. Самсонов, к. т. н., доцент Владимирского государственного университета, samsonov_av@inbox.ru

Е. В. Абрамова, инженер ООО «Эткос», г. Владимир, katarinaa@inbox.ru

Как с учетом требований ЕГЭ преподавать физику в общеобразовательной школе? Авторы данной статьи считают, что в первую очередь необходимо решить методологические проблемы общеобразовательной физики, и предлагают свой вариант ее изложения с учетом значимости для остальных школьных предметов, целостности, взаимосвязи разделов и научных достижений.

То, что угадывалось в кризисе подготовки инженеров и сферы производства, подтвердили результаты ЕГЭ по физике.

Знания об объективных процессах природы оказались на последнем месте. «Физика развивается очень быстро, и, чтобы не отстать

от нее, надо менять пути ее изучения». Эти слова Я. А. Смородинского в предисловии к изданию у нас «Фейнмановских лекций по физике» [1] актуальны на сегодняшний момент времени. Фейнмановские лекции по физике ценны прежде всего своей тенденцией следовать науке, в которой все время происходит процесс своеобразного упрощения, позволяющий просто и кратко изложить то, что когда-то потребовало много лет работы. В понимании этого и заключается интерес к науке.

Общеобразовательная физика — ведущий предмет общеобразовательных учреждений, основу которых составляет средняя школа. Такие предметы, как химия, математика, биология, информатика, базируются на общеобразовательной физике. Так называемые гуманитарные предметы — это предметы о субъекте-человеке, изучающем общеобразовательную физику и работающем в области ее практических применений.

Физика как наука состоит из взаимосвязанных понятий, которые не исчезают или появляются, а развиваются. Этим самым наука составляет вектор развития человечества. Следующие друг за другом поколения передают друг другу научные достижения. Методологические проблемы физики — поиски путей ее изложения, последовательности действий в построении объективной физической и современной картины мира.

Особенность только что введенного ЕГЭ в том, что проверяются знания и умения мыслить по курсу физики в целом, не отдавая предпочтения какому-то ее разделу. Если при традиционной сдаче экзамена ученик по случайному закону выбирал экзаменационный билет и далее сосредоточивался на небольшом количестве вопросов билета, то в случае ЕГЭ из-за

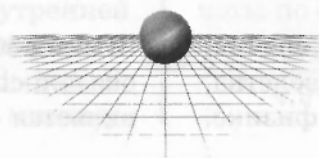
краткости ответов количество вопросов существенно возрастает и дается характеристика знаний и умений по всему объему физики, предусмотренному программой. Необходимость целостности знаний и умений с учетом научных достижений весьма существенна для развития личности ученика и для последующего выбора им профессии. Современный школьный учебник по физике [2, 3], к сожалению, продолжает традицию просто набора рассматриваемых физических явлений и соответственно разделов физики. А для развития современных технологий важна именно целостность преподаваемого в школе курса физики. Например, развитие нанотехнологий основано на знании процессов в малых объемах вещества, где осуществляется стыковка так называемой классической физики и квантовой физики.

Методологические проблемы общеобразовательной физики получают свое разрешение, если переходить к большей конкретизации, к установленным фактам от абстрактных понятий.

От редакции. Более подробно свою позицию авторы представляют в следующих номерах журнала.

Литература

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, вып. 1—8. — М.: Мир, 1977.
2. Мякишев Г. Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни/Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; Под ред. В. И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. — 17-е изд., перераб. и доп. — М.: Просвещение, 2008.
3. Мякишев Г. Я. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений/Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. — 15-е изд. — М.: Просвещение, 2006.



2010 год – год Учителя

Представляем лучших учителей физики РФ

(два основных критерия: известность учителя в своем регионе и наличие публикаций в журнале «Физика в школе»)



Зильберман Александр Рафаилович

- Учитель физики ГОУ лицея «Вторая школа» г. Москвы.
- Методист и доцент кафедры физики Московского института открытого образования.
- Член редколлегии журнала «Квант» и ведущий рубрики «Задачник КВАНТ».
- Педагогический стаж – 24 года.
- Нагрудный знак «Почетный работник общего образования Российской Федерации», 2004 г.
- Медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени, 2008 г.
- Лауреат конкурса «Грант Москвы».

Приоритетные направления профессиональной деятельности

- Преподавание углубленного курса физики в лицее «Вторая школа».
 - Руководитель семинара по физике для московских школьников – учеников IX–XI классов (подготовка школьников к участию в физических олимпиадах различного уровня – окружных, городской, Всероссийской).
 - Методическая подготовка учителей физики школ Москвы, ведущих углубленное изучение предмета, в рамках курсовой системы МИОО.
 - Работа с одаренными учащимися: член Оргкомитета Московской городской Олимпиады по физике, член жюри физической Олимпиады МГУ.
- В 2009 г. (в соавторстве с С.Д. Варламовым) подготовлены и выпущены в свет в издательстве «Центр непрерывного математического образования» два сборника задач: Московские физические Олимпиады и Экспериментальные задачи по физике (для экспериментального этапа Олимпиады).

Сотрудничество с журналом «Физика в школе»

Участвуя в апробации калькуляторов фирмы CASIO, Зильберман А.Р. создал методику их использования в учебном процессе, обоснованную в трех статьях журнала «Физика в школе»:

- Применение непрограммируемого калькулятора при выполнении заданий единого государственного экзамена (ЕГЭ) по физике, № 3, 2007 год;
- Применение простых калькуляторов CASIO для решения физических задач, № 2, 2007 год;
- Применение программируемого калькулятора для решения систем линейных уравнений, работа с комплексными числами, № 3, 2007 год.



Подписка – 2010 II полугодие

Уважаемые читатели!

Подписка на II полугодие 2010 г.
по каталогу «Газеты. Журналы»
агентства «Роспечать»
начинается **1 апреля 2010 г.**

Журнал **«ФИЗИКА В ШКОЛЕ»**
На полгода 4 номера
Подписной индекс **71019**

Комплект журналов по льготной цене:
«ФИЗИКА В ШКОЛЕ» (4 номера)
«ФИЗИКА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ» (2 номера)
Подписной индекс **79025**

Внимание!

Подписную цену с учетом почтового сбора
вы можете узнать
в своем отделении связи.

ISSN 0130-5522



9 770130 552106

02



Подписной индекс **71019**

Подписка осуществляется
по каталогу «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать»