



научно-методический журнал

6 2009

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



Готовимся к ЕГЭ

**Роль учебного эксперимента
при профильном обучении**



ФССО-2009

С 31 мая по 4 июня 2009 г. в Санкт-Петербурге состоялась очередная X международная конференция «Физика в системе современного образования» (ФССО-09).

Несколько секций конференции были посвящены проблемам системы общего среднего образования. Перечислим некоторые из них: частные вопросы методики преподавания, профильное обучение, внедрение информационных технологий в преподавании физики. Центральное место, естественно, отводилось вопросам проведения ЕГЭ.



Открытие конференции



Участники конференции



Профессор Н.С.Пурышева (МПГУ)



М.Ю.Демидова (ФИПИ)



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

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

- ▶ Заслуженное признание учителя 3

Выдающиеся ученые

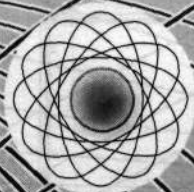
- ▶ **Ю.А.Королев**
Секретный физик Я.Б.Зельдович. 4

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

- ▶ **Г.А.Чижов**
Задания ЕГЭ по физике. Возможности и перспективы 9
- ▶ **В.А.Орлов, Л.Э.Генденштейн**
Можно ли к сдаче тестов готовиться по самим тестам? 23
- ▶ **Е.А.Попкова, З.В.Суворова, Ш.А.Пиралишвили**
О критериях проверки творческой части ЕГЭ 25
- ▶ **М.С.Атаманская**
Компетентностный подход в школьном физическом образовании 28
- ▶ **Н.И.Раитина**
Опыт участия Забайкалья в ЕГЭ по физике 33

Профильное обучение

- ▶ **Е.Б.Петрова**
Роль учебного эксперимента при профильном обучении 38
- ▶ **А.Ю.Китай**
Определение видимости с помощью лазера 45
- ▶ **А.Ф.Ан**
Физический практикум для будущих инженеров 49
- ▶ **Е.В.Синякин**
Компьютерный практикум по электродинамике (элективный профильный курс). 55



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

АСТРОНОМИЯ

- ▶ **И.И.Моисеев**
Определение периода обращения спутника Юпитера. 61

Из портфеля редакции

- ▶ **А.В.Лизунков**
Заранее готовимся к успешной сдаче ЕГЭ. 36
- ▶ **О.И.Громцева**
Использование материалов ЕГЭ в учебном процессе 37

Предложения и советы

- ▶ **В.В.Скачков**
О введении в VIII классе физической величины
«Электрическое напряжение» 62
- ▶ **Г.С.Тутова**
Определение коэффициента поверхностного натяжения 63

Главный редактор **С.В.Третьякова**
Редакторы отделов: **Э.М.Браверман, В.Ю.Критиния,**
Г.П.Мансветова, Е.Б.Петрова
Зав. редакцией **Е.Н.Стойновская**

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 1/16. Тираж 8000 экз. Изд. № 1670. Заказ 1421

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. Факс: 8(496) 726-54-10, телефон: 8(495) 788-74-65.

© ООО Издательство «Школа-Пресс», © «Физика в школе», 2009, № 6

ЗАСЛУЖЕННОЕ ПРИЗНАНИЕ УЧИТЕЛЯ

Как часто работа учителя, его внутренняя и внешняя оценка зависят от изменяющихся приоритетов в области образования. В советский период школа гордилась тем, сколько в школе педагогов с высшей категорией, имеющих ученую степень и награды. А сколько поводов для гордости приносили образовательному учреждению Заслуженные учителя?!

С введением механизмов самофинансирования учителя, имеющие вышеперечисленные достижения, стали школам излишком в экономическом балансе. Директору стало выгоднее взять на работу не признанного специалиста, а начинающего учителя или даже неспециалиста. Руководители школ перестали подписывать характеристики для поступления в аспирантуру учителям-исследователям.

Следующий шаг — реализация приоритетного национального проекта «Образование». Началось соревнование образовательных учреждений за количество (не всегда в угоду качеству) победителей в гонке за престижной премией. Но и этот период, скорее всего, продлится недолго — финансовый кризис уже подбирается к этому инновационному процессу в образовании.

А есть ли какие-то, так называемые, вечные ценности? Конечно, они были, есть и будут. Всегда уважаем региональными управлениями образования, администрациями школ, коллегами и родителями тот учитель, который вне зависимости от смены приоритетов в образовании дает высокую результативность обучения предмету. А если она еще и подтверждается независимой экспертизой в формате ГИА или ЕГЭ!

Такие преподаватели за последние годы выкристаллизовались во всех регионах. Про них, услышав их фамилию, уважительно говорят: «Он (она) так готовит к ЕГЭ, что все его (ее) выпускники имеют высокие баллы и с успехом поступают в технические вузы». А уж если на счету есть «стобалльники» — это истинные герои дня.

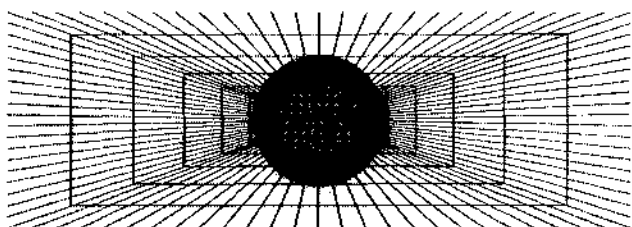
Как приблизиться к такому уровню? Одного стремления часто не хватает. Кроме того, лучше всего исключить в своей работе по подготовке учащихся к ЕГЭ те ошибки, которые уже совершили другие учителя, прошедшие более долгий и трудный путь в этом направлении. Ведь у многих уже сформировался позитивный опыт участия в ЕГЭ, который можно учесть другим учителям в своей работе.

Также очень важно учитывать аналитические материалы итогов ЕГЭ в каждом регионе, сравнивать их с ситуацией в своем, учиться прогнозировать будущие результаты.

Раздел «Готовимся к ЕГЭ», авторами которого в данном номере стали члены федеральной предметной комиссии по разработке КИМов, представители академии образования, региональных предметных комиссий по проведению ЕГЭ и учителя-практики, готов помочь каждому учителю физики в нелегком деле повышения качества обучения по предмету, результативность которого в последнее время проверяется в формате единого государственного экзамена по физике.



*Главный редактор
журнала
«Физика в школе»*



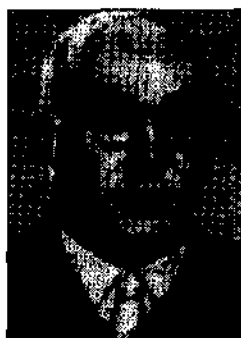
СЕКРЕТНЫЙ ФИЗИК Я.Б.ЗЕЛЬДОВИЧ

Ю.А.Королев (г. Тамбов)

Выдающийся ученый, крупнейший физик Яков Борисович Зельдович родился 8 марта 1914 г. в Минске в семье юриста. В школу он пошел поздно, сначала учился дома, а потом был зачислен сразу в V класс. Он закончил школу-девятилетку в Ленинграде, а затем X класс с химическим уклоном. К моменту окончания школы стало ясно, что он хочет быть ученым и посвятить свою жизнь изучению химии. Вспоминая это решение, Я.Б.Зельдович говорил: «В школе физика мне представлялась стройной завершенной наукой, в которой вряд ли можно сделать что-то принципиально новое. Поэтому я решил, что лучше посвятить себя химии. Как вы понимаете, я ошибался. И ошибаются сейчас те, кто думает, что физика исчерпала себя. Вопрос о том, как устроен окружающий нас мир, по-прежнему стоит перед физикой, и многое еще неясно» [1].

В момент окончания школы ему было шестнадцать лет, а в вуз таких молодых не брали. В целях экономии времени он пошел на курсы лаборантов в институт «Механобр». В это время он познакомился с лабораториями Института химической физики. Первую половину дня он работал в «Механобре», а вторую — в Институте химфизики в лаборатории Рогинского, которая занималась процессами катализа.

В 1932 г. Я.Б.Зельдович поступил в Политехнический институт на заочное отделение, но вскоре понял, что это пустая трата времени, и избрал самообразование. Позже, отвечая на вопрос корреспондента о возмож-



ности «индивидуального пути получения образования», Я.Б.Зельдович говорил: «Я действительно не получил вузовского диплома... На мой взгляд, не стоит противопоставлять индивидуальный путь вузовскому... сделать для всех обучение индивидуальным экономически немыслимо.

К этому, конечно, надо стремиться, сочетая обучение с наставничеством, индивидуальной подготовкой» [2. с. 13].

В это время Я.Б.Зельдович занялся поиском эффективных веществ для противогазов, которые могли хорошо поглощать или окислять оксид углерода. Разрабатывая данную проблему, он создал теорию адсорбции, ставшую классической. На базе своих исследований он подготовил кандидатскую диссертацию и защитил ее в 1936 г. (получив специальное разрешение ВАКа на защиту без диплома о высшем образовании).

В конце 1939 г. Я.Б.Зельдович стал доктором физико-математических наук. В докторской диссертации он обобщил работы по проблеме окисления азота в горячем пламени. Он развил теорию образования оксида азота при горении и взрывах в потоке и в замкнутых объемах. Выводы, полученные в диссертации, оказались очень важными, когда возникла необходимость предотвращения образования оксидов азота в двигателях внутреннего сгорания и печах. Занимаясь проблемой окисления, Я.Б.Зельдович понял, что процессы горения и взрывы, с позиций химической кинетики, еще не изучены. Он приступил к исследованию этих вопросов. Ему удалось путем объединения химической

кинетики с анализом тепловой картины и гидродинамической, учитывающей движение газа, сделать теорию горения и теорию детонации количественными. Возникла область физики и физикохимии высоких температур.

В 1939–1940 гг. Яков Зельдович совместно с Юлием Харитоном приступил к разработке теории деления урана, в частности к вопросам деления в энергетических установках.

В начале 1940 г. в журнале «Экспериментальной и теоретической физики» были опубликованы статьи Я.Зельдовича и Ю.Харитона «О цепном распаде урана под действием медленных нейтронов» и «Кинетика цепного распада урана». В этих статьях была обоснована возможность реализации цепной реакции деления, были определены условия для начала этого процесса, а также указаны две возможности поддержания цепной реакции: первая — увеличение размеров куска урана (для возрастания попадания нейтронов в новые ядра), вторая — обогащение урана изотопом 235 . «Подобный процесс, — писали авторы этих статей, — мог бы представлять значительный интерес, так как теплота ядерной реакции деления урана в пятьдесят миллионов раз превышает теплотворную способность угля; распространенность и стоимость урана вполне допустила бы осуществление некоторых применений урана» [3, с. 127].

В статье тех же авторов, названной «Использование внутриатомной энергии» и опубликованной в № 4–5 журнала «Вестник знаний» за 1940 г., читаем: «Итак, мы находимся на грани осуществления ядерного «горения». Возникает естественный вопрос: имея в распоряжении столь мощный источник энергии и будучи к тому же вынужденными взять для опыта сразу около тонны урана, не окажемся ли мы виновниками чудовищного взрыва, который уничтожит не только экспериментатора с его лабораторией, но и все живое на огромном пространстве вокруг. Ведь одна тонна урана по энергии, выделяющейся при делении на медленных

нейтронах... равноценна... миллионам тонн сильнейшего взрывчатого вещества».

«Второй естественный вопрос — это вопрос о перспективах технического использования энергии деления урана. Поэтому здесь уместно сделать следующие замечания. Между появлением физических предпосылок какого-либо технического процесса и самим техническим процессом лежит сложный путь, который часто обрывается из-за, казалось бы, второстепенных препятствий... Однако нельзя недооценивать человеческую изобретательность, неоднократно побеждавшую, казалось бы, непреодолимые препятствия» [4, с. 49].

Когда началась Великая Отечественная война, Я.Б.Зельдович и Ю.Б.Харитон (еще перед войной они занимались противотанковыми гранатами) сосредоточились на создании таких гранат, которые взрывались бы мгновенно при ударе о танк.

В это время Зельдович приступил к исследованиям горения пороха реактивных снарядов, применявшихся в реактивных установках «Катюша». За комплекс работ по теории горения он был удостоен в 1943 г. Сталинской премии. В этом же году Я.Б.Зельдович уже в группе И.В.Курчатова стал работать над расчетом первого отечественного уранового котла. Будучи одним из ближайших сотрудников И.В.Курчатова, он сделал очень много для решения проблемы использования ядерной энергии как в мирных целях, так и для обороны страны.

Правительство высоко оценило вклад Я.Б.Зельдовича в решение труднейших проблем использования ядерной энергии. Он трижды был удостоен звания Героя Социалистического Труда (1949, 1953, 1957 гг.), награжден Сталинской (1949, 1951, 1953 гг.) и Ленинской (1957 г.) премиями. Он был кавалером трех орденов Ленина, орденов Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени и других.

В 1946 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1958 г. — академиком. С 1964 г. он работал в Инсти-

туте прикладной математики АН СССР, а с 1966 г. — профессором МГУ.

3 апреля 1959 г. Я.Б.Зельдович дал теоретическое обоснование ранее неизвестному явлению удержания медленных нейтронов внутри объемов, стенки которых обеспечивают полное внутреннее отражение нейтронов, а 29 октября 1968 г. это было экспериментально доказано. Открытие внесено в Государственный реестр открытий СССР под № 171.

«Традиционным мощным источником нейтрона, — рассказывает академик Я.Б.Зельдович, — являются ядерные реакторы, в которых нейтроны образуются при цепной реакции деления урана-235 или плутония. Но нейтроны нестабильны: за тысячу секунд половина их распадается. Экспериментальное исследование нейтронов затруднительно еще и потому, что они, как правило, не задерживаются в том объеме, в котором расположена аппаратура, — ведь для них любое вещество практически прозрачно. Как показали теоретические исследования, так называемые ультрахолодные или, иначе говоря, особо медленные (скорость которых меньше нескольких метров в секунду) нейтроны можно поймать. Для этого они должны обладать неожиданным свойством — полностью отражаться от таких материалов, как стекло, медь, графит. Если их загнать в закрытый сосуд из таких материалов, они останутся там, пока не распадутся... Как же отсортировать их и загнать в сосуд? Для этого использовались их свойства — течь по кривым трубкам. Быстрые нейтроны пронизывают материал стенок на первом же повороте и летят по прямой, медленные отражаются от стенок и поворачивают в нужном направлении. Именно так и был организован эксперимент, проведенный в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. Впервые в мире удалось наполнить ультрахолодными нейтронами из атомного реактора медные, графитовые и стеклянные сосуды» [5, с. 192–193].

В 1957 г. Я.Б.Зельдович показал, что в холодном водороде, сжатом до высокой плот-

ности, начинает происходить ядерная реакция. По его расчетам, холодный водород, сжимаемый силами гравитации, менее чем за 10^8 лет превращается в горячую звезду. Им было предсказано существование ядер с большим избытком нейтронов. Он ввел понятие лептонных зарядов, предсказал бета-распад заряженных пионов. Им был сформулирован закон сохранения барионов и введено понятие барионного заряда. Был установлен закон сохранения векторного тока в слабых взаимодействиях. Он предложил ряд экспериментов по поиску кварков.

Я.Б.Зельдович «...предложил способ обнаружения короткоживущих частиц путем измерения распределений числа событий по эффективной массе продуктов распада. Этот способ является одним из основных методов поиска и изучения нестабильных частиц — резонансов» [6, с. 537].

С 1963 г. Яков Борисович перестает заниматься ядерной проблемой и сосредотачивает свое внимание на астрофизике. Отвечая на вопросы, он сказал: «Последние десятилетия я в основном занимаюсь астрофизикой и космологией. И в сущности это не что иное, как путешествие в «машине времени» в прошлое и будущее Вселенной. По тем данным, которые можно получить с помощью современных экспериментальных методов, мы пытаемся «реставрировать» страницы прошлого окружающего нас звездного мира. А поняв прошлое, можно уже вычислить и будущее.

Известно, что наблюдаемая нами часть Вселенной сейчас равномерно расширяется во все стороны. Это чем-то напоминает картину взрыва, поэтому в астрофизике часто используется термин «большой взрыв». Правда, при взрыве вещество расширяется из изначального состояния покоя, а во Вселенной не было «покоя». Но, начиная с какого-то мгновения расширения, картины схожи. Так вот сейчас в рамках так называемой теории «горячей Вселенной» ученые могут совершать путешествие в прошлое и довольно уверенно проследить все этапы

«большого взрыва», начиная от нескольких миллисекунд после его условного «старта».

Открытие с помощью радиотелескопов коротковолнового радиоизлучения экспериментально подтвердило представления современной науки о прошлом Вселенной. Дело в том, что электромагнитное излучение горячих стадий Вселенной должно было к нашим дням превратиться в равномерное радиоизлучение неба, соответствующее «свечению» вещества с температурой всего примерно на три градуса выше абсолютного нуля.

Оно-то и было обнаружено, подтвердив справедливость теории горячей Вселенной» [1]. Я.Б.Зельдович поясняет: «Изучение радиоизлучения, заполняющего Вселенную, привело к выводу, что когда-то не было ни звезд, ни галактик, ни тем более планет. Все пространство было заполнено горячей плазмой — смесью электронов, ядер водорода и гелия — и излучением (фотонами).

В ходе охлаждения и расширения Вселенной менялись свойства излучения, оно приобрело форму радиоволн... В дальнейшем электроны и ядра соединялись в атомы, атомы — в облака газа, а затем и в отдельные звезды. Перед астрофизиками предстала грандиозная общая картина возникновение мира...» [7].

Последние годы жизни ученого были отданы теоретической астрофизике и космологии. Им получены важные результаты по теории «черных дыр» и нейтронных звезд, образованию структуры Вселенной, теории реликтового излучения. Работами Я.Б.Зельдовича и его школы была создана ветвь астрофизики — релятивистская астрофизика.

В 1970 г. на Генеральной ассамблее Международного Астрономического Союза (МАС) академик Я.Б.Зельдович был избран первым Президентом вновь созданной Космологической комиссии.

В академических институтах, во многих институтах промышленности работают на-

учные школы, созданные этим ученым. Долгие годы Яков Борисович читал лекции студентам МГУ, руководил аспирантами. Его монографии стали учебниками, а многие из полученных им результатов признаны классическими.

Академик А.Д.Сахаров, вспоминая Якова Борисовича, говорил: «Он сыграл большую роль в моей научно-изобретательской работе в 50-х годах, еще большую — в научно-теоретической работе 60-х годов» [8, с. 153]. И еще А.Д.Сахаров о Я.Б.Зельдовиче говорил так: «Он был выдающимся физиком и поистине уникальным по широте своих интересов. Открытие деления урана изменило судьбу Зельдовича, как и судьбы многих ученых, на годы вперед — в более широком смысле они изменили судьбы всех нас. Зельдович крайне не одобрял мою общественную деятельность, которая раздражала и даже пугала его...» [9]. Яков Борисович к Сахарову «относился как к уникальному явлению природы. И в официальных кампаниях осуждения Сахарова, в отличие от ряда других академиков, Зельдович участия не принимал» [9].

Заслуженный изобретатель РСФСР, лауреат Ленинской и четырех Сталинских премий, Герой Социалистического Труда В.А.Цукерман рассказывает: «На совещании, посвященном решению сложной технической проблемы, долго не могли найти решения. Предложения выступающих отвергались одно за другим. Но вот появился Яков Борисович. На доске возникла цепочка формул, и за считанные минуты задача была решена. Это было похоже на колдовство...

Влияние Якова Борисовича на учеников и окружающих было поразительным. В них зачастую раскрывались способности к плодотворному творчеству, которые без этого не могли бы реализоваться или реализовались бы не полностью». «Яков Борисович в науке — человек огромной жадности (в хорошем смысле слова) и в то же время абсолютной честности, самокритичный, готовый признать свою ошибку, правоту или авторство

другого. Он по-детски радовался, когда ему удавалось сделать что-то существенное или преодолеть методическую трудность красивым приемом, и глубоко переживал неудачи и ошибки. По большому счету, в отношении науки он был скромным человеком...» [10, с. 117–118].

В статье, посвященной шестидесятилетию Зельдовича, его друзья и ученики писали: «...трудно также найти такого ученого, который так охотно делился бы с другими богатством своих идей, как это делал Яков Борисович. Точно так же трудно найти человека, который относился бы с таким энтузиазмом и благожелательностью к чужим идеям, как Я.Б.Зельдович». «Деловой, научный стиль работы Якова Борисовича неотделим от его прекрасных душевных качеств: простоты, демократизма, ненависти к болтовне и лени, умения терпеливо объяснить вопрос, большой человеческой чуткости» [6, с. 534].

Равноправие — вот главный принцип в его отношениях со своими учениками. Яков Борисович вставал рано и считал, «что только лентяи спят по утрам, — это же самое плодотворное время для работы!» [11, с. 94]. После утренней физзарядки на балконе своего дома Зельдович «заходил» на целый день. Энергичного отношения к делу он требовал и от своих учеников.

Как-то один из корреспондентов спросил у Зельдовича: «Есть у Вас увлечения кроме науки?». Яков Борисович ответил: «В какой-то мере привлечение к науке и обучение ее методам близких мне людей» [1]. Да, у Зельдовичей сложился «домашний клан» физиков. «Жена его Варвара Павловна Константинова была физиком-экспериментатором. Они познакомились еще в Ленинграде в Институте химической физики. В Москве она работала в Институте кристаллографии. Дети — сын, две дочери — тоже выросли физиками. Кончили физфак МГУ, пережились на физиках и физичках. Так и образовался «домашний клан» [11, с. 95]. Отвечая на поставленный журналистом вопрос,

Яков Борисович добавил: «Пожалуй, еще плавание и водные лыжи. Я увлекся этим видом спорта первым у нас в лаборатории и, кажется, «заразил» остальных» [1]. Когда же корреспондент спросил: «Какие качества Вы особенно цените в людях?», Зельдович сказал: «Порядочность в широком смысле этого слова (включая отчетливое понимание и оценку своих возможностей, знаний)». А на вопрос «Что такое, по-вашему, счастье?» Яков Борисович ответил: «Мне запомнилось, как мудро и просто сказал о счастье Хикмет: «Хорошо, когда утром хочется идти на работу, а вечером идти домой» [1].

Преданность науке, доброжелательность, чуткость снискали Я.Б.Зельдовичу заслуженный авторитет и уважение коллег. Он был избран членом более десяти иностранных научных обществ и академий. Признание его как великого ученого в мировой научной элите очевидно. Яков Борисович Зельдович умер 3 декабря 1987 г.

Литература

1. Академик Зельдович. Познание — бесконечно// Известия. — 1984. — 6 ноября.
2. Академик Зельдович// Неделя. — 1977. — № 30.
3. Корякин Ю. Биография атома. — М.: Атомиздат, 1961.
4. Зельдович Я., Харитон Ю. Использование внутриатомной энергии// Вестник знаний. — 1940. — № 4–5.
5. Конюшая Ю. Открытия советских ученых. — М.: Московский рабочий, 1979.
6. Понтекорво Б. и др. Яков Борисович Зельдович. — 1974. — Т. 112. — Вып. 3.
7. Зельдович Я. Собственная жизнь идей// Литературная газета. — 1972. — 9 февраля.
8. Сахаров А. Воспоминания// Знамя. — 1990. — № 11.
9. Кауров Э. Три декабря Якова Зельдовича// Независимая газета. — 1996. — 24 декабря.
10. Цукерман В., Азарх З. Люди и взрывы. — 1990. — № 11.
11. Коновалов Б. Горение// Сб. Счастье творческих побед. — М.: Политиздат, 1979.



ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

Итоги ЕГЭ-2009 кого-то из учителей приятно порадовали, кого-то огорчили, но всем доказали, что данная форма экзаменов требует тщательной и долговременной подготовки. Особенно это актуально для тех, кто в этом учебном году впервые начинает эту непростую работу.

Редакция журнала приготовила несколько статей, от теоретических исследований и аналитических материалов до кратких практических советов, которые станут для некоторых только подтверждением того, что они на верном пути, а для начинающих — указанием, как создать свою собственную систему подготовки к ЕГЭ.

ЗАДАНИЯ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.А.Чижов (Москва, МГУ)

Единый государственный экзамен — одна из форм независимого контроля знаний выпускников школ — в настоящее время заменил и итоговые выпускные экзамены, и вступительные экзамены. Как и любая форма контроля, он имеет и свои положительные сильные стороны, и свои недостатки. Как и все новое, он входит в жизнь с известными трудностями, но, сосредоточившись на критике недостатков, нельзя не замечать и несомненных достоинств этой формы контроля. К сожалению, критика недостатков в настоящее время преобладает. Складывается впечатление, что СМИ считают «хорошим тоном» критиковать ЕГЭ, а на обсуждение достоинств наложено определенное табу.

Но в настоящее время жизненно необходимо обсуждение всего спектра проблем. Фактически впервые за многие годы широко обсуждается не только определенная форма контроля, но само содержание и суть образовательной политики, перспективы развития системы образования. Устанавливая определенную планку, сформулированную в стандартах образования, единая система

контроля позволяет выявить реальные достижения, проблемные области и наметить пути качественного улучшения образования. А от того, насколько успешно развивается система образования, во многом зависят перспективы развития всей страны, ее будущее. Ведь речь идет о формировании мировоззрения будущих поколений.

К сожалению, дискуссии относительно ЕГЭ идут, в основном, по теме противостояния коррупции. Популярно также обсуждение «проблемы несчастных случаев», когда «талантливые» молодые люди, «растерявшись», не сумели раскрыть все свои способности, отвечая на «примитивные» тестовые вопросы. Да и как это можно сделать, если ЕГЭ, по мнению критиков, стимулирует лишь механическую зубрежку, стимулируя «натаскивание» учащихся на запоминание примитивных стандартных ответов?

При этом обычно забывают, что контрольно-измерительные материалы (КИМы) не представлены исключительно тестовыми вопросами с выбором ответов. В частности, в КИМах по физике содержится лишь немногим более половины вопросов с

выбором ответа. А другая часть этих материалов — полноценные задачи, с кратким или развернутым ответом, аналогичные привычным задачам школьных учебников или сборников задач. Но и задачи с выбором ответа далеко не так просты, как это представляется на первый взгляд. Кроме довольно простых задач этого типа, контролирующих усвоение терминологии, в КИМах присутствуют и расчетные задачи, и задания, требующие достаточно глубоких знаний и серьезных навыков.

Целью представленной статьи является обсуждение некоторых позитивных аспектов, которые открывает использование КИМов по физике. Основные примеры взяты из сборников заданий ЕГЭ, рекомендованных ФИПИ и опубликованных в 2009 г. Отметим вначале очевидные достоинства единой системы — возможность получения сравнимой для всех регионов страны независимой оценки — от учителей, которые готовят своих питомцев к экзамену, от регионов, где эта оценка проводится. Совершенно очевидно, что контроль знаний «на выходе», как и контроль любой продукции, должен быть именно единым и именно независимым. Ведь если мы хотим быть единым народом, то у нас должно быть единое культурное пространство, а система образования должна его формировать. Контроль над этим процессом и осуществляется при помощи единого государственного экзамена.

Физико-математический цикл в современной культуре

Чрезвычайно важную роль в процессе формирования культурного пространства играет естественнонаучный цикл. И физика является ключевым предметом, составляя с математикой единый комплекс физико-математических наук. Внутри этого комплекса в течение последних трех столетий сформировался эффективный метод познания окружающей действительности, который мы обычно и отождествляем с научным подходом. К сожалению, в последнее

время роль физики как элемента культуры зачастую недооценивается. В СМИ часто противопоставляется естественнонаучное и гуманитарное образование, хотя серьезных оснований для такого противопоставления не существует, во всяком случае на базовом уровне. Отличия, возникающие позже при выборе той или иной профессии, обусловлены уже специальными знаниями и соответствующей методикой, поэтому они относятся не к культуре, а к профессиональным навыкам.

Каковы же основные черты научного подхода, которые должны быть усвоены любым культурным человеком, а следовательно, составлять содержание учебных программ и контролироваться КИМами?

Научный подход является одним из наиболее мощных методов познания окружающей действительности, сформировавшимся, в основных чертах, в процессе изучения природы. Он включает в себя построение определенных моделей изучаемых предметов и явлений, формирование на их базе системы основных понятий и установление связей между ними — основных закономерностей.

Важнейшую роль в физико-математическом описании играет процесс измерения, т.е. установления количественных соотношений между сравниваемыми объектами. Получаемые в результате такого процесса *физические величины* используются в дальнейшем при количественном описании. Введение количественных характеристик придает логическим выводам свойства особой точности и достоверности, допуская последующее количественное сравнение их с наблюдениями или экспериментом. Замыкаемая таким образом цепочка «наблюдения — модель — логические выводы — эксперимент» при введении физических величин значительно повышает достоверность описания изучаемых явлений, что позволяет строить развитую теорию, устанавливая связи между самыми разными явлениями окружающей действительности.

Роль математики при этом не ограничивается только вычислениями значений физических величин по определенным формулам. Математика входит в научное описание как способ построения умозаключений, т.е. как один из важнейших инструментов логики. Именно доказательная сила математических построений, а не игра в формулы является стержнем физико-математического описания. Основы такого подхода были заложены в знаменитом труде И. Ньютона «Математические начала натуральной философии», в котором и были сформулированы известные физические законы и продемонстрировано их применение для решения конкретных задач. Обращает внимание необычайно точное название основного труда Ньютона, подчеркивающего, что физика — это не набор определенных рецептов или описаний каких-то конкретных правил, но один из разделов философии, который требует высокой культуры мышления и характеризуется математически строгими методами доказательств. Примечательно, что Ньютон сформулировал в своей работе известные «правила умозаключений», которых необходимо придерживаться в процессе познания. К сожалению, изучение этих простых правил не входит в действующую школьную программу по физике, хотя знание этих правил и умение применять их в конкретных задачах принесли бы несомненную пользу и ученикам, и педагогам.

За прошедшие после работ Ньютона три столетия в физико-математических дисциплинах сформировался весьма разнообразный аппарат, отличающийся методами и подходами, но имеющий общие черты.

Представление информации в физике

Одной из важнейших отличительных особенностей является широкое (и равноправное) использование различных форм представления информации — *вербальной* (словесной), *графической*, использующей

изобразительные средства (рисунки, графики, схемы), и *аналитической*, оперирующей различными формулами и математическими соотношениями. Для современного научного подхода стало нормой свободное владение этими тремя основными языками описания.

Вербальная форма реализуется при помощи особого научного языка, насыщенного специальной терминологией. Введение специальных терминов, исключая двусмысленность и неясность описания, позволяет строить точные логически непротиворечивые модели и устанавливать строгие правила работы с ними (физические законы и следствия). Следует особо подчеркнуть, что модели выделяют только наиболее важные свойства исследуемых объектов, поэтому их применение *всегда ограничено жесткими рамками определенных условий*. Например, второй закон Ньютона применим только для материальных точек и только в инерциальной системе отсчета (ИСО), закон сохранения импульса системы точек применим только в ИСО и только для замкнутой системы точек (т.е. такой системы материальных точек, на которую внешние силы действуют, но их сумма равна нулю). Применение закона сохранения механической энергии системы еще сложнее: требуется выбрать ИСО и проследить, чтобы все силы, действующие на точки системы, как внешние, так и внутренние, были потенциальными и не зависели явно от времени («консервативные силы»). При этом особенно «коварными» являются силы реакции со стороны твердых поверхностей, например наклонной плоскости. Дело в том, что работа силы зависит от выбора системы отсчета, а заранее силы реакции неизвестны, поэтому на практике удается применить закон сохранения энергии в таких задачах не в произвольной инерциальной системе, а только в такой, где эта работа равна нулю. Ограниченная область применимости физических законов заставляет нас в обязательном порядке обосновывать возможность их исполь-

зования в каждом конкретном случае. Это следует учитывать при решении тестовых задач с развернутым ответом (часть С).

Важнейшим требованием к вербальной форме является доказательность изложения. Нельзя при решении задач просто перечислить примененные законы и выписать ответ. Необходимо привести всю цепочку рассуждений. Это требование связано с одним из важнейших требований к научному описанию: результат не должен зависеть от личности исследователя, его вкусов и предпочтений. Поэтому научное описание предполагает, что решение любой задачи может (и должно) быть получено разными методами. Например, задача механики о соскальзывании тела с наклонной плоскости может быть решена либо с помощью непосредственного применения второго закона Ньютона, либо при помощи теоремы (закона) изменения и сохранения энергии. Причем в последнем случае также допускается неоднозначность. Для скольжения по гладкой плоскости можно применить закон сохранения полной механической энергии (суммы кинетической и потенциальной энергии в поле тяжести), а можно использовать теорему об изменении кинетической энергии под действием приложенных сил. Выбор того или иного способа решения задачи определяется вкусами и предпочтениями экзаменуемого и не регламентируется.

Общие требования к умению сформулировать свои мысли и связно изложить их понятным для окружающих языком входят в систему требований при оценке задач с развернутым ответом. Выбор способа решения задачи тесно связан с выбором системы аргументации, которая задает определенную композицию решения, расстановку акцентов и далеко не всегда основывается только на формально-логических построениях. При решении задач допускается использование аналогий, редукции задачи. Таким образом, наличие определенных риторических навыков у тестируемого также является предметом контроля заданий ЕГЭ

по физике, хотя и не оценивается непосредственно в баллах.

Другим важнейшим элементом описания является **графическое представление информации**. Здесь имеется в виду определенный набор приемов и методов представления информации в виде рисунков, чертежей, графиков, схем и т.д. В физике применяется очень большой арсенал таких средств. К простейшим из них относятся графики функций физических величин, отражающих определенные зависимости, например, зависимость давления разреженного газа от температуры при постоянном давлении, зависимость координаты точки от времени, зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного напряжения и т.п. Как показывает опыт, значительная часть учащихся весьма слабо ориентируется в графической информации такого типа. Далеко не все учащиеся могут определить участки роста или убывания функции, быстро указать точки экстремума. Еще хуже складывается ситуация, когда необходимо рассматривать зависимость графиков от параметров, например, характер изменения графика зависимости давления от температуры при изменении объема, занимаемого газом. А такие задачи весьма важны для анализа явлений, для выбора оптимальных параметров.

Важно уметь строить принципиальные схемы при решении задач по электричеству, графики хода лучей в геометрической оптике. А решение задач механики без изображения картины расположения тел, указания системы отсчета и векторов сил вообще невозможно, поскольку уравнения движения «списываются» непосредственно с рисунка, обеспечивая правильный выбор знаков в уравнениях.

Особое место занимает графическое изображение взаимодействий тел в теории электричества и магнетизма, где существуют строгие правила изображения полей. В ряде случаев, например в электростатике, графическое изображение полей при помо-

щи линий поля (силовых линий), позволяет получить достаточно точную и информативную картину, существенно облегчающую последующее аналитическое описание. Уместно вспомнить, что именно картина силовых линий М. Фарадея привела к открытию закона индукции, а развитие этого подхода Дж. Максвеллом послужило мощным толчком к формулировке законов электродинамики на языке «уравнений Максвелла». И в настоящее время представление о линиях поля является мощным эвристическим аппаратом. Например, возможность быстрого возникновения магнитных полей звезд была впервые обоснована на языке силовых линий.

Графическое представление информации чрезвычайно широко распространено в физике, технике и постепенно проникает в гуманитарные сферы. К сожалению, до последнего времени в школьной программе этому аспекту уделялось неоправданно мало времени.

Значительная часть учителей и сегодня продолжают обучать физике, решая задачи «методом подстановки в формулы». Отметим, что такой подход не имеет ничего общего с изучением физики как модели научного описания. Достоинства графического описания — его простота и наглядность, высокая «гибкость», возможность быстро выявить и устранить ошибки и противоречия в рассуждениях.

Любой метод, в том числе и графический, требует определенной последовательности действий при его применении. Подавляющее большинство художников классического направления, приступая к работе над картиной, определяли общую композицию, выполняя наброски, эскизы и т.д. И только после этого приступали к проработке деталей картины. Трудно представить себе художника, начавшего писать портрет с детальной проработки глаза или носа, а затем постепенно «пририсовывающего» к нему другие части лица. Роль эскиза, определяющего композицию, положение существен-

ных и второстепенных деталей при решении физических задач обычно выполняют схемы, рисунки, графики. Они подсказывают возможные способы рассуждений, легко могут быть исправлены в случае выявления каких-либо ошибок и служат хорошей основой для дальнейшего уточнения решения, в том числе с применением аналитических методов представления информации в виде определенных уравнений или неравенств.

Важность графических методов настолько велика, что следует рекомендовать начинать решение любой задачи по физике с рисунка, графика или схемы, предвещающих дальнейшие вычисления. Это заставит учащихся проводить анализ физической системы и добиваться понимания особенностей ее поведения, не прибегая к аналитическому описанию при помощи формул, что очень важно для развития творческих способностей. Развитие таких умений важно и в практическом плане, поскольку в подавляющем большинстве ситуаций требуется определение лишь общих тенденций поведения физической системы, называемое качественным исследованием. Такой подход к решению задач рекомендовал и один из крупнейших физиков XX в. Дж. Уилер, сформулировав знаменитое «золотое правило»: «Никогда не начинайте решать задачу до тех пор, пока Вы не знаете ответа».

Аналитическое описание является наиболее точным и универсальным способом представления информации в физике. В элементарной физике используются, главным образом, алгебраические уравнения и неравенства, содержащие элементарные функции (включая тригонометрические). Этот подход позволяет проводить подробное исследование явлений, устанавливая связи между *физическими величинами*, описывающими его. Благодаря аналитическому описанию физика в своем развитии существенно опередила другие науки, став определенной моделью для подражания.

Широкое использование аналитических методов описания, часто отождествляемых

с математикой в целом, породило представление о математике как о «царице наук», которая дает в руки посвященных некоторый «золотой ключик», легко открывающий любую дверь в царство знания. Такая позиция нашла свое отражение в известном высказывании И. Канта: «В каждом знании столько истины, сколько математики».

Но аналитические методы имеют и серьезные недостатки, непосредственно вытекающие из их преимуществ. Высокая точность и достоверность результатов в аналитическом описании достигаются за счет чрезвычайно громоздкого аппарата, обеспечивающего детальное описание. Работа с таким аппаратом невероятно трудна и требует высокой квалификации. Логические рассуждения, выраженные в аналитической форме, находят свое отражение в длинных цепочках математических преобразований, где любая техническая ошибка (потеря знака, пропущенное слагаемое) гарантированно приводит к неверным результатам. Результаты, представленные в аналитической форме, обладают недостаточной степенью наглядности и требуют больших усилий и специальной подготовки для их интерпретации.

Излишняя детализация часто только вредит делу, затрудняя построение общей картины и ее анализ. При этом подробнейшая информация, получаемая с большим трудом, в большинстве случаев оказывается невостребованной. Детальное аналитическое описание часто приходит в противоречие с самой сутью научного метода, использующего модельный подход. Ведь сама модель уже подразумевает приближенный характер описания, игнорирующий второстепенные детали. И только в редчайших случаях детальное поведение именно модели, а не изучаемого объекта, имеет самостоятельный интерес. Акцентированное применение аналитического описания часто приводит к принципиальной гносеологической ошибке — отождествлению свойств модели и изучаемого явления. Почти любой учащийся скажет, что в поле тяжести те-

ло движется по параболе. И при этом едва ли не каждый день учащиеся видят полет теннисного или футбольного мяча, полет птицы и самолета.

К сожалению, значительная часть преподавателей до сих пор акцентирует внимание именно на аналитическом методе. Это приводит к возникновению у учащихся ошибочного представления о физике как наборе огромного числа формул и рецептов, которые следует запомнить и удачно применить при «решении» задач. А сам процесс решения задач представляется не как цепочка логических рассуждений, основанных на известных законах, а как подстановка в нужную формулу нужных значений величин, заданных условиями задачи. Надо отметить, что распространению таких представлений о физике до некоторой степени способствовали многочисленные сборники задач, ориентирующиеся именно на аналитическое описание.

Очевидно, что только гармоничное сочетание всех трех способов представления информации обеспечивает эффективное описание явлений с надлежащей строгостью и точностью. Поэтому при изучении физики в школе необходимо стремиться к сбалансированности способов описания, не отдавая предпочтение ни одному из них. Конечно, на практике соблюсти такой подход очень сложно. Трудно представить себе, например, развитие вербальной формы у учащихся, требующей регулярных выступлений у доски с объяснениями решений задач, теории, докладами по актуальным проблемам, если отведенное учебными планами время фактически этого не предусматривает. Поэтому доказательность изложения материала, а тем более определенные риторические умения — большая редкость не только в физике, но и в других сферах деятельности. Свидетельство тому — многочисленные ток-шоу, предлагающие «обсуждения» разнообразных проблем страны, которые «не страдают» ни точностью формулировок обсуждаемых проблем и используемых при этом понятий, ни

логичностью и доказательностью изложения позиций сторон. А уж о риторических аспектах этих шоу лучше и не упоминать.

В заданиях ЕГЭ все три вида описания представлены достаточно полно и, главное, сбалансировано. В них присутствуют и графическое, и вербальное, и аналитическое описание. Все виды заданий содержат разнообразные задачи как по уровню сложности, так и по характеру работ. Большое внимание уделено переходам от одного вида представления информации к другому, интерпретации аналитической информации в виде графиков, чтению графической информации и некоторым специальным приемам работы с ней. Это выгодно отличает такие задания от большинства сборников задач и пособий, ориентируя и педагогов, и учащихся на изучение всего арсенала современных перспективных способов научного описания. Таким образом, ЕГЭ может являться мощным инструментом развития образования в стране, стимулирующим повышение его уровня.

Однако этим не исчерпывается позитивный потенциал ЕГЭ. Существенную роль введение ЕГЭ может оказывать и на формирование у учащихся ответственного отношения к делу, к конечному результату своего труда. Письменная форма работы однозначно фиксирует достигнутые результаты, практически исключая возможные ошибки при их интерпретации. Проверка по конечному результату, «подсчет крестиков и ноликов» может помочь справиться с извечной русской проблемой — необходимостью исполнения, низким качеством конечного продукта. Технологические успехи развитых и развивающихся стран достигаются во многом благодаря выработанной личной ответственности исполнителя за конечный результат. Мы ценим иностранную продукцию за высокую надежность, за то, что в этой продукции гарантированно все винтики будут на месте, а гаечки будут за-

вернуты, как надо. При этом не так уж и важно, насколько гениальными были идеи, положенные в основу функционирования той или иной машины или прибора.

Можно надеяться, что введение ЕГЭ, учитывающего только конечный результат и не принимающего в расчет «наполовину решенные» задачи, будет способствовать искоренению всеобщей расхлябанности, что в итоге положительно скажется на развитии всех сторон общественной жизни.

КИМы и культура

Рассмотрим подробнее, как реализуются различные виды представления информации в заданиях ЕГЭ 2009 г. Ограничимся в этой статье обсуждением заданий с выбором ответа (часть А), поскольку наибольшая часть критических замечаний относится именно к этой форме проверки знаний. Вопреки сложившемуся мнению, эти задачи достаточно разнообразны как по типу, так и по трудности. В простейших случаях проверяется знание терминологии, основных понятий и законов. Возможна проверка формулировок основных физических законов, области их применимости.

Перейдем к рассмотрению задач.

Задача 1.

Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной. Система отсчета, связанная с автомобилем, тоже будет инерциальной, если автомобиль

- 1) движется равномерно по прямолинейному участку шоссе
- 2) разгоняется по прямолинейному участку шоссе
- 3) движется равномерно по извилистой дороге
- 4) по инерции вкатывается в гору

Строго говоря, формулировка этой задачи не вполне корректна, поэтому и выбор правильного ответа затруднителен. Дело в том, что абсолютных систем отсчета, строго удовлетворяющих определению, не существует.

А определение называет инерциальной такую систему, в которой любая материальная точка, изолированная от всех других тел, движется равномерно и прямолинейно или покоится. Если мы считаем систему отсчета, связанную с Землей, инерциальной, то допускаем определенную погрешность, которая не существенна для данного типа задач. А вот тип задач не указан. Если мы любуемся видом звездного неба сравнительно недолго и не успеваем заметить, что относительно Земли звезды движутся по окружностям, то такая система действительно является инерциальной. Если же ночная прогулка затягивается так, что мы успеваем это заметить, то система перестает быть инерциальной. Находясь в автомобиле, мы почти наверняка сумеем заметить неравномерность в движении удаленных звезд, что и будет свидетельствовать о неинерциальности системы, связанной с автомобилем в ответах 2, 3 и 4.

Но как обстоят дела, если мы наблюдаем падение метеора? За время его падения мы не успеем отметить движение звезд ни по отношению к Земле, ни по отношению к движущемуся автомобилю, по какому бы шоссе он не двигался. В этом случае любая из перечисленных систем отсчета будет инерциальной.

К сожалению, это дополнительное условие (конкретизация задачи) не оговорено в тексте задания. Но ответ 1 считается верным потому, что в подавляющем большинстве задач, рассматриваемых в курсе элементарной физики (движение бруска по наклонной плоскости, грузов на нити, колебания маятника), время наблюдения и точность школьного оборудования позволяют заметить неинерциальность систем, перечисленных в пп. 2, 3, 4. А система тестов строится на основе именно школьных задач и заданий.

Задача 2.

Ток в металлах создается движением

- 1) только электронов

- 2) только положительных ионов
- 3) отрицательных и положительных ионов
- 4) только отрицательных ионов

Задача 3.

Излучение лазера — это

- 1) тепловое излучение
- 2) вынужденное излучение
- 3) спонтанное (самопроизвольное) излучение
- 4) люминесценция

Комментарии к этим задачам не требуются. Здесь проверяется знание терминологии, необходимой современному человеку. Стоит, правда, заметить, что указанные задания были бы совершенно тривиальны, если бы не требуемый объем этой терминологии. Как показывают исследования, в школьном курсе физики используется, по разным оценкам, от 2 до 3 тысяч основных терминов. И хотя многие из них распространены и в быту, такой объем представляет серьезные проблемы для учащихся, особенно если учесть требования к точности используемых терминов.

Кроме знания терминологии может потребоваться знание принятых сокращений или специальных обозначений, а также определенных законов сохранения. Примером служат следующие задачи.

Задача 4.

В реакции радиоактивного превращения ядра ${}_{19}^{40}\text{K}$ в ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ вылетает одна частица с массой покоя, не равной нулю. Это

- 1) нейтрон
- 2) позитрон
- 3) протон
- 4) электрон

Здесь нужно знать не только принятую для ядер атомов систему обозначений, включающую название химического элемента, заряда ядра (в нижней части) и числа нуклонов (в верхней части), но и законы сохранения, действующие в реакциях ядерных превращений. В рассматриваемой реак-

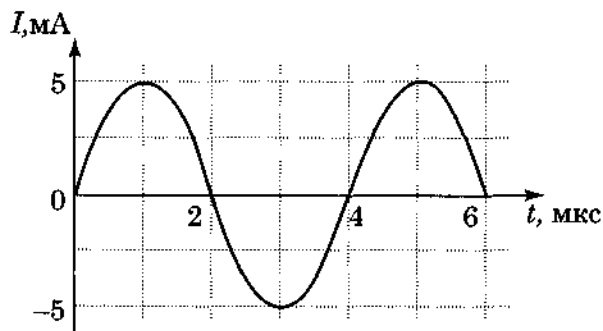
ции распада ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{20}^{40}\text{Ca} + {}_a^b\text{X} + \dots$, где ${}_a^b\text{X}$ — вылетевшая массивная частица, а многоточием обозначены возможные безмассовые частицы, законы сохранения электрического заряда и числа нуклонов дают систему уравнений для определения неизвестных чисел a и b : $a + 20 = 19$, $b + 19 = 19$, откуда $a = -1$, $b = 0$, т.е. вылетевшая частица не является нуклоном (протоном или нейтроном) и имеет заряд -1 . Из представленного списка частиц этими свойствами обладает электрон.

Широко представлены в КИМах задачи, связанные с графической информацией. Здесь необходимо умение читать электрические схемы, определять значения физических величин по графикам функций, знание свойств физических величин и их графическое изображение. Примеры этих задач приводятся ниже.

Задача 5.

На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если емкость конденсатора увеличить в 4 раза, то период собственных колебаний контура станет равным

- 1) 2 мкс
- 2) 4 мкс
- 3) 8 мкс
- 4) 16 мкс



Первая часть работы — определение по графику силы тока периода колебаний контура — минимального времени между двумя одинаковыми состояниями системы. Со-

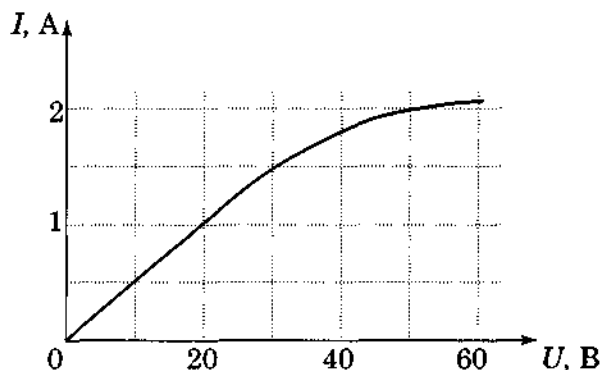
стояние определяется не только значением силы тока в контуре, но и скоростью его изменения. Следовательно, период колебаний силы тока — 4 с. Знание формулы Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$, связывающей период электрических колебаний в контуре с его параметрами (индуктивностью и емкостью), позволяет дать ответ $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = 2$. Здесь индексы

1 и 2 относятся к исходной системе и системе после изменения, соответственно.

Задача 6.

На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от приложенного к ней напряжения. При напряжении 30 В мощность тока в ней равна

- 1) 135 Вт
- 2) 67,5 Вт
- 3) 45 Вт
- 4) 20 Вт



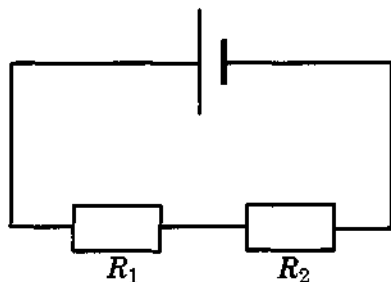
Как и в предыдущей задаче, вначале проверяется умение читать графики. Попутно ставится цель — описание ситуации, максимально близкой к реальности, поскольку рассматривается вольтамперная характеристика знакомой всем лампы накаливания. Ее особенностью является нелинейная зависимость силы тока от напряжения, что зачастую не учитывается в обычных школьных задачах. С помощью графика можно определить силу тока при заданном напряжении 30 В: $I = 1,5$ А. Следующий шаг — проверка знания термино-

логии (мощность тока) и умения использовать соответствующие формулы для расчета требуемой физической величины. Первый вопрос, который должен решить для себя учащийся, — это возможность применимости известных формул расчета мощности. Затем требуется выбрать наиболее удобную для применения в данном случае формулу. Из трех выражений для мощности тока $P = I^2 R = IU = \frac{U^2}{R}$ в данном случае можно применить только вторую, поскольку сопротивление проводника не только не задано, но и зависит от его температуры, а значит, от силы тока. Отсюда $P = IU = 45 \text{ Вт}$.

Задача 7.

В электрической цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов равны $R_1 = 20 \text{ Ом}$ и $R_2 = 30 \text{ Ом}$. Отношение выделяющихся на них мощностей $\frac{P_2}{P_1}$ равно

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 1,75
- 4) 1,5



В изображенной на рисунке простейшей цепочке, содержащей последовательно соединенные резисторы, ток через них одинаков. Применяя формулу для расчета мощности $P = I^2 R$, нетрудно определить искомое отношение: $\frac{P_2}{P_1} = \frac{I^2 R_2}{I^2 R_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3}{2} = 1,5$.

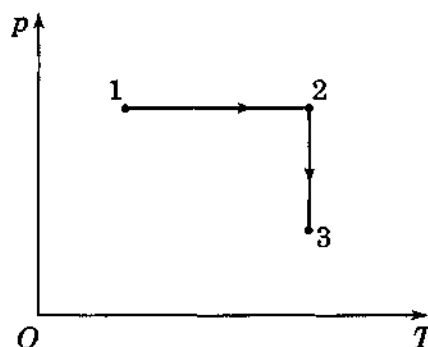
В часть А включаются и более сложные задачи, требующие не только считать с графиков значения изображенных на них физических величин, но и устанавливать

более сложные связи, используя соответствующие физические законы. Этот тип задания иллюстрируется следующим примером.

Задача 8.

Постоянная масса идеального газа участвует в процессе, показанном на рисунке. Наименьший объем газ имеет

- 1) в точке 1
- 2) на всем отрезке 1–2
- 3) в точке 3
- 4) на всем отрезке 2–3



Здесь для ответа на поставленный вопрос необходимо воспользоваться уравнением Клапейрона–Менделеева, связывающим температуру и давление газа с его объемом: $pV = \nu RT$, из которого следует, что объем постоянной массы газа пропорционален отношению его температуры к давлению $V \sim \frac{T}{p}$. Дробь достигает минимума, если ее

числитель минимален, а знаменатель максимален. Таким образом, искомая точка на графике определяется условиями $T = T_{\min}$, $p = p_{\max}$, которым удовлетворяет единственная точка 1.

Часто противники введения ЕГЭ утверждают, что задания с выбором ответа слишком примитивны и принципиально не могут контролировать творческие способности. Подобные утверждения свидетельствуют лишь о слабом знании критиками фактического материала. В настоящее время используется широкий диапазон задач с выбором ответа, различающегося не только формой

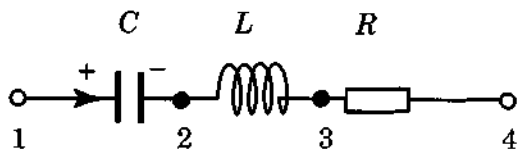
представления материала, но и степенью трудности. Примером является следующая задача повышенной сложности.

Задача 9.

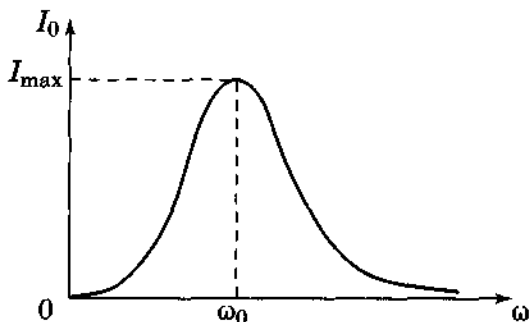
Последовательно соединены конденсатор, катушка индуктивности и резистор. Если при неизменной частоте и амплитуде колебания напряжения на концах цепи увеличивать емкость конденсатора от 0 до ∞ , то амплитуда колебаний силы тока в цепи будет

- 1) монотонно убывать
- 2) монотонно возрастать
- 3) сначала возрастать, а затем убывать
- 4) сначала убывать, а затем возрастать

Изобразим вначале принципиальную схему цепи, описанной в условии задачи, отметив точки соединения элементов цепи 2 и 3, и точки 1 и 4, напряжение между которыми U задано условием задачи.



На первый взгляд задача кажется простой — если догадаться о существовании резонанса. Хорошо известна зависимость амплитуды тока I_0 от частоты колебаний ω при постоянной амплитуде приложенного напряжения U_0 — резонансная кривая, представленная на рисунке.



Но прямое использование этого результата невозможно, поскольку в задаче стоит вопрос о зависимости амплитуды тока не от частоты приложенного напряжения, а

от емкости конденсатора. Конечно, связь между частотой свободных колебаний ω_0 и параметрами колебательного контура школьникам должна быть известна:

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Но выражение для зависимости амплитуды тока от параметров контура

$$I_0(C) = \frac{U_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2 + R^2}}$$

обычно не рас-

сматривается в элементарных курсах физики. Да и анализ этой зависимости может быть достаточно трудоемким.

Едва ли можно рассчитывать на самостоятельное получение учащимися такого выражения, поскольку даже составление уравнения

$$U(t) = \frac{q(t)}{C} + LI(t) + RI(t),$$

связывающего силу тока в контуре и приложенное напряжение, оказывается весьма нетривиальным.

Теперь задача оказалась чрезмерно сложной. Конечно, это выражение может быть получено на базе программных формул: $U_C = \frac{q}{C}$, закона Ома для участка цепи

$U_R = RI$ и ЭДС индукции $\mathcal{E} = -L\dot{I}$. Тогда применение закона Ома для участка цепи, содержащего ЭДС, как раз и приведет к этому выражению.

Но для применения закона Ома важно еще установить связь между силой тока и изменением заряда конденсатора, не перепутав знаки. При указанных на рисунке знаках зарядов пластин и выбранном направлении тока эта связь имеет вид: $I = +\dot{q}$. Только после этого можно воспользоваться приведенным уравнением для определения связи между амплитудой силы тока и амплитудой приложенного напряжения при гармонических колебаниях.

Как видно, данный путь решения явно превышает возможности школьников на эк-

замене. Это произошло из-за того, что мы применили прямой аналитический метод, детально описывающий процессы в цепи. Перегруженный ненужной информацией, он оказывается слишком громоздким.

В электротехнике для решения таких задач применяется более простой и наглядный метод векторных диаграмм. Но его изучение выходит за рамки школьной программы, и он опять-таки страдает избыточностью информации.

Поскольку полный анализ не нужен, можно попытаться решить эту задачу, применяя известный в физике прием — метод редукции к более простой системе. В общем случае это сделать трудно, но при некоторых значениях параметров система действительно оказывается проще. Обычно для упрощения рассматриваются предельные значения параметров, например, поведение при очень малых значениях емкости $C \rightarrow 0$ или при очень больших ее значениях $C \rightarrow \infty$.

Следует, однако, отметить, что предельные математические выражения, записанные выше, физически бессмысленны, хотя в математике весьма распространены. Правильная физическая интерпретация их возможна лишь тогда, когда мы вспоминаем, что имеем дело с физической величиной, т.е. с числами, полученными в результате сравнения данной емкости с эталонной. При рассмотрении физических процессов, например в контуре, эталоном являются не единицы системы СИ, а такая величина, которая определяет характер интересующего процесса. В нашем случае выражение « $C \rightarrow 0$ » означает, что емкость пренебрежимо мала по сравнению с эталонной, а « $C \rightarrow \infty$ » — что она существенно превосходит эталонную. С чем же сравнивать емкость в данном случае?

В физике существует очень интересный метод подобия и размерных оценок, систематически изучающий приемы сопоставления различных систем. К сожалению, по нынешней программе средней школы он

практически не применяется. В данной задаче особую роль играет поведение системы при резонансе, поэтому и сравнение емкости конденсатора целесообразно проводить с ее резонансным значением $C = C_0$, когда выполняется условие $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$. Тогда фор-

мальные математические выражения будут иметь определенный физический и здравый смысл: малая емкость $C \ll C_0 = \frac{1}{L\omega^2}$,

большая емкость $C \gg C_0 = \frac{1}{L\omega^2}$.

Таким образом, в данной задаче имеется некоторое определяющее значение емкости C_0 , и для его выявления необходимы дополнительные знания о существовании резонанса. Наличие такого знания и проверяется в данном тесте. Но не только знания о явлении резонанса, но и понимание его роли в рассматриваемом процессе. Вот такой сложный комплекс знаний и умений проверяется в такой простой на вид тестовой задаче. Но и это еще не все. Для выбора правильного ответа требуется уметь реконструировать систему и определять ее свойства в различных предельных случаях.

Вернемся к анализируемой задаче и рассмотрим случай очень малой емкости. При этом определение силы тока становится тривиальным. Действительно, что означает физически включение в цепь малой емкости? Если мы включили плоский конденсатор, емкость которого прямо пропорциональна площади пластин S и обратно пропорциональна расстоянию d между ними $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, то можем понизить емкость, уменьшив S до площади поперечного сечения проводника или увеличив d , раздвигая концы проводников. Но полученная конструкция — это разрыв в цепи переменного тока. Ясно, что при разомкнутой цепи амплитуда силы тока равна нулю.

Теперь легко определить, как меняется амплитуда силы тока при увеличении ем-

кости. По определению амплитуда — величина положительная, и она не может стать меньше нуля. Следовательно, она может только возрастать. Этот вывод позволяет отбросить ответы 1 и 4 и сосредоточиться на выборе между 2 и 3, т.е. решить вопрос, является ли рост монотонным? Сам факт существования резонанса, т.е. максимального значения амплитуды тока при резонансном значении емкости C_0 , свидетельствует о немонотонном характере изменения амплитуды при неограниченном увеличении емкости. Таким образом, правильный ответ — 3.

Используя метод редукции, можно изучить изменение амплитуды более подробно, определив, например, максимальное значение амплитуды силы тока при резонансе

$I_{\max} = \frac{U_0}{R}$, а также предельное значение

этой амплитуды при очень большой емкости, которое оказывается отличным от нуля:

$$I_{\infty} = \frac{U_0}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}}.$$

Предоставим возможность решения подобной задачи внимательному читателю.

В этой короткой заметке невозможно рассмотреть то большое количество методов и приемов, которые полезно знать для выполнения всего задания. Поэтому высшая оценка по физике — 100 баллов — большая редкость. Но получение высоких оценок, позволяющих поступить в любой вуз страны, вполне реально. Ведь задачи высокого уровня составляют незначительную часть всего задания, да и уровень их не представляется безмерным, хотя подобные задачи вполне сопоставимы по трудности с задачами олимпиад, проводимых лучшими вузами страны. В этом плане представляется несколько странным противопоставление тестовых заданий олимпиадам при проведении конкурсного отбора. Ясно, что возможности проверки уровня знаний, навыков, умений, изобретательности и творческого подхода в тестовых заданиях неизмеримо

выше. Более того, качество задач повышенной трудности в системе ЕГЭ, пожалуй, выше, чем у олимпиадных, что объясняется, в частности, тщательностью процедуры их подготовки, включающей процедуру многократного рецензирования специалистами высочайшей квалификации, физиками и тестологами.

Кроме того, объем выполняемых заданий значительно больше, чем на олимпиадах, особенно устных. Если стандартная устная олимпиада по физике в МГУ предполагает обычно решение всего двух задач и ответа на два теоретических вопроса, то в ЕГЭ этот объем повышается до 35.

Сравнение олимпиадных задач и заданий с развернутыми ответами из КИМов демонстрирует преимущество последних, поскольку устанавливает жесткие критерии оценки для каждой задачи. А при проверке олимпиадных заданий такие критерии явно не формулируются, поскольку предполагается высокий уровень экспертов, проверяющих эти работы. Но это допускает неоднозначность в трактовке решений и, как следствие, возможный разброс в оценках.

Увеличение объема заданий и его структурирование по видам работ увеличивают и время на подготовку, а это повышает качество ответов в системе ЕГЭ. Ведь простые задания могут быть выполнены подготовленным учеником достаточно быстро, что позволяет оставить солидный резерв времени для решения задач повышенной трудности. При письменном ответе учащийся может вернуться к своему решению для поиска возможных ошибок, что достаточно трудно сделать на устном экзамене.

Многие опасения, высказываемые критиками ЕГЭ, не имеют под собой достаточных оснований. Форма тестирования является для нас относительно новой, поэтому далеко не все ее возможности изучены и использованы. Но она несет в себе значительный потенциал, разумное использование которого не только не разрушит систему образования, но может способствовать ее быстрому

развитию и качественному совершенствованию.

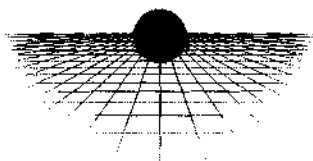
Безусловно, система тестирования в настоящее время не свободна от недостатков, несмотря на, казалось бы, большой срок ее отработки в пробном режиме. Но дело здесь не только и не столько в организационных проблемах. Имеется ряд нерешенных научных проблем, тормозящих эффективное использование тестовых заданий. Одна из таких проблем — лингвистическая. Поскольку тестирование проводится в письменной форме, к заданиям в вербальной форме предъявляются жесткие требования: они должны быть понятными учащимся и не допускать вольностей в трактовке. Но это требует использования определенной нормативной лексики, а значит, соответствующего словаря, фиксирующего физическую терминологию и нормы ее употребления. Это актуально в связи с тем, что в стране действует несколько учебно-методических комплектов, которые, конечно, соответствуют стандартам, однако положение в современной научной терминологии оставляет желать лучшего. Исследования в этом направлении немногочисленны, а их результаты не имеют обязательной силы. Ведь невозможно навязать ученым и специалистам нормы языка. К сожалению, словарь по элементарной физике в настоящее время отсутствует. Хотя вольная трактовка терминов встречается даже в физической энциклопедии, но она недопустима в тестовых заданиях. Достаточно упомянуть в качестве примера использование как синонимов терминов «замкнутая система точек» и «изолированная система точек», хотя эти понятия строго разделены. Изолированной

системой точек называется такая система, на которую внешние силы вообще не действуют, т.е. ни на одну из точек системы не действуют тела, которые к этой системе не отнесены. Замкнутой называется такая система точек, на которые внешние тела действуют, но сумма сил, действующих со стороны внешних тел, равна нулю.

В ситуации, когда терминология бывает размытой, устные экзамены имеют некоторое преимущество, поскольку позволяют «в режиме реального времени» уточнять содержание как вопросов, так и ответов, позволяя избежать неясностей «технического плана». В тестировании же такие неясности однозначно интерпретируются как ошибки. Но работа по составлению эталонного словаря требует времени и не может быть выполнена путем механического просмотра текстов школьных учебников. Начатая академиком РАО Ю.В.Рожественским еще в начале 90-х годов работа по составлению словаря школьной терминологии «Круг знаний» осталась незаконченной, а демократические перемены в образовании, ознаменовавшиеся избытком учебников, только осложнили ситуацию. В настоящее время создан банк заданий, в котором «острые углы» в основном удается обходить. Но для развития полноценной системы тестирования еще многие проблемы предстоит решить. Нет сомнения, что такая форма контроля весьма перспективна и может принести большую пользу на пути развития образования в стране.

Ответы к задачам

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	4	3	3	4	1	3



МОЖНО ЛИ К СДАЧЕ ТЕСТОВ ГОТОВИТЬСЯ ПО САМИМ ТЕСТАМ?

В.А. Орлов, Л.Э. Генденштейн (Москва)

Способ проверки результатов обучения кардинально влияет на сам процесс обучения: ведь учат и учатся так, чтобы успешно выдержать проверку. Например, во времена устных экзаменов по физике учеников заставляли заучивать формулировки так, чтобы «от зубов отскакивало»: это уже гарантировало положительную оценку.

На что же надо обращать внимание при обучении сейчас, когда главной формой проверки результатов обучения стал ЕГЭ? Ответ на этот вопрос очень важен и для учеников, и для учителей.

Мы не беремся дать исчерпывающий ответ на этот важный вопрос в короткой статье. И, более того, уверены, что ни мы, ни кто-то другой не владеет таким «волшебным» знанием — уже хотя бы потому, что истина проверяется только практикой, а ее еще недостаточно. Хотя ЕГЭ по физике и вошел уже в «штатный» режим, но он еще слишком «молод». Тем не менее кое-какие закономерности уже просматриваются. На них мы и хотим обратить внимание читателей.

1. Чем отличаются учебные задания от контролирующих?

В обычной школьной практике нет четкого деления заданий на *учебные* и *контролирующие*. Когда учитель разбирает на доске примеры решения задач или предлагает ученикам выполнить какие-то первые задания по теме, то эти задачи по сути не отличаются от тех, которые потом будут предложены ученикам на самостоятельной или контрольной. Но это — далеко не лучший вариант. И вот почему.

Учебные задания должны составляться в расчете на то, что ученик делает их

впервые. Поэтому надо тщательно выбирать специальные «модельные» ситуации, в которых «выпячивается» то новое, с чем ученик впервые встречается при решении этих задач. Это могут быть новое понятие, новая формула, новый вид взаимосвязи физических величин или явлений. Например, такой задачей может быть нахождение коэффициента трения по заданным силе трения и силе нормального давления.

На выполнение учебных заданий должно отводиться достаточное время. Желательно избегать «принудительного» оценивания выполнения таких заданий, потому что без ошибок обучение невозможно. Стилем таких заданий является доброжелательная поддержка учителем — это и есть «зона ближайшего развития» по Л.С.Выготскому, где обучение наиболее эффективно.

Постепенно учебные задания усложняются, в них появляются «подвохи», требующие не только фактического знания, но и понимания. И здесь тоже важны поддержка учителем, осознанное фиксирование внимания на необычном, непривычном, новом приеме или подходе. Например, тут можно разобрать задачу, главной «изюминкой» которой является понимание того, чем отличается трение скольжения от трения покоя.

Контролирующие же задания имеют совсем другую цель: они должны проверить, выполнял ли ученик подобные задания *ранее* и *понимает* ли он основные закономерности. С этой целью контролирующие задания представляют собой осознанное «наступление на мозоли» — прощупывание «болевых» точек данной темы.

Например, для правильного ответа на поставленный вопрос надо выяснить, имеет

место трение скольжения или трение покоя. Обучать с помощью контролирующих заданий нельзя: эти задания могут показаться ученику «злыми», что может вызвать у него стойкое неприятие к предмету. Кстати, одной из причин неприятия физики у многих учеников как раз и является то, что контролирующие задания не отделяются от учебных.

Задания ЕГЭ составлены опытными методистами именно как *контролирующие* — то есть не в расчете на то, что ученик будет выполнять их *впервые* на самом экзамене, а с целью проверить, выполнял ли он подобные задания *ранее*. Потому-то и отводится так мало времени на выполнение большого числа заданий: ведь это «проверка готовности», а не «подготовка»!

2. «Секреты» подготовки к ЕГЭ

Означает ли сказанное выше, что для подготовки к ЕГЭ надо использовать только учебные задания? Нет! Это означает, что обучение любой темы должно пройти *четыре* этапа:

а) первый учебный, на котором надо забыть о контроле и все внимание уделить обучению;

б) первый контрольный (например, самостоятельные работы), в которых дается достаточно большое число простых заданий,

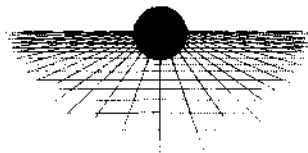
где проверяются фактические знания (без «подвохов»);

в) второй учебный, на котором обращается внимание на типичные «подвохи». Но не с целью создать впечатление, что школьная физика — это намеренная «ловля» на ошибках, а с целью подвести к пониманию основных закономерностей в более сложных и непривычных ситуациях.

Только при этом и возникает настоящее *понимание*, которое без удивления невозможно (или, по крайней мере, не эффективно). Дело в том, что понимание — не начальный, а *завершающий* этап обучения. Особенно хорошо это видно на примере маленьких детей, которые успешно учатся говорить, интуитивно схватывая грамматические закономерности, не уча перед этим никакой грамматики;

г) второй контрольный, на котором дается достаточно большое число заданий, в которых проверяется понимание, уже достигнутое ранее при решении задач с «подвохами».

Можно заметить, что описанные выше 4 этапа в некоторой мере соответствуют 4 уровням сложности заданий. Эту тему, как и некоторые другие вопросы, связанные с подготовкой к ГИА и ЕГЭ, мы планируем развить в следующих публикациях.



О КРИТЕРИЯХ ПРОВЕРКИ ТВОРЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЕГЭ

Е.А. Попкова, З.В. Суворова, Ш.А. Пиралишвили (Рыбинская ГАТА)

В последние годы наметилась негативная тенденция рассогласования уровня подготовки в цепочке «школа — вуз», что не позволяет повысить качество образования.

Исследование методики преподавания в школах города по курсу общей физики, участие в ежегодной проверке части С ЕГЭ по физике, олимпиадных заданий позволяет сделать вывод об отсутствии единого подхода и требований к обучению физике, в том числе решению расчетных и экспериментальных задач.

Учащиеся не умеют правильно анализировать условие задачи, выполнять соответствующий рисунок (половина успеха решения в целом зависит от этих двух этапов), представлять решение задачи в общем виде и делать проверку размерности величин.

Опыт работы со студентами I курса показывает, что уровень «тройки» по физике не соответствует подготовленности к обучению в вузе. Они не видят физической смысл задачи, а пользуются набором формул.

Мы полагаем, что снижение качества обучения связано с уменьшением количества часов, отводимых на изучение физики в средней школе.

ЕГЭ призван беспристрастно оценить уровень знаний школьников. Части А и В позволяют оценить степень базового усвоения курса и не требуют дополнительного образования (факультативов, подготовительных курсов и т.п.). Задания этого уровня должен выполнять каждый школьник, прошедший курс обучения в школе с базовым числом часов. Оценку «отлично» получает учащийся, справившийся с частью С, которая должна раскрывать его творческий потенциал и готовность к обучению в вузе.

Часть С требует творческого подхода к решению задачи, грамотного анализа ис-

следуемой физической ситуации и детального комментария решения.

Основные требования к оформлению и содержанию решения задач, отработанные на протяжении двадцати лет при проведении письменного вступительного экзамена по физике в нашем вузе, соответствуют именно такому пониманию части С: как творческой составляющей, позволяющей раскрыть индивидуальные способности ученика, его умение мыслить и применять на практике полученные знания. Эти требования состоят в следующем:

- обязательным элементом является эскиз, на котором отражена вся информация о задаче — исходные данные, начальные, конечные и граничные условия, величины, которые нужно определить;

- краткая запись условия задачи («ДАНО»);

- анализ исследуемой физической ситуации и выбор пути ее решения с указанием применяемых основных законов;

- физические соотношения представлены в векторном виде (при необходимости), а на эскизе соответствующие векторы должны быть обозначены;

- используемые в решении формулы тестируемый должен выводить из основных физических законов с соответствующими комментариями;

- расчетная формула получается аналитически;

- выполняется проверка размерности величин;

- расчет с указанием единицы измерения для вычисляемой величины;

- анализ результата и ответ.

Как показывает опыт экспертной работы при проверке ЕГЭ по физике, требования к

оформлению работ у многих учителей средней школы являются весьма заниженными. Распространен формальный подход (лишь бы ответ был правильным): решение задачи представляет собой некий свод формул без пояснений и рисунков, проверка размерности не только отсутствует, но о ней даже нет упоминания. Очень часто в поисках решения абитуриент приводит набор формул (видимо, не понимая их физического смысла), часть из которых к задаче отношения не имеет или даже в данных условиях является ошибкой. В результате проверки такой работы учащийся получает 2 балла, а иногда и 3 (высший балл). Существующая шкала баллов груба и не позволяет объективно оценить решение. Часто возникает ситуация, когда оценить задачу в 2 балла много, а в 1 балл мало. Такой подход к проверке уничтожает саму идею творческой части единого экзамена. Следует отметить, что требования к проверке снижаются с каждым годом. Так, если в 2005 учебном году обязательным было выполнение чертежа, то с 2006 г. в инструкции к задаче на механику записано «чертеж не обязателен», что делает решение абсурдным. В задачах на баллистическое движение решение считается достаточным без использования чертежа и вывода формулы для нахождения дальности, времени и высоты полета. Спрашивается, кому нужен такой формальный подход к решению задач? И что он проверяет? Это не обучение физике, а натаскивание. Решение задачи должно быть «прозрачным», чтобы можно было проследить ход мысли ученика, его творческий подход, а не умение «подобрать подходящие формулы» (по памяти либо со шпаргалки), физический смысл которых он порой не понимает.

Мы полагаем, что должна быть разработана более детальная инструкция по проверке части С, обязательная для всех экспертов, и считаем целесообразным, оставив максимальный балл оценки задачи — 3, ввести пошаговую систему проверки с оценкой каждого шага от нуля до 0,5 балла:

1) краткая запись условия задачи («ДАННО»), чертеж или рисунок, на котором отражена вся информация о задаче;

2) анализ исследуемой физической ситуации с указанием применяемых основных законов и намеченные пути ее решения;

3) аналитическое решение задачи, в котором физические соотношения представлены в общем виде, используемые формулы выведены из основных физических законов с соответствующими комментариями;

4) необходимые преобразования и получение расчетной формулы в общем виде;

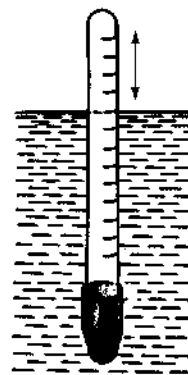
5) проверка размерности величин;

6) расчет и комментарий ответа.

На решение одной задачи части С отводится 19 минут — мы считаем возможным такое представление решения в течение этого времени.

Рассмотрим критерии оценки заданий с развернутым ответом (варианты 2, 5, 11 ЕГЭ 2006 г.).

С6 Ареометр, погруженный в жидкость, совершает малые вертикальные гармонические колебания с частотой 0,2 Гц. Площадь сечения трубки ареометра 10 мм^2 , его масса 50 г. Пренебрегая сопротивлением жидкости, найдите плотность жидкости.



В инструкции по проверке задачи обращает на себя внимание указание «рисунок не обязателен». На наш взгляд, наличие эскиза с отображением сил, действующих на тело (ареометр), указывает на то, что тестируемый понимает физический смысл задачи.

Данную задачу можно решить, используя уравнение динамики колебательного движения или применяя закон сохранения энергии.

Согласно предлагаемым нами критериям решение задачи представляется следующим образом.

1. (0,5 балла) ДАНО: $v=0,2\text{Гц}$, $S=10^{-5}\text{м}^2$,
 $m = 5 \times 10^{-2}\text{кг}$.

НАЙТИ: ρ — ?

2. (0,5 балла) АНАЛИЗ. В задаче рассматриваются свободные незатухающие колебания ареометра. На него действуют сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила Архимеда \vec{F}_A , направленная вертикально вверх, силой сопротивления жидкости пренебрегаем по условию.

Запишем второй закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{F}_A = 0.$$

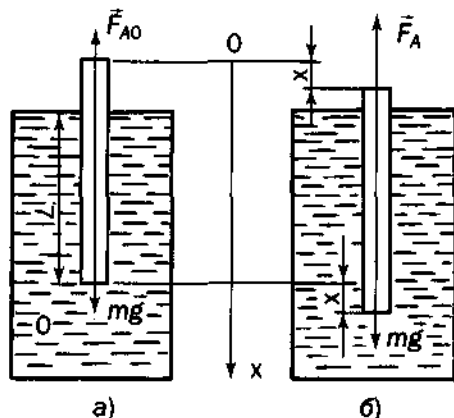
В проекции на ось Ox :

$$mg = \rho gV,$$

где $V = lS$ — объем погруженной в жидкость части ареометра,

l — длина погруженной в жидкость части,

S — площадь поперечного сечения.



При движении ареометра на него действуют сила тяжести $m\vec{g}$ и сила Архимеда \vec{F}_A , которая будет меняться вместе с глубиной погружения ареометра в жидкость. Результирующая сила будет направлена к положению равновесия, т.е. будет возвращающей.

3. (0,5 балла). РЕШЕНИЕ (один из способов).

Рассмотрим произвольный момент движения ареометра, когда он погружен в жидкость на глубину x относительно положения равновесия (рис. б).

Направим ось Ox вдоль движения ареометра в сторону смещения, т.е. вниз, и запишем уравнение движения прибора $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_A$, в проекции на выбранную ось

$$ma_x = mg - F_A,$$

где $F_A = \rho g(l + x)S$.

С учетом условия равновесия (1) уравнение движения (2) запишем в виде

$$ma_x = \rho glS - \rho g(l + x)S.$$

4. (0,5 балла) Приведем уравнение к виду

$$a_x + \frac{\rho gS}{m}x = 0$$

для сравнения с уравнением гармонических колебаний

$$a_x + \omega_0^2 x = 0.$$

Получим циклическую частоту колебаний ареометра

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\rho gS}{m}}.$$

С учетом соотношения $\omega_0 = 2\pi\nu$ выразим искомую плотность жидкости

$$\rho = \frac{4\pi^2 m \nu^2}{gS}.$$

5. (0,5 балла) Подставим единицы измерения полученной величины (проверим правильность выведенной формулы):

$$[\rho] = \frac{\text{кг} \times \text{с}^{-2}}{\text{м} \times \text{с}^{-2} \times \text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

6. (0,5 балла) Расчет. Подставим численные значения:

$$\rho = \frac{4 \times 3,14^2 \times 5 \times 10^{-2} \times 0,2^2}{9,8 \times 10^{-5}} = 805 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Полученное значение плотности реально — керосин, масло и т.п.

О т в е т: 805 кг/м³

Наиболее существенным методическим промахом при подготовке к ЕГЭ является то, что инструкции по проверке сводятся затем в пособие по подготовке и учащимся предлагается именно так оформлять решение задачи. Средний же ученик совсем

не может разобраться, как решена задача. Такая инструкция ничему не учит, а лишь сбивает с толку. Эксперт при проверке тоже подчас пользуется ею как догмой, что совсем лишено здравого смысла.

В результате этого у школьника складывается стереотип, что физика — это набор формул. Он не задумывается о том, как решать задачу, а лишь ищет формулу, в которую надо подставить значения. Итогом такого подхода является неспособность обучаемого к аналитическому мышлению и как следствие этого — большие трудности при учебе в вузе. Абитуриенты, не зная требований, предъявляемых тем или иным учебным заведением на вступительных экзаменах, вынуждены готовиться

примитивным «натаскиванием». Студенты же младших курсов, где на изучение объемной программы курса физики отводится все меньше времени, вынуждены «переваривать» различные подходы решения задач от семестра к семестру, преподносимых разными преподавателями. Результат — неуверенность, разочарование и нежелание постигать что-то новое.

Авторы считают, что инструкция по проверке ЕГЭ должна учитывать методические особенности решения, рассмотренные выше, призывать учеников мыслить над задачей, формировать у учителей единый подход к решению задач, а у экспертов — единые требования, позволяющие неформально оценивать уровень подготовки.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ШКОЛЬНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

М.С. Атаманская (г. Ростов-на-Дону, РОИПКПРО)

Начиная с 2003 г. учебные достижения учащихся в освоении физического содержания можно определить, используя технологию ЕГЭ, опирающуюся на трехуровневую таксономию результативности (см. табл. 1).

Достижение уровня компетентности, определяемого данной шкалой, является высшей целью любого ученика, осознанно выбирающего приоритетом в своем образовании предмет «физика». При каких условиях становится возможным достижение этого уровня учащимися в реальном образовательном процессе?

Во-первых, необходимо понимание природы такого феномена, как компетентность;

во-вторых, знание механизмов развития этой способности учащихся в образовательной практике.

Психологи отмечают, что реальные учебные достижения являются следствием особой формы организации индивидуальных знаний обучающихся (М.Холодная). Так, Р.Глезер в своих исследованиях этой способности у «экспертов» в области физики (университетских профессоров) отмечает

Таблица 1

Таксономия учебных достижений, используемая в ЕГЭ		
Первый уровень — информированность	Второй уровень — грамотность	Третий уровень — компетентность
Освоение определенного объема знаний и умений их воспроизводить	Способность решать стандартные задачи на основе имеющихся предметных знаний и умений	Способность решать проблемы, возникающие в окружающей действительности средствами предмета

высокую степень связанности актуальных знаний с предыдущими, оперативность их предоставления, глубокую личную заинтересованность в процедуре «встраивания нового» в личностную систему знаний. Иными словами, у экспертов «старое», «актуальное» и «новое» связываются единой смысловой нитью. Другая группа ученых, занимающаяся проблемой становления компетентности, отмечает, что эта способность связана с возможностями личности создавать представления об объекте за счет увеличения правил комбинации, сравнения и интерпретации признаков объекта (Х.Шродер, М.Драйвер, С.Штройферт).

Пятилетний опыт проведения в Ростовской области выпускных экзаменов по физике в форме ЕГЭ и анализ результативности позволяют сформулировать автору следующую гипотезу: компетентность как неклассический феномен напрямую связан со способом становления и развития этой способности у учащихся в образовательном процессе. Природа компетентности такова, что она может проявляться только в органическом единстве с интересами и ценностями человека. Более того, только возрастание возможностей восприятия одного и того же объекта в форме различных схем и сознательное их «встраивание» в свой личностный опыт способствуют развитию этого качества.

Проиллюстрируем сказанное конкретными показателями образовательной практики на материалах ЕГЭ. В течение пяти лет (с 2004 по 2008 г.) в Ростовской обла-

сти выпускники сдают экзамен по физике по выбору в форме ЕГЭ, число участников возросло более чем в пять раз и в 2006 г. достигло 2126 человек. Причем количество участников в 2005 и 2006 гг. практически стабилизировалось и составляет 8% от числа всех выпускников. В экзамене 2006 г. приняли участие 85% учащихся массовых школ и 15% учащихся лицеев и гимназий. Обращают на себя внимание результативность и многочисленность сдающих экзамен нескольких учебных заведений по Ростовской области. Это лицей при ТРТУ (г. Таганрог), лицей № 1 при РГУ (г. Ростов-на-Дону) и профильные классы общеобразовательных школ № 8 и № 28 г. Таганрога. Высокий уровень успешности при выполнении заданий ЕГЭ и стабильность результатов в течение 5 лет позволили выделить их из общего количества участников и сделать предметом научно-методического исследования. Сравнительный анализ распределения ответов по баллам школ г. Таганрога и Ростовской области в целом позволяет делать обоснованные выводы о существенных отличиях в учебных достижениях выпускников (см. диаграммы ниже).

Следует оговорить, что лицей имеет широкие возможности отбора учащихся, и это условие является решающим в достижении высоких результатов, так как поступившие ученики имеют высокую мотивацию к учебной деятельности. Интерес представляет результативность учащихся профильных классов общеобразовательных школ, так

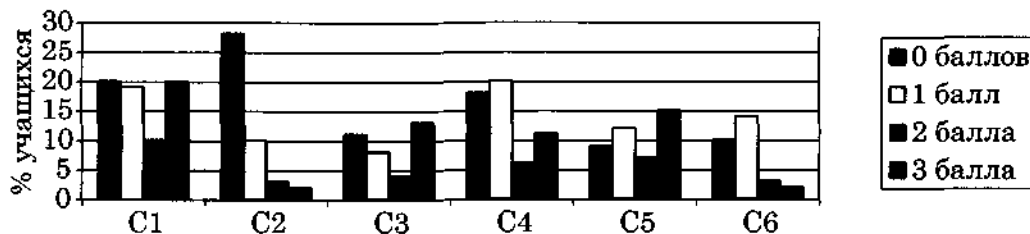


Диаграмма 1. Распределение ответов по тестовым баллам при выполнении заданий части С учащимися по России

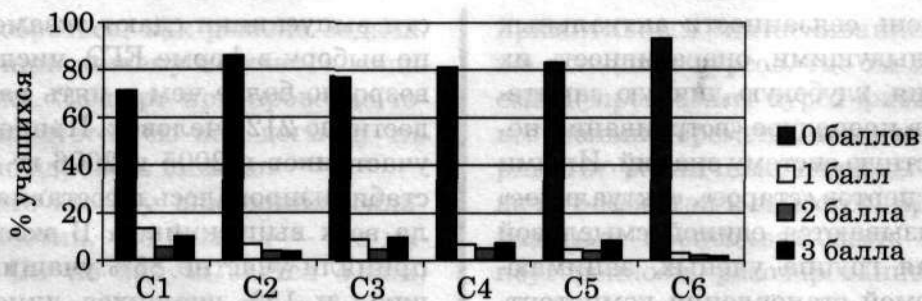


Диаграмма 2. Распределение ответов по тестовым баллам при выполнении заданий части С учащимися Ростовской области

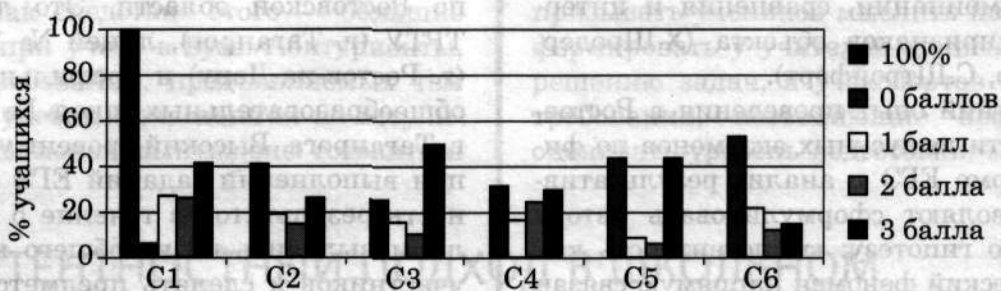


Диаграмма 3. Распределение ответов по тестовым баллам при выполнении заданий части С учащимися МОУ Лицей г. Таганрога (ТМОЛ)

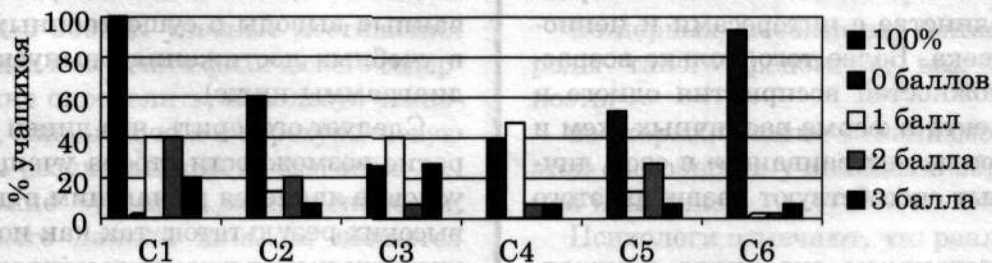


Диаграмма 4. Распределение ответов по тестовым баллам при выполнении заданий части С учащимися МОУ СОШ №8

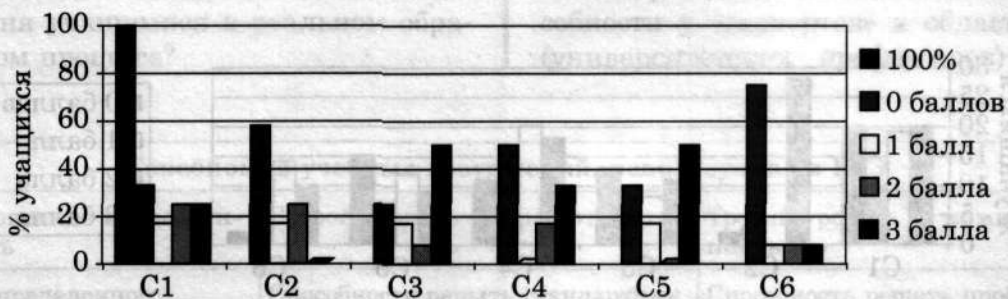


Диаграмма 5. Распределение ответов по тестовым баллам при выполнении заданий части С учащимися МОУ СОШ № 28

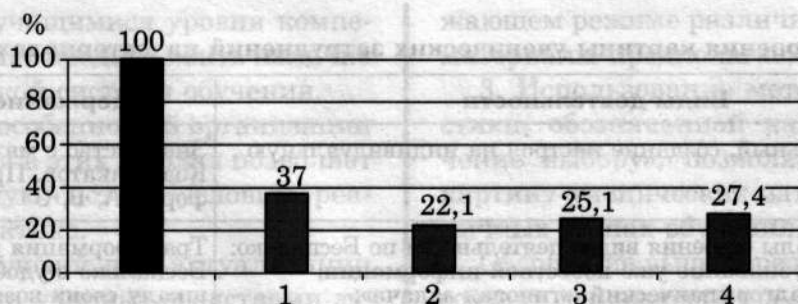


Диаграмма 6. Средний процент выполнения заданий части В в 2006 г. учащимися Ростовской области

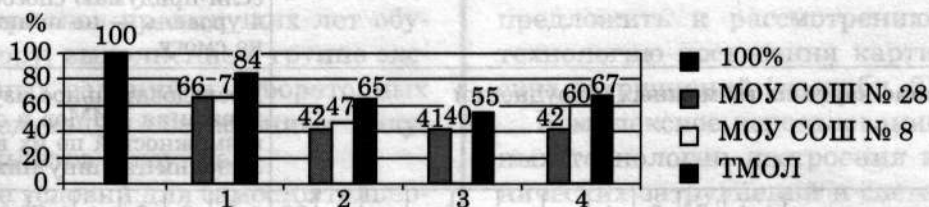


Диаграмма 7. Средний процент выполнения заданий части В в 2006 г. учащимися профильных классов МОУ СОШ г. Таганрога и ТМОЛа при ТРТУ

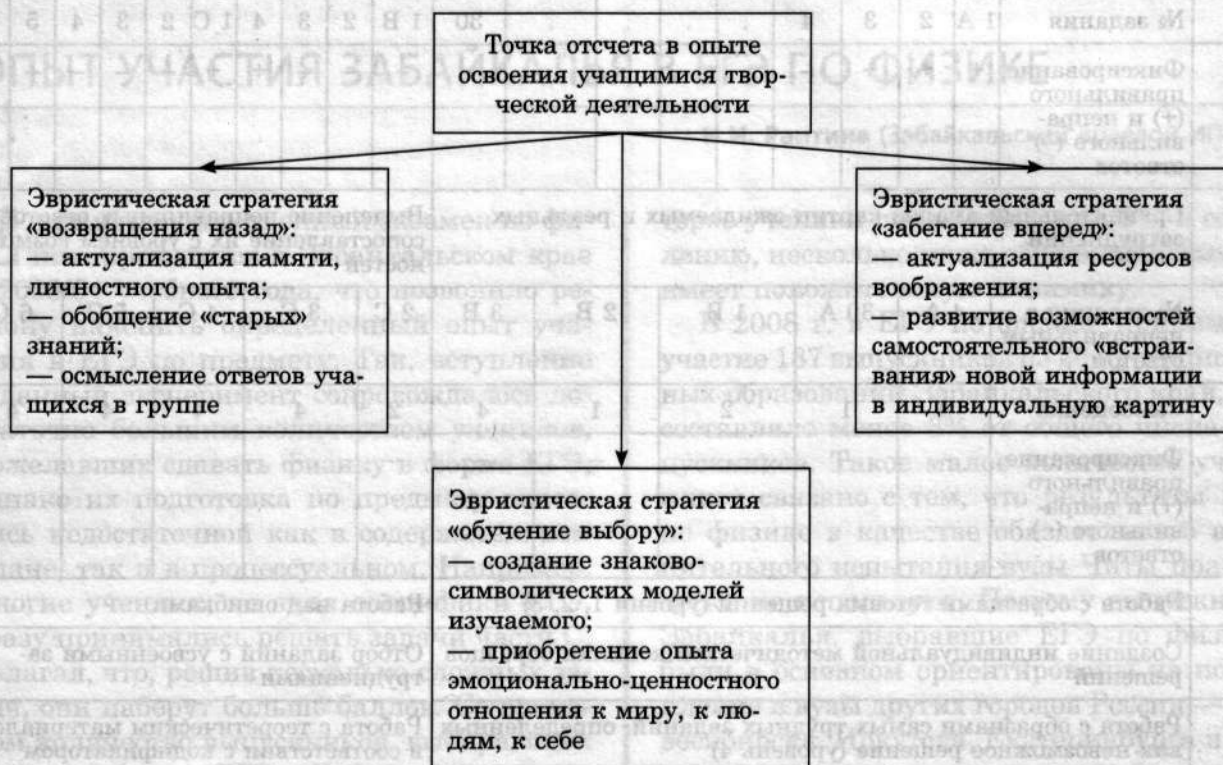


Схема 1. Концептуальный образ процесса формирования компетенций учащихся

Таблица 2

Технология построения картины ученических затруднений на материалах ЕГЭ по физике

Этап	Виды деятельности										Содержание деятельности									
1	Подготовительный, создание настроения на индивидуальную работу										Знакомство с материалами ЕГЭ. Кодификатор. Просмотр КИМов в форме А, В, С									
2	Изучение шкалы освоения видов деятельности по Беспалько: 1 уровень — узнавание уже известной информации; 2 уровень — алгоритмический, «типовая задача»; 3 уровень — эвристический, «нетиповая задача»; 4 уровень — исследовательский										Трансформация научной шкалы Беспалько в удобную для ученика шкалу своих возможностей. 1 уровень — знаю, понимаю, решаю; 2 уровень — понимаю, знаю способ, решаю; 3 уровень — не совсем понимаю, но если придумаю способ, решаю; 4 уровень — не понимаю, решить не смогу									
3	Построение картины возможных затруднений										Последовательное изучение содержания КИМов и оценка своих возможностей по их выполнению. Заполни таблицу ниже:									
3	№ задания	1 А	2	3	4	.	.	.	.	30	1 В	2	3	4	1 С	2	3	4	5	6
3	Самооценка	1	1	2	4	.	.	.	.	4	2	3	2	2	3	4	3	4	3	4
4	Построение картины реальных затруднений										Решение КИМов и сравнение своих ответов с ключами. Заполни таблицу ниже:									
4	№ задания	1 А	2	3	4	.	.	.	.	30	1 В	2	3	4	1 С	2	3	4	5	6
4	Фиксирование правильного (+) и неправильного (-) ответов	+	+	+	-					-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
5	Сравнительный анализ картин ожидаемых и реальных затруднений										Выделение неправильных ответов и сопоставление их с уровнем возможностей									
5	№ задания с неправильным ответом	4 А	30 А	1 В	2 В	3 В					2 С	3 С	4 С	5 С	6 С					
5	Самооценка	4	1	2	1	4					2	4	4	4	4					
5	Фиксирование правильного (+) и неправильного (-) ответов	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-					
6	Работа с образцами готовых решений (уровни 1, 2, 3)										Работа над ошибками									
7	Создание индивидуальной методической копилки образцов решений										Отбор заданий с усвоенными затруднениями									
8	Работа с образцами самых трудных заданий, определенных как невозможное решение (уровень 4)										Работа с теоретическим материалом в соответствии с кодификатором									
9	Рефлексивный этап										Осознание новых возможностей									

как достижение учащимися уровня компетентности позволяет предположить наличие особой методической системы обучения.

Исследование особенностей организации процесса обучения в этих школах позволяет описать следующую систему условий, реализуемых на практике.

1. Создание условий для актуализации личностного опыта ученика средствами эвристической технологии «возвращение назад». Реализация стратегии предполагает самостоятельную повторную проработку учебных материалов предыдущих лет обучения по выбору, выполнение в группе экспериментальных заданий и лабораторных работ с последующим обсуждением полученных результатов в группе.

2. Создание условий для самостоятельного усложнения и преобразования личностного опыта согласно эвристической стратегии «забегание вперед». Учащиеся получают возможность обсуждать в группе в опере-

жающем режиме различные компьютерные материалы предполагаемой новой темы.

3. Использование методов психодиагностики, обозначенной как стратегия «обучение выбору», позволяющих определять картину ученических затруднений на различных этапах обучения.

Обобщение вышеперечисленных условий создает возможность представления процесса формирования компетенций учащихся в виде схемы (см. схему 1).

На основании вышеизложенного можно предложить к рассмотрению следующую технологию построения картины ученических затруднений (см. табл. 2).

Комплексное использование предложенных технологии построения картины ученических затруднений и системы обучения позволят достичь достаточного уровня компетентности, определяемого осознанным выбором предмета «физика» как приоритета в своем образовании.

ОПЫТ УЧАСТИЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ В ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

Н.И. Раитина (Забайкальский краевой ИПКРО)

Единый государственный экзамен по физике проводится в Забайкальском крае с 2003/04 учебного года, что позволило региону накопить определенный опыт участия в ЕГЭ по предмету. Так, вступление в данный эксперимент сопровождалось достаточно большим количеством учеников, пожелавших сдать физику в форме ЕГЭ, однако их подготовка по предмету оказалась недостаточной как в содержательном плане, так и в процессуальном. Например, многие ученики, не зная специфики ЕГЭ, сразу принимались решать задачи части С, полагая, что, решив несколько сложных задач, они наберут больше баллов. Со временем количество выпускников, выбирающих физику в форме ЕГЭ в Забайкалье, уменьшилось, но качество знаний по физике, ко-

торое ученики показывают на ЕГЭ, к сожалению, несколько ниже общероссийских, но имеет положительную динамику.

В 2008 г. в ЕГЭ по физике принимали участие 187 выпускников из 26 муниципальных образований Забайкальского края, что составляло менее 3% от общего числа выпускников. Такое малое количество участников связано с тем, что результаты ЕГЭ по физике в качестве обязательного вступительного испытания вузы Читы практически не используют. Поэтому выпускники Забайкалья, выбравшие ЕГЭ по физике, были в основном ориентированы на поступление в вузы других городов России — Новосибирска, Иркутска, Екатеринбурга и др., и их результаты позволили им обучаться в вузах этих городов.

Успешнее всего выпускники справились с заданиями части А — диапазон выполнения отдельных заданий лежит от 79,1 до 34,6%. Наиболее успешным (79,1 до 68,1%) оказалось выполнение заданий по темам:

- равномерное и равноускоренное движение;
- относительность движения;
- движение по окружности;
- работа, мощность, простые механизмы;
- давление;
- импульс, закон сохранения импульса;
- кинетическая и потенциальная энергии.

Наибольшие затруднения (от 34,6 до 42,3%) у выпускников при выполнении экзаменационной работы вызвали задания базового и повышенного уровней сложности с выбором ответа, проверяющие следующие элементы содержания школьного физического образования:

- законы Ньютона, силы в природе;
- электромагнитные волны, волновая оптика;
- электростатика;
- электромагнитные колебания;
- оптика;
- силы Лоренца и Ампера;
- соединения проводников, закон Ома для полной цепи;
- электромагнитная индукция;
- основы СТО;
- постулаты Бора;
- корпускулярно-волновой дуализм;
- планетарная модель атома.

С заданиями части В контрольно-измерительных материалов справились от 11,5 до 31,3% выпускников. Не все учащиеся приступили к этой части работы. Анализ результатов выполнения этой части теста показывает, что наибольшие затруднения вызвали задачи на колебательное движение и движение заряженной частицы (или проводника) в однородном магнитном поле. Задачи на колебательное движение решили 11,5% выпускников, по МКТ и термоди-

намике — 31,3%, с заданиями из раздела «Электродинамика» справились от 11,5 до 21,4% выпускников.

Приступили к решению заданий с развернутым ответом 95,1% выпускников, но эти задания вызвали трудности у большинства учащихся. Анализ их решения показал, что наибольшие затруднения вызвали задачи по механике, переменному электрическому току и электромагнетизму. К решению задач по квантовой физике приступили 23% школьников, а успешно довели решение до конца только 12,6% учащихся.

Оказалось, что причины таких результатов в том, что выпускники не умеют применить имеющиеся знания и умения в новой ситуации, им сложно решить задачу, требующую применения знаний и умений из разных разделов физики; при выполнении заданий экзаменуемые пытаются применить шаблоны решения стандартных задач, не вникая в суть задания; часть выпускников, решив задание физически, не могут получить искомый результат вследствие недостаточной математической подготовки.

Также у выпускников недостаточно сформированы следующие умения, необходимые для правильного выполнения большей части заданий ЕГЭ по физике: анализ и использование сведений, получаемых из графиков, таблиц, схем, фотографий; переключение на решение задач различного уровня сложности; применение законов физики для анализа процессов на качественном и расчетном уровнях.

Еще одной из основных причин невысоких результатов ЕГЭ по физике является недостаточная реализация профильного обучения физике в школах Забайкальского края. Ни для кого не секрет, что успешное прохождение итоговой аттестации по физике в форме ЕГЭ подразумевает профильную подготовку учащихся по физике. В крупных для Забайкальского края населенных пунктах с численностью населения от 10 до 300 тысяч человек (а их всего семнадцать в крае — г.Чита (306,1 тыс.чел.),

г.Краснокаменск (55,2 тыс.чел.), г.Борзя (30,4 тыс.чел.), г.Петровск-Забайкальский (19,7 тыс.чел.), п.Шерловая Гора (14,4 тыс. чел.), г.Нерчинск (14,2 тыс.чел.) и др.) реализуются предпрофильная подготовка учащихся и профильное обучение физике. Дети имеют возможность реализовывать свои познавательные интересы и качественно готовиться к поступлению в вузы не только Читы, но и других городов России. Ежегодно выпускники школ крупных для Забайкальского края населенных пунктов в основном успешно сдают ЕГЭ по физике и поступают в вузы России.

Однако большая часть населения Забайкальского края проживает в сельской местности, где в единственной сельской школе, в основном, малокомплектные классы. Во многих сельских школах есть проблемы с педагогическими кадрами: в некоторых образовательных заведениях из-за отсутствия учителя физики учебный предмет «физика» преподают инженеры, учителя химии и др.; по причине недостаточной недельной нагрузки сельскому учителю физики часто приходится преподавать не только свой учебный предмет, но и другие — ОБЖ, природоведение и др. Из-за низкой плотности населения (примерно 2,6 чел./кв.км — по данным 2005 г.) осуществление сетевого взаимодействия в рамках профильного обучения затруднено. Поэтому учащиеся практически всех сельских школ изучают физику на базовом уровне — два часа в неделю. Они не имеют возможности изучать интересный для них учебный предмет на профильном уровне, что отражается на качестве подготовки по физике и результатах ЕГЭ.

Для уменьшения остроты этой проблемы необходима и возможна специальная подготовка учителей сельских школ к обеспечению повышения качества школьного физического образования. В вариативную часть курсов повышения квалификации учителей физики введен учебный курс по выбору «Повышение эффективности обучения физике в условиях сельской школы».

Осуществляется оказание консультативной помощи педагогам с применением Интернета в режиме он-лайн с выездом непосредственно на места. Организовываются и проводятся кратковременные выездные курсы повышения квалификации учителей физики. Происходит регулярное посещение образовательных учреждений — экспериментальных площадок и оказание методической помощи учителям физики районов Забайкальского края.

Всем понятно, что физика — наука экспериментальная и в основе ее преподавания в школе должен лежать школьный физический эксперимент, поэтому с 2009 г. кроме реализуемой в настоящее время части ЕГЭ по физике планируется введение экспериментальной части. Анализ анкетирования учителей физики Забайкальского края показал, что в целом педагоги положительно относятся к введению экспериментальной части ЕГЭ по физике. Хотя и отмечают, что из-за недостаточного уровня материально-технической базы физических кабинетов школ края подготовка учащихся к решению экспериментальных задач по физике будет затруднена.

Однако многие учителя физики Забайкальского края, занимаясь с детьми исследовательской деятельностью, создают самодельное физическое оборудование. Школы, осуществляющие инновационную деятельность и являющиеся победителями конкурса приоритетного национального проекта «Образование», частично восполняют требуемое оборудование в кабинетах физики.

Одним из решений данной проблемы может быть обеспечение школ физическими приборами из серии L-micro, что требует от учителя физики владения не только методикой проведения эксперимента, но и информационными технологиями. Для подготовки учителей к работе с этими приборами на курсах повышения квалификации проводится отдельный учебный курс по выбору «Осуществление школьного физического эксперимента в лаборатории L-micro».

Методическим кабинетом по физике Забайкальского краевого ИПКРО для повышения качества подготовки выпускников к итоговой аттестации по физике в форме ЕГЭ в программу курсов повышения квалификации учителей физики включены занятия, посвященные методике подготовки учащихся к ЕГЭ по физике. В ходе занятий учителя физики понимают, что

осуществление инновационной деятельности в сфере школьного физического образования — использование современных педагогических технологий, реализация личностно-деятельностного подхода и т.п. — может способствовать качественной подготовке учащихся к ЕГЭ по физике и успешному прохождению ими итоговой аттестации.



из портфеля редакции

А.В.Лизунков (г. Смоленск)

Заранее готовимся к успешной сдаче ЕГЭ

В сложившейся ситуации, когда осуществляется плавный и, на мой взгляд, неизбежный переход к новому методу оценки знаний выпускников и абитуриентов, школьным учителям нужно сделать как можно больше для подготовки своих учеников к успешной сдаче экзамена.

К сожалению, многие старшеклассники, несмотря на обилие разного рода пособий для подготовки к ЕГЭ и проведение дополнительных занятий учителями, так и не овладевают в должной мере навыками работы с тестами.

Для этого я предлагаю наряду с традиционными проверочными работами и решением задач на оценку проводить контрольные работы по физике в том виде, который максимально подготовит их к выпускному экзамену.

Прежде всего, обучая учеников работать с тестами, необходимо вложить в их головы мысль, что поиски ответов должны быть лишены всяческого угадывания. Каждое задание непременно должно быть решено на черновике перед выбором ответа.

С самого начала работы с тестами я столкнулся с тем, что ребята, считая, что успешно пройти тест проще, чем написать обычную контрольную работу, пытались выбирать ответ случайным образом, надеясь на везение. И нужно сказать, часто им это удавалось.

Необходимо было менять ситуацию, и я стал предлагать тесты, в которых варианты ответа содержали типичные ошибки учеников. Кроме того, я увеличил число вариантов и стал периодически проводить занятия, на которых показывал, как решаются тесты с позиции хорошо владеющего физикой ученика. Это позволило изменить подход учащихся к выполнению задания, даже отстающие по физике стали показывать более высокие результаты, когда поняли, что продуманное решение гораздо лучше, чем выбор варианта ответа наугад.

В итоге у ребят появился даже определенный интерес к такому контролю их знаний. Впоследствии я стал усложнять задания и делать их все более похожими по своей структуре на экзаменационные варианты ЕГЭ. И это привело к тому, что на экзамене мои ученики показали более высокие результаты за счет того, что были лучше подготовлены именно к такому виду работы.

В завершение хочу отметить, что тесты не могут и не должны быть единственной формой проверки знаний. Однако введение их в арсенал учителя уже в VII–VIII классах постепенно готовит учеников к успешной сдаче ЕГЭ. Овладевая навыками работы с тестами, они привыкают к такому виду контроля, и при сдаче ЕГЭ они находятся уже в привычной ситуации, что, в свою

очередь, помогает им добиться более высоких результатов.

Предполагая, что подготовиться к выпускному экзамену за одно-два занятия невозможно, а

времени на создание факультатива для этих целей просто нет, я решил начать это задолго до XI класса и добился высоких результатов: из моих учеников ЕГЭ в этом году не «провалил» никто!



из портфеля редакции

О.И.Громцева (Москва, школа № 982)

Использование материалов ЕГЭ в учебном процессе

Наша школа с 2004 г. участвует в эксперименте по сдаче ЕГЭ. За это время накоплен большой опыт по подготовке к экзамену в этом новом для многих формате. Изучены и систематизированы экзаменационные материалы. Хотелось бы поделиться своим опытом и предупредить о некоторых проблемах.

Всем известно, что основная часть заданий ЕГЭ по физике представлена в виде тестов с выбором ответа. Поэтому в последнее время все чаще и больше используются подобные задания для проверки знаний учащихся. Хорошо это или плохо? Давайте разберемся.

С одной стороны, хорошо. Чем раньше ученики познакомятся с особенностями выполнения тестовых заданий, тем проще им будет на экзамене.

Но есть в этой системе и серьезные недостатки. Например, слабый ученик, плохо усвоивший учебный материал, при выполнении тестов чувствует себя спокойно и уверенно. Он верит в удачу, а выполнение тестов воспринимает как интересную игру. Если же ему иногда удастся получить «3» или даже «4», то он всерьез будет надеяться на подобное везение на экзамене. Как же быть? Как учить ребят думать, а не отгадывать ответы?

Во-первых, **физика — наука экспериментальная**. Если можно выполнение теста организовать, как решение экспериментальной задачи, то это следует сделать.

Во-вторых, тесты, в которых рассматриваются **качественные вопросы**, лучше предлагать для устного обсуждения в классе. Пусть ребята думают, спорят и находят правильное решение.

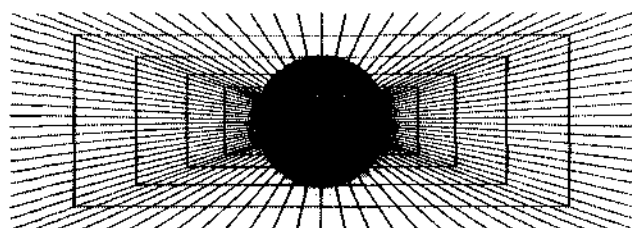
Пусть учатся рассуждать, доказывать, а не выбирать один из вариантов ответа.

В-третьих, среди тестов много **расчетных задач**. Их лучше решать в традиционной форме. При проверке смотреть не только на ответ, но и на ход решения.

Когда же следует использовать тесты? Хорошо бы во время проведения внеклассных мероприятий по предмету. Многие современные телевизионные игры, такие, как «Кто самый умный», «Кто хочет стать миллионером», «Такси» и т. п. предлагают своим участникам четыре варианта ответа. Из экзаменационных тестов можно составить вопросы для подобных игр. Азарт и эмоции, которые обязательно возникают во время викторин и конкурсов, приводят к тому, что повышается интерес к предмету и лучше усваивается учебный материал.

Тестовые задания также необходимо использовать при итоговом повторении. Ученики должны знать, что для успешного решения тестов они должны быть предельно внимательны, не торопиться, дочитывать все ответы до конца и строго выполнять инструкции.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что к тестовым заданиям надо подходить творчески. Нельзя сильно ими увлекаться, но и нельзя ими пренебрегать.



РОЛЬ УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ

Е.Б. Петрова (Москва, МПГУ)

Целью данной статьи является демонстрация возможностей учебного физического эксперимента при профильном обучении.

Очевидно, что физический эксперимент — одно из важных средств формирования мировоззрения учащихся, естественнонаучного мышления, их знакомства с современной естественнонаучной картиной мира.

Профильное обучение подразумевает выбор учащимися определенной направленности обучения. Однако оно не подразумевает того, что учащиеся не должны получать всестороннего образования. Поэтому преподавание всех дисциплин должно быть четко согласовано, а обучение должно способствовать всестороннему изучению избранного предмета.

Покажем это на примере преподавания физики, особое внимание обратим на те профильные знания, которые могут быть получены учащимися при выполнении лабораторных работ и работ физического практикума.

Система учебного эксперимента должна выстраиваться исходя из потребностей профильного обучения. Реализация этого возможна на основе установления межпредметных связей (МПС) между изучаемыми дисциплинами. Для каждого профиля должна быть выстроена своя система эксперимента. Отличие преподавания физики в каждом из них состоит в отборе физических знаний, существенных для профильной дисциплины.

Так, при работе с учащимися физико-химического профиля необходимо делать акцент на универсальности физических методов исследования. Большое внимание следует уделять анализу результатов эксперимента, умению объяснить наблюдаемые эффекты, анализировать причины возникновения погрешностей.

Для учащихся биологического профиля справедливо сказанное выше, однако объекты исследования могут быть выбраны иные, более привычные для биологов: сенсорные системы человека и животных, модели систем организма человека (например, система кровообращения) и т.п.

Для математического профиля следует учитывать имеющиеся у учащихся знания по математике, показывать роль математического и физического моделирования; давать более серьезные задания по математической обработке полученных результатов с применением компьютерных моделирующих программ; показывать связь между реальным физическим экспериментом и его математическим описанием.

Для гуманитарного профиля следует выбирать лишь те эксперименты, которые демонстрируют фундаментальные физические закономерности, показывают красивые физические идеи, способствующие формированию мировоззрения и единой естественнонаучной картины мира. В этом профиле не стоит перегружать лабораторные работы математическими расчетами, а для их создания лучше использовать

самые красивые и наглядные физические явления.

Одним из способов учета профиля учащихся при создании лабораторных работ является наличие в ее содержании вариативной части межпредметного характера.

Большое внимание должно уделяться выбору **тематики лабораторных работ**.

Этот выбор должен быть сделан в соответствии со следующими принципами:

1) включать работы из различных разделов физики, так как необходимо продемонстрировать универсальность методов исследования;

2) в качестве исследуемых процессов выбирать такие, которые были бы наиболее наглядными и очевидными;

3) поскольку исследование многих объектов в учебном процессе недоступно, то важную роль должно играть исследование их моделей;

4) учитывая современное развитие информационных технологий и возможности компьютерной техники, модели должны носить комбинированный характер, т.е. сочетать в себе элементы как вычислительных, так и физических моделей.

Проиллюстрируем сказанное на примере разрабатываемых нами лабораторных работ для учащихся **биологического профиля**.

В состав практикума будут входить четыре работы по следующим темам:

1) система кровообращения — гидродинамика (механика);

2) зрение — оптическая система (оптика);

3) слух — акустика (колебания и волны);

4) зрение — цветовые сенсоры (квантовая физика).

Как видно из приведенной тематики, особое внимание уделяется исследованию сенсорных систем, т.е. систем, предназначенных для обмена информацией с окружающим миром.

Лабораторная работа № 1. «Исследование поведения жидкостей в трубах» —

работа по гидродинамике. В школьном курсе изучается, как правило, только гидростатика. Однако для биологов гораздо более важным разделом является гидродинамика. Поэтому, сообщив учащимся необходимые сведения из этого раздела, можно перейти к исследованию течения жидкости по трубам. Обычно, изучая эту тему, мы не определяем свойства труб. Однако они могут иметь разные свойства: быть жесткими или эластичными. Таким образом, мы должны исследовать характер протекания жидкости по трубам, имеющим различные свойства.

Почему важна эта задача? Дело в том, что течение крови в артериях при нормальных условиях является ламинарным. Турбулентность появляется только в некоторых местах, например за клапанами аорты. В некоторых патологических случаях вследствие снижения вязкости крови уменьшается и скорость ламинарного течения, тогда турбулентность может распространиться на более длинные участки артерий. Чем большие участки захватываются турбулентным течением, тем большую работу приходится совершать сердцу, чтобы обеспечить снабжение организма кровью.

Вихревое движение сопровождается слабым шумом, который мы можем наблюдать, например, при измерении давления крови на плечевой артерии. Из-за уменьшения поперечного сечения кровеносного сосуда скорость течения увеличивается настолько, что превышает критическое значение.

То, что в курсе физики не рассматриваются упругие трубы, по сравнению с жесткими, оправданно, так как мы всегда рассматриваем лишь стационарное протекание жидкости. Однако процессы, протекающие в организме человека, много сложнее, и часто жидкость движется вследствие пульсации «насоса». Упругая стенка при увеличении давления вначале расширяется, но как только поток становится стационарным, геометрические размеры трубки (радиус, длина и т.п.) далее не изменяются.

При изменяющемся во времени давлении положение становится гораздо сложнее. Попробуем провести качественное исследование с помощью опыта, показывающего существенные различия между процессами в трубках с жесткими и упругими стенками.

Для проведения этого исследования соберем простую установку (рис. 1). Этот вариант экспериментальной установки является лишь примером, могут быть разработаны и реализованы любые другие варианты.

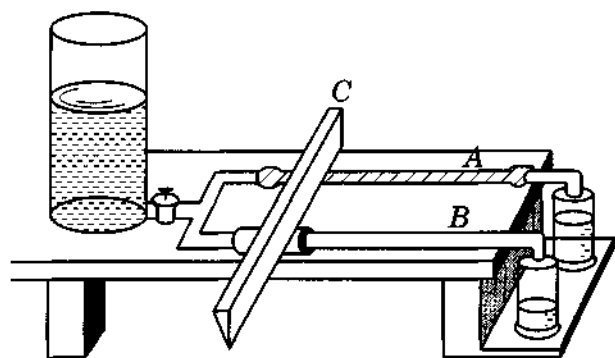


Рис. 1

Установка устроена следующим образом. Имеется емкость для жидкости, из которой выходит стеклянная трубка, разветвляющаяся на две части. К одной ветви присоединяется резиновая трубка А, а к другой, посредством короткой резиновой трубки, — стеклянная трубка В. Диаметры подбираются с таким расчетом, чтобы в обеих трубках возникло стационарное течение равной интенсивности. Если сделать поток нестационарным, периодически нажимая на резиновые трубки палочкой С, то течение воды в двух ветвях станет различным, причем из резиновой трубки А выльется значительно больше воды, чем за тот же промежуток времени из стеклянной трубки В.

На первый взгляд результат оказывается довольно неожиданным. Однако это явление имеет достаточно простое объяснение.

Резиновая трубка вследствие собственной упругости то расширяется, то сужается в соответствии с изменениями давления, и

эти периодические изменения сопровождаются течением воды в трубке. При расширении трубки кинетическая энергия воды частично превращается в упругую энергию стенок, а при ее сужении часть упругой энергии стенки снова переходит в кинетическую энергию водяного потока. То есть она превращается в насос. В стеклянной трубке с жесткой стенкой такого превращения энергии не происходит, механическая энергия потока жидкости теряется из-за трения о стенки и переходит в тепловую.

Этот опыт исключительно нагляден и иллюстрирует особенности системы кровообращения. Он подтверждает физиологическое наблюдение, что упругость кровеносных сосудов является существенным и решающим фактором нормального кровообращения.

Исследованию зрительной системы посвящены работы: «Исследование спектров излучения и поглощения» и «Линза: метод исследования оптической силы и разрешающей способности глаза. Исследование дефектов зрения».

Лабораторная работа № 2. «Линза: метод исследования оптической силы и разрешающей способности глаза. Исследование дефектов зрения».

Фундаментальная часть состоит из стандартных заданий, посвященных исследованию сферических линз: измерению фокусного расстояния, исследованию хода лучей в собирающих и рассеивающих линзах. Это можно сделать с помощью стандартного школьного лабораторного набора по оптике.

При выполнении вариативной части лабораторной работы нам понадобятся линзы большого диаметра. Их можно взять, например, из демонстрационного набора по волновой оптике.

Вариативная часть заключается в следующем: изучим искажения, связанные с нарушением геометрии хрусталика, в частности, астигматизма.

Создадим ситуацию, в которой на экране проявилось это искажение, т.е. падение света на линзу будет происходить под некоторым углом. А теперь придумаем способ его компенсации, то есть сделаем изображение четким вдоль одного направления. Для этого используем цилиндрическую линзу.

Таким образом, учащиеся могут экспериментально смоделировать ситуации, связанные с некоторыми отклонениями зрительного восприятия.

Лабораторная работа № 3. «Исследование спектров излучения и поглощения». Эта работа описана в [1].

Лабораторная работа № 4. «Исследование слуховой системы».

Целью работы является установление порога слышимости уха на различных частотах.

При выполнении работы используется виртуальный генератор частоты (его программа может быть получена на различных сайтах в Интернете). Генератор является источником звука разной частоты. Услышать его можно через наушники, подключенные к звуковой карте. Наушники надевают на испытуемого так, чтобы он слышал сигнал только одним ухом.

Прежде всего, построим график порога слышимости. Для этого на фиксированной частоте изменяем мощность сигнала до тех пор, пока испытуемый не начнет ее слышать, то есть находим порог слышимости на конкретной частоте. Эту процедуру проделаем в широком диапазоне частот. Частоту будем изменять с определенным шагом. Все данные измерений занесем в таблицу.

№ п/п	f , Гц	I , дБ
1		
...		

Затем откладываем полученные значения на графике. По оси X отложим частоту, а по Y — мощность сигнала. В результате получается кривая, определяющая порог слышимости человека.

Вид ее представлен на рис. 2. Полученную кривую полезно сравнить с эталонной, представленной на рис. 3.

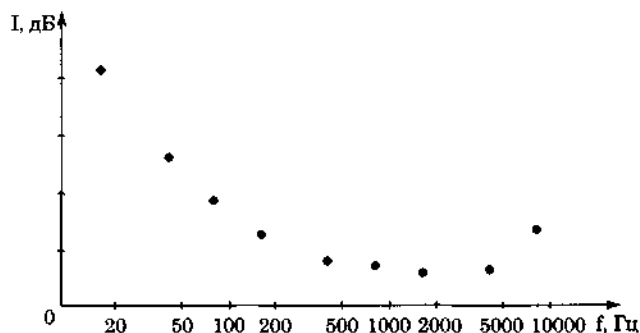


Рис. 2

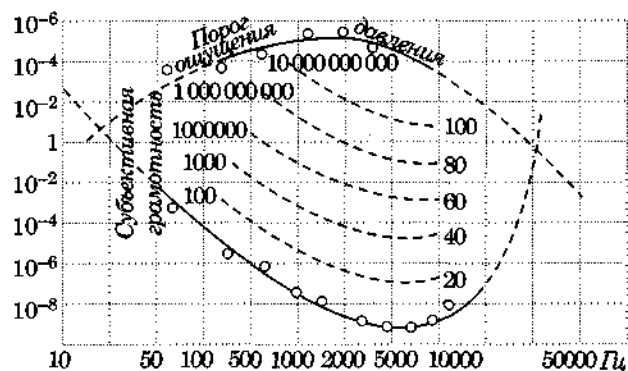


Рис. 3

Разумеется, эти маленькие исследования не могут выполняться во время обычных уроков. Они могут быть объединены в лабораторный практикум, который станет завершающим этапом изучения курса физики.

Для учащихся **математического профиля** работы должны быть построены иначе. Здесь должны преобладать работы, использующие методы математического моделирования, предусматриваться использование знаний учащихся по алгебре, геометрии и тригонометрии.

Лабораторная работа № 1. «Исследование формы эритроцита».

Может несколько удивить выбор объекта исследования для математиков. Однако решение именно этой задачи иллюстрирует универсальность математических методов.

Отправным пунктом выполнения работы будет следующее: форма эритроцита может быть смоделирована фигурой, называемой овалом Кассини. Овал Кассини — это кривая, являющаяся геометрическим местом точек M , для которых произведение расстояний от двух данных точек F_1 и F_2 есть величина постоянная: $F_1M \cdot F_2M = b^2$.

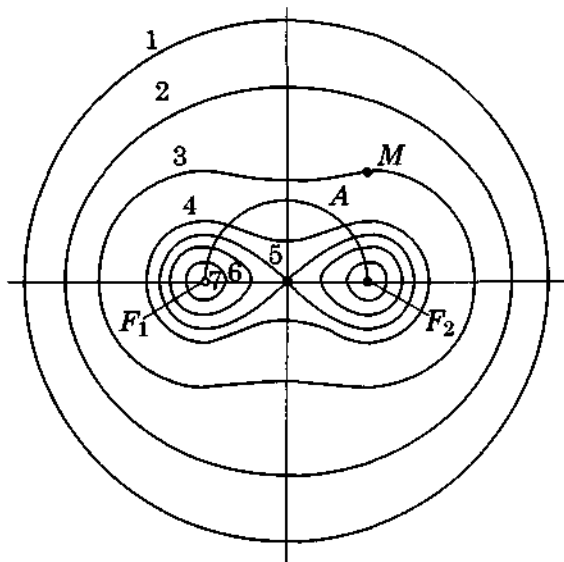


Рис. 4

Если обозначить длину отрезка F_1F_2 через A , то уравнение овала Кассини в полярных координатах напишется в форме:

$$r^2 = \left(\frac{A}{2}\right)^2 \cos 2\theta \pm \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^4 \cos^2 2\theta - \left(\frac{A}{2}\right)^4 b^4}.$$

Если $\left(\frac{A}{2}\right)^2 = b^2$, то форма кривой восьмерка и называется лемнискатой, $\left(\frac{A}{2}\right)^2 < b^2$

— одна замкнутая кривая, $\left(\frac{A}{2}\right)^2 > b^2$ — две замкнутые кривые.

Естественно, перед выполнением работы стоит немного рассказать о том, что такое эритроцит и какую функцию он выполняет в организме.

Различают несколько вариантов формы эритроцита, важнейшими из которых явля-

ются дискоцит — двояковогнутый диск с отрицательной кривизной центральной части поверхности мембраны (нормальное состояние), и сфероцит — эритроцит, мембрана которого потеряла участки с отрицательной кривизной и приобрела сферическую форму (в случае возникновения различных заболеваний).

Для моделирования формы дискоцита удобно использовать программу MathCad 2000 Professional, позволяющую проследить все изменения его формы при варьировании соответствующих параметров.

Уравнение, определяющее овал Кассини, может быть переписано в параметрическом виде

$$x(t) = \cos(t) \sqrt{c^2 \cos(2t) + \sqrt{a^4 - c^4 \sin^2(2t)}},$$

$$y(t) = \sin(t) \sqrt{c^2 \cos(2t) + \sqrt{a^4 - c^4 \sin^2(2t)}},$$

где $a = \sqrt{\frac{d^2 + h^2}{2}}$, $c = \sqrt{\frac{d^2 - h^2}{2}}$, d и h — это

диаметр эритроцита и толщина его средней части, соответственно, они могут быть изменены в процессе работы.

Примеры изменений формы сечения эритроцитов в норме и при глубокой патологии приведены на рис. 5 а, б.

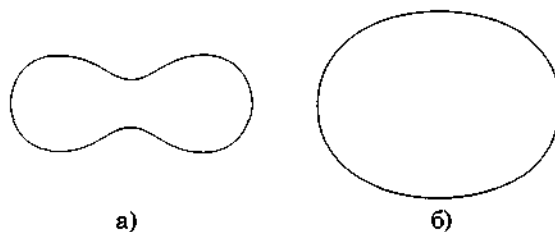


Рис. 5

Важным является примерный расчет объема и площади поверхности эритроцита, для чего можно воспользоваться той же программой.

Полезным будет решить следующую задачу. Эритроцит человека имеет форму двояковогнутого дискоцита объемом $V_0 = 87 \text{ мкм}^3$ и площадью поверхности $S_0 = 163 \text{ мкм}^2$. Во сколько раз изменится

объем эритроцита при превращении его в сфероцит?

Идея решения состоит в следующем. Площадь ограничивающей эритроцит мембраны остается постоянной и в состоянии дискоцита, и в состоянии сфероцита, $S_d = S_{cf}$.

Найдем площадь сфероцита $S_{cf} = 4\pi R^2$.

Выразим отсюда радиус сфероцита и подставим в формулу для определения сферы

$$V_{cf} = \frac{4}{3}\pi R_{cf}^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\sqrt{\frac{S_{cf}}{4\pi}} \right)^3 = \frac{S_{cf}}{3} \sqrt{\frac{S_{cf}}{4\pi}}. \text{ Затем}$$

найдем, во сколько раз изменится объем

$$\text{эритроцита: } n = \frac{V_{cf}}{V_0} = \frac{S_{cf}}{3V_0} \sqrt{\frac{S_{cf}}{4\pi}}.$$

Эта задача вполне доступна для решения учащимися старших классов.

Лабораторная работа № 2. «Исследование слуховой системы и речи человека».

В чем особенность постановки этой лабораторной работы для учащихся математического профиля?

Прежде всего, упростим экспериментальную часть установки, но усложним необходимый для обработки результатов математический аппарат.

Соберем установку, состоящую из виртуальных звукового генератора и осциллографа, к которому будет присоединен микрофон.

Экспериментальная часть работы будет состоять в записи и анализе различных звуковых сигналов.

Сначала запишем сигнал, который будет получен от звукового генератора. Звуковой генератор позволяет получать сигналы различных форм. Выберем сигнал синусоидальной формы. Запишем его, а затем произведем его фурье-анализ.

Далее получим от генератора сигнал той же частоты, но прямоугольной формы. Прделаем фурье-преобразование этого сигнала. Сделаем вывод о составе сигнала в первом и втором случаях.

Запишем произвольный сигнал. Например, речь человека. Опять проведем мате-

матическую обработку сигнала. Убедимся, что он является очень сложным по составу.

Рассмотрим подробно тот математический инструмент, с помощью которого производится анализ экспериментальных результатов.

Преобразование Фурье является мощным инструментом, применяемым в различных научных областях. В некоторых случаях его можно использовать как средство решения сложных уравнений, описывающих динамические процессы, которые возникают под воздействием электрической, тепловой или световой энергии. В других случаях оно позволяет выделять регулярные составляющие в сложном сигнале, благодаря чему можно правильно интерпретировать экспериментальные наблюдения в астрономии, медицине и химии.

Например, преобразование Фурье вычисляется всякий раз, когда мы слышим звук. Наш орган слуха строит преобразование, представляя звук — колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газообразной, жидкой или твердых средах — в виде спектра последовательных значений громкости для тонов различной высоты. Мозг превращает информацию в воспринимаемый звук.

Аналогичные операции можно производить с помощью математических методов над звуковыми волнами или практически над любыми другими колебательными процессами — от световых волн и океанских приливов до циклов солнечной активности. Пользуясь этими математическими приемами, можно раскладывать функции, представляя колебательные процессы в виде набора синусоидальных составляющих — волнообразных кривых, переходящих от максимума к минимуму, затем опять к максимуму, подобно океанской волне. Преобразование Фурье — это функция, описывающая амплитуду и фазу каждой синусоиды, соответствующей определенной частоте.

Для описания колебательного движения мы пользуемся такими понятиями, как период T , амплитуда A , частота ω и фаза φ .

При рассмотрении простого гармонического колебательного движения чаще всего используются функции \sin или \cos и имеют следующий вид $X = A \sin(\omega t + \varphi)$ или $X = A \cos(\omega t + \varphi)$.

Однако реальные физические колебательные процессы описываются существенно более сложными функциональными зависимостями, использование которых усложняет решение многих задач. Поэтому было введено понятие о суперпозиции: сложное колебательное движение может быть представлено в виде линейной комбинации простых гармонических колебаний, то есть линейной суперпозиции синусоидальных членов. Такое разложение колебательного движения по различным частотам носит более общий характер. Можно показать, что произвольная периодическая функция $f(t)$ с периодом T может быть записана в виде ряда Фурье по синусам и косинусам

$$f(t) = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t),$$

где ω_0 — основная круговая частота

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}.$$

В выражении для $f(t)$, члены с синусом и косинусом, отвечающие $n = 2, 3, \dots$, представляют собой вторую, третью и т.д. гармоники. Коэффициенты Фурье a_n и b_n выражаются формулами

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos n\omega_0 t dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin n\omega_0 t dt.$$

Для точного представления произвольной функции $f(t)$ необходимо бесконечное число членов. На практике же обычно удается получить хорошее приближение к $f(t)$, учитывая относительно небольшое число членов.

Описанная выше процедура называется Фурье-преобразованием. Пример сложения двух простых колебаний $a(t)$ и $b(t)$ приведен на рисунке (рис. 6).

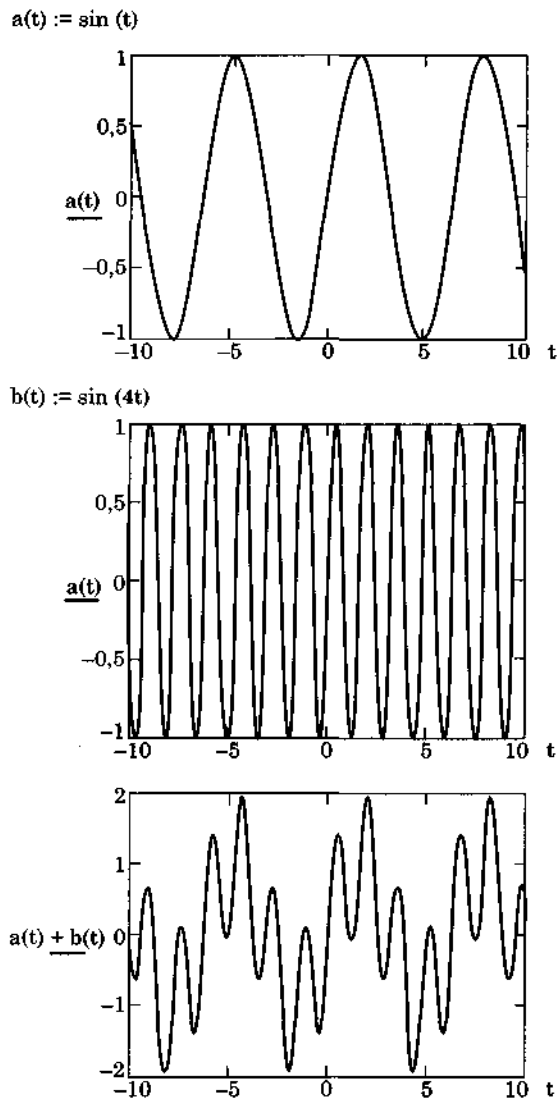


Рис. 6

Представленные лабораторные работы свидетельствуют о том, что экспериментальные задания могут быть предложены учащимся любого профиля. Практика проведения их показывает, что выполнение экспериментальных заданий всегда позитивно влияет на мотивацию учащихся к занятиям физикой и способствует более глубокому овладению профильными дисциплинами.

Литература

1. Петрова Е.Б. Исследование дефектов зрения // Физика в школе. — 2008. — № 3. — С. 53–55.

В приведенных ниже статьях описаны лабораторные работы, которые могут успешно использоваться при профильном обучении.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА

А.Ю. Китай (Москва, педколледж № 1 им. К.Д.Ушинского)

Целью данной лабораторной работы является ознакомление с современными методами измерения затухания оптического сигнала, зависящими от концентрации влаги в воздухе.

Введение. В ежедневных прогнозах погоды часто звучит: «Сегодня погода пасмурная, низкая облачность». А ведь облако — это тот же сильный туман, только на определенной высоте. Правильный прогноз погоды существует не только для того, чтобы соответствующим образом одеться, отправляясь на прогулку, он очень важен для сельского хозяйства, для энергетики. Так, при внезапных похолоданиях, энергопотребление в крупных мегаполисах может возрасти на 30–35%. Для Москвы это означает необходимость дополнительного подключения к городской энергосети еще одной мощной электростанции. Точный прогноз погоды важен и для авиации. Для решения всех этих задач требуется умение количественно оценивать интенсивность тумана.

Все мы привыкли к тому, что любое событие, случившееся за тысячи километров, уже через полчаса отражается на телевизионных экранах. Действующая информационная система требует, чтобы имелась возможность передавать данные со скоростью гигабит в секунду. С этим легко справляются оптоволоконные системы. Но есть места, где прокладка электрического или оптоволоконного кабеля невозможна или затруднена. (К таким местам относятся горные массивы и, как это ни удивительно, крупные мегаполисы — чтобы связать две точки, находящиеся на расстоянии 1–2 км в большом городе, могут потребоваться де-

сятки (!) километров кабеля.) Тогда альтернативой становятся системы беспроводной оптической связи, но их широкое применение сдерживает зависимость качества связи от погодных условий (дождь, снег, сильный туман).

Поэтому необходимо уметь определять *оптическую погоду*. Ведь она определяет, кроме того, и тепловой баланс атмосферы (известно, что когда Солнце закрыто тучами, температура поверхности Земли заметно понижается). В последнее время в районах крупных аэропортов постоянно измеряется затухание оптического сигнала на приземных трассах.

История исследований оптических свойств атмосферы. До XX в. основная часть существовавших методик по измерению характеристик атмосферы была основана на контактных методах. Температуру воздуха, состав атмосферы, влажность измеряли только непосредственно в той точке, где находился прибор. Для исследования верхних слоев атмосферы приходилось поднимать этот прибор на воздушном шаре (аэростате).

Исследования атмосферы оптическими методами началось в 1905 г., когда наш соотечественник В.В.Кузнецов безлунной ночью измерил высоту облаков с помощью мощного прожектора. Луч был направлен вертикально вверх, а на определенном расстоянии располагался «прибор», регистрирующий рассеянный облаком свет. (На первых порах это был глаз наблюдателя, рассматривавшего подсвеченные прожектором облака через подзорную трубу.) Высоту облаков определяли измерением угла

наблюдения. Прожекторное зондирование атмосферы развивалось в течение примерно 50 лет. За это время возможности даже самых мощных прожекторов оказались исчерпанными.

В 1963–1964 гг. итальянским ученым Джузеппе Фиокко впервые для исследования атмосферы был использован лазер. Ему удалось измерить высоту «серебристых» облаков — оказалось, что они находятся на высоте 73–83 км.

В нашей стране первые лазерные эксперименты по изучению атмосферы начали проводиться в Центральной аэрогеологической обсерватории Госкомгидромета СССР с 1965 г. В этих экспериментах лазерный локатор был установлен на исследовательском самолете ИЛ-18.

Особенностью лазерного мониторинга атмосферы является возможность определить характеристику воздушной среды точно в направлении лазерного луча. В большинстве первых экспериментов использовался рубиновый лазер. С его помощью удалось измерить пространственное распределение водяных паров в атмосфере (форму облака) с точностью порядка 10 м, появилась возможность оценить размер облака. Чисто качественные оценки (облачность «сильная» или «слабая») сменились на количественные, что резко повысило точность прогнозов погоды.

Затухание света в атмосфере определяется тремя составляющими: *собственным поглощением молекул воздуха, молекулярным рассеянием атмосферы и рассеянием на аэрозолях.*

В видимом диапазоне длин волн *собственное поглощение* близко к нулю, и нами далее не рассматривается.

Молекулярное рассеяние света в атмосфере (его еще называют *рэлеевским*) принципиально связано с тем, что атмосфера — это газовая среда, которой свойственны *флуктуации*: в любой момент времени (даже при спокойном состоянии атмосферы) количество молекул в объеме газа, равном

λ^3 (λ — длина волны света, рассеяние которого мы наблюдаем) отличается от количества молекул в таком же по величине соседнем объеме. Пусть в некотором объеме в среднем содержится N молекул газа. Тогда, согласно вероятностному характеру теории МКТ, в точно таком же соседнем объеме может быть примерно на \sqrt{N} молекул больше или меньше, т.е. всегда имеются *флуктуации плотности*. Детальное объяснение флуктуаций приведено в учебнике В.А.Касьянова [1; § 48]. Флуктуации концентрации молекул в воздухе и порождают рассеяние света. Для синего света объем λ^3 заметно меньше, чем для красного, так как меньше число молекул газа N в объеме λ^3 . Соответственно рассеяние синего света должно быть больше, чем для зеленого, и тем более для красного. Поэтому в безоблачную погоду небо кажется нам синим. Молекулярное рассеяние очень мало и называется лишь на километровых трассах (толщина атмосферы 6–10 км).

Вопросы для учащихся:

1. Почему УФ-излучение рассеивается сильнее, чем ИК-излучение?

Ответ. Длина волны УФ-излучения много меньше, чем ИК-излучения, поэтому УФ-излучение рассеивается сильнее.

2. Рассчитайте флуктуации числа молекул в объеме λ^3 для $\lambda = 630$ нм (красный свет) и $\lambda = 425$ нм (синий свет) при температуре 20 °С и давлении $P = 10^5$ Па.

Ответ. Из закона Клапейрона–Менделеева следует, что число молекул в объеме

λ^3 равно $N = \frac{N_A P \lambda^3}{RT}$, где N_A — постоянная

Авогадро, R — универсальная газовая постоянная, P — давление газа, T — его абсолютная температура. Как было показано выше, флуктуации числа молекул в объеме λ^3 равно \sqrt{N} . Соответственно, для красного света $\sqrt{N} = 2,49 \cdot 10^3$ молекул, а для синего света $\sqrt{N} = 1,37 \cdot 10^3$ молекул (эта величина меньше предыдущей почти в 2 раза).

3. Почему космонавты, летающие на космических кораблях выше уровня атмосферы, видят небо черным?

Ответ. Там, где нет атмосферы, там нет и рассеяния света воздухом, следовательно, солнечный свет не рассеивается и небо из космоса видится черным.

4. Когда рассеяние света в безоблачном небе сильнее: летом, когда жарко, или зимой, в мороз?

Ответ. Летом, в жаркую погоду, температура выше, чем зимой в мороз.

Вблизи поверхности Земли самым существенным является рассеяние на аэрозолях и примесях. Как правило, до высот порядка 1–2 км для видимого света оно в сотни и даже десятки тысяч раз больше, чем молекулярное рассеяние. Основная причина — природные аэрозоли: туман, снег и дождь, т.е. капельки воды разного размера. Размер капельки тумана не превышает десятка микрон, соответственно ее объем порядка 10^{-15} м^3 , что много больше λ^3 . Рэлеевское рассеяние в этом случае «не работает», и волны всех длин рассеиваются одинаково. Отсюда понятно, почему облака, туман и снег — белого цвета.

Как вычисляется затухание светового сигнала. При поглощении света молекулой энергия кванта переходит в тепловую энергию ее колебаний. При рассеянии же световая (электромагнитная) волна переизлучается во всех направлениях, и до приемника доходит лишь небольшая часть мощности излученного сигнала. (Поэтому в туман трудно разглядеть что-нибудь.)

Затухание измеряют в беллах (децибелл — дБ — одна десятая часть белла):

$$1 \text{ Б} = \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ — это десятичный логарифм от}$$

ношения двух одноименных энергетических величин (мощности, энергии и т.п.). Так, при $\frac{P_2}{P_1} = 10$ (мощность сигнала уменьши-

лась в 10 раз) затухание равно $\alpha = 1 \text{ Б}$, или 10 дБ. Соответственно $\alpha = 2 \text{ Б}$ (20 дБ) при $\frac{P_2}{P_1} = 100$; $\alpha = 17 \text{ дБ}$ при $\frac{P_2}{P_1} = 50$. В общем

случае, $\alpha = b \text{ дБ}$ (сигнал уменьшился на $0,1b$ бел, или на b децибел), если $\lg \frac{P_2}{P_1} = 10b$.

Вопросы для учащихся:

5. Какая часть Z излученного сигнала дойдет до приемника, если затухание на трассе составляет $b \text{ дБ}$?

Ответ. На рисунке 1 представлена зависимость $Z = Z(b)$ $\left(Z = 10^{-\frac{b}{10}} \right)$.

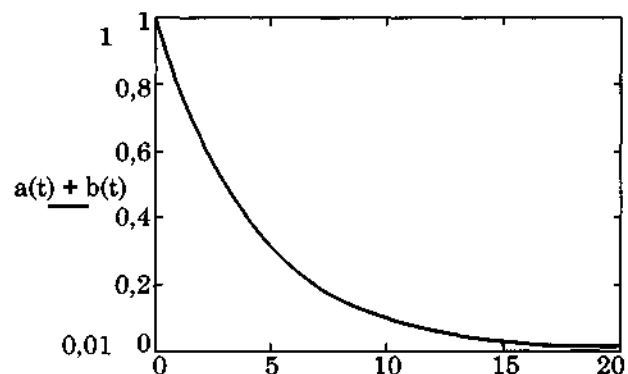


Рис. 1. Зависимость величины Z от затухания b в дБ

6. По представленной зависимости $Z(b)$ определите, какая часть сигнала дойдет до приемника, если на трассе $b = 5 \text{ дБ}$?

Ответ. $\sim 0,32$.

Затухание оптического сигнала связано с длиной трассы: чем длиннее трасса, тем сильнее затухает сигнал. Обычно длину трассы измеряют в километрах (пусть длина трассы $l \text{ км}$), приборами фактически измеряется затухание сигнала в пересчете на км, оно обозначается α . Величина b однозначно определяется формулой $b = l\alpha$.

Затухание оптического сигнала связано с понятием *видимость* — это расстояние, на

котором глазом можно различить на белом фоне хорошо освещенный черный объект площадью 1 м^2 . Видимость определяется трассой, на которой затухание составляет $14 + 15 \text{ дБ}$. В случае природных аэрозолей это составляет при $l = 0,25 \text{ км}$ $\alpha = 58 \text{ дБ/км}$; при $l = 0,50 \text{ км}$ $\alpha = 28 \text{ дБ/км}$; $l = 1,0 \text{ км}$ при $\alpha = 14 \text{ дБ/км}$ и $l = 2,0 \text{ км}$ при $\alpha = 7 \text{ дБ/км}$. Нетрудно сообразить, что $\alpha = 17 \text{ дБ/км}$ означает очень сильный туман: на расстоянии $700\text{--}800 \text{ м}$ уже нельзя отличить белое от черного.

Затухание светового сигнала на приземных трассах. В практических целях (в первую очередь для обеспечения аэронавигации и связи) принципиально важно уметь измерять затухание светового сигнала на постоянных трассах вблизи поверхности Земли. Если длина трассы $l \text{ км}$ и показатель затухания на ней $\alpha \text{ дБ/км}$, то мощность излученного сигнала вследствие рассеяния уменьшится в A раз $\left(A = 10^{\frac{\alpha l}{10}} \right)$. Отсюда легко вычислить $Z = \frac{1}{A}$ и определить видимость по таблицам.

По затуханию светового сигнала можно дистанционно различать туман и дождь. Для сильного ливня $\sim 12 + 19 \text{ дБ/км}$, для среднего (затяжного) дождя $\sim 8 \text{ дБ/км}$, для слабого (моросящего) $\sim 3,5 \text{ дБ/км}$. Для очень сильного тумана затухание α доходит до $800\text{--}1000 \text{ дБ/км}$ (видимость $2\text{--}3 \text{ м}$).

Белоснежные облака, так поэтично выглядящие с поверхности Земли, представляют собой сильный, густой туман. Это хорошо знают альпинисты и жители горных районов.

Еще одним видом природных аэрозолей является снег. Он также приводит к рассеянию сигнала. Мокрый снег подобен дождю, очень сухой — туману. Небольшой снегопад вызывает затухание от 6 до 40 дБ/км , сильный (метель) — в $1,5\text{--}2$ раза больше.

Связь погодных условий с затуханием оптического сигнала (в дБ) показана в таблице 1.

Таблица 1

Погодные условия	Затухание (дБ/км)
Ясная погода	0–3
Слабый дождь	3–6
Сильный дождь	6–17
Снег	6–26
Легкий туман	20–30
Густой туман	50–100

Оборудование:

1. He–Ne–лазер с мощностью излучения не менее 70 мВт , рабочая длина волны $\lambda = 633 \text{ нм}$ (красный свет), диаметр луча $\sim 2,5 \text{ мм}$.

2. Приемник излучения: измеритель лазерной мощности «СКАТ–Р»* с цифровой индикацией, позволяющий измерять мощность лазерного сигнала свыше $0,01 \text{ мВт}$, оптимальная длина волны $\lambda = 633 \text{ нм}$, диаметр чувствительной площадки $D = 10 \text{ мм}$.

Ход работы:

1. Работа проводится во дворе школы**, на разных расстояниях l_1 и l_2 между двумя зданиями. Разместите приборы (лазер и приемник излучения) на расстоянии $30\text{--}50 \text{ м}$ напротив друг от друга. Учащимся, проводящим лабораторную работу, надеть защитные очки зеленого стекла.

2. Направьте луч лазера на входное отверстие приемника излучения. С помощью белой бумаги, диффузно отражающей лазерное излучение, обеспечьте совпадение оси приемника с направлением луча лазера. Закрепите излучатель и приемник на штативах.

3. Измерьте расстояния l_1 и l_2 между излучателем и приемником с помощью рулетки.

* В качестве приемника излучения может быть, например, использован оптический датчик из цифровой лаборатории «Архимед». (Прим. ред.)

** При невозможности проведения масштабных экспериментов можно провести исследование модели оптической системы, содержащей неоднородности. (Прим. ред.)

4. Заполните таблицу 2 как минимум для четырех измерений. Определите видимость (см. выше).

5. При тщательной юстировке на сравнительно небольшой трассе измерения α могут показать величину, практически равную нулю. На такой трассе туман довольно просто смоделировать; можно разлить вдоль трассы (точнее ее части) жидкий азот. Пары испаряющегося азота создадут сильный туман. Расстояние l_1 в этом случае вычисляется с длиной «тумана» в качестве дополнительной величины. Можно вместо жидкого азота использовать корыто, заполненное кипятком. В этом случае локально также возникнет «туман».

Таблица 2

№	l_1 , км	l_2 , км	U_1 , отн. ед.	U_2 , отн. ед.	α , дБ/км	$\alpha_{\text{сп}}$, дБ/км

Определить показатель оптического затухания на трассе (в дБ/км):

$$\alpha = \frac{10}{l_1 - l_2} \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}.$$

Здесь l_1, l_2 — два расстояния между источником и приемником света (км), U_1, U_2 — два показания приемника при этих расстояниях.

6. Определив величину α , найдите эквивалентные погодные условия (см. выше).

Следует указать, что относительная влажность воздуха, так как она понимается в «школьной» физике, во всех случаях кроме ясной погоды практически равна 100%. Фактически оптические методы определяют концентрацию воды в жидком состоянии, находящейся в воздухе.

Литература

1. Касьянов В.А. Физика 10. — М.: Дрофа, 2002.
2. Кунегин С.В. и др. Системы и сети передачи информации. — М.: Радио и связь, 2001.
3. <http://www.alpgarant.ru/boks.html> (сайт «Беспроводная оптика»).

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

А.Ф. Ан (г. Муром, Владимирский государственный университет, Муромский институт)

Необходимым условием эффективного освоения курса физики, формирования системного мышления и мировоззренческого опыта учащихся является физический эксперимент. В этой связи в государственном стандарте среднего (полного) общего образования одной из целей изучения физики на профильном уровне провозглашается «овладение умениями проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, обрабатывать результаты измерений, выдвигать гипотезы и строить модели, устанавливать границы их применимости».

Принимая во внимание: а) определяющую роль эмпирической составляющей содержания физического образования в

освоении обобщенных методов решения профессиональных задач на основе фундаментальных знаний; б) переход к ЕГЭ по физике, в контрольно-измерительные материалы которого целенаправленно включены задания на проверку сформированности методологических и экспериментальных умений выпускников средней общеобразовательной школы; в) необходимость формирования у школьников ориентационно-мотивационной основы для осознанного выбора профессии с учетом структурных особенностей промышленного потенциала и регионального рынка труда, считаем необходимым углубить профильную подготовку старшеклассников по физике введени-

ем практико-ориентированных элективных курсов.

В рамках научного и учебно-методического взаимодействия Муромского института Владимирского государственного университета и средними общеобразовательными учреждениями г. Мурома нами разработан элективный курс «Физический практикум для будущих инженеров», который является пропедевтическим по отношению к вузовскому курсу общей физики и рассматривается как необходимый элемент системы непрерывного физического образования инженеров технических профессий.

Пояснительная записка

Надо стремиться показать физическое явление так, чтобы оно не было оторвано от жизни. Это позволит сделать для ученика очевидной связь между теорией и практикой еще на школьной скамье и будет способствовать уничтожению самой большой болезни нашей учебы — ее абстрактности.

*Лауреат
Нобелевской премии,
академик П.Л. Капица*

Элективный курс «Физический практикум для будущих инженеров» предназначен для учащихся XI классов естественно-математического, технологического профилей и является частью школьного (вариативного) компонента базисного учебного плана.

Целями курса являются дополнение содержания профильной подготовки по физике на старшей ступени школьного образования, развитие познавательных интересов и творческих способностей учащихся, формирование у старшеклассников методологических умений научного познания окружающего мира, актуализация представлений о приоритетной роли физики в развитии техники и современных технологий.

Основные задачи курса:

— закрепить и расширить знания учащихся о разнообразии и широте проявления физических явлений в природе, их применении в современной технике;

— сформировать у школьников устойчивые навыки самостоятельного проведения наблюдений, измерений физических величин, обработки и анализа опытных данных, интерпретации результатов физического эксперимента, самообразования;

— повысить уровень предметной, мировоззренческой, технологической, оценочно-рефлексивной, информационной и коммуникативной компетенций учащихся, востребованных системой профессионального образования и рынком труда;

— повысить качество методологической и практической подготовленности учащихся к итоговой аттестации по физике в форме ЕГЭ;

— способствовать формированию функциональной готовности старшеклассников к последующему эффективному усвоению курса общей физики в системе высшего технического образования.

Программа курса рассчитана на 17 часов лабораторно-практических занятий (2 часа в неделю). Такой же ресурс времени отводится на индивидуальную внеклассную работу учащихся по теоретической подготовке к практикуму, обработке результатов экспериментов, их анализу и оформлению отчетов.

Содержание элективного курса согласуется с программой курса физики для учащихся школ, лицеев и классов с углубленным изучением предмета и представляет собой дополнительный дидактический материал к учебнику для X–XI классов (А.Т.Глазунов, О.Ф.Кабардин, А.Н.Малинин и др./ Под ред. А.А.Пинского. — М.: Просвещение, 2002).

Значительная часть предлагаемых учащимся экспериментальных исследований имеет профессионально-ориентированный характер и предусматривает использование

вузовской лабораторной базы, компьютерных моделей физических явлений. Это, по нашему мнению, является дополнительным фактором профориентации, способствует росту интереса школьников к данному курсу и учебной дисциплине в целом, обеспечивает прямую связь школы и вуза в системе непрерывного образования.

По окончании курса *учащиеся должны продемонстрировать:*

- знание на уровне понимания мировоззренческих положений физических законов и теорий, границ их применимости;

- владение основами методологии научного познания объектов окружающего мира, умения планировать и проводить физический эксперимент, обрабатывать и интерпретировать опытные данные, представлять результаты в форме отчета;

- способность самостоятельно находить, отбирать и усваивать информацию, необходимую для решения задач физического практикума;

- готовность к самоактуализации учебно-познавательной деятельности, рефлексии, самооценке, применению сформированных экспериментальных умений в конкретных проблемных ситуациях и дальнейшем профессиональном образовании.

Руководствуясь принципом преемственности уровней системы образования, в процессуальном аспекте рекомендуется приблизить курс к технологии проведения лабораторного практикума в вузе. С этой целью выполнение каждой работы целесообразно организовать по следующей схеме:

- самостоятельное изучение школьником дидактического материала, необходимого для осознанного выполнения работы;

- беседа с учителем по теме выполняемого исследования;

- проведение эксперимента в составе исследовательской группы;

- математическая обработка экспериментальных данных, их анализ, определение погрешностей измерений;

- оформление отчета по выполненной работе и его защита.

Содержание курса

1. Вводное занятие.

Знакомство с курсом и организацией учебной экспериментальной работы. Физика и методы научного познания. Эксперимент — основной метод исследования в физике. Этапы планирования и проведения эксперимента. Основные измерительные приборы. Источники и виды погрешностей измерений. Характеристика структуры экспериментальной части ЕГЭ.

2. Экспериментальные исследования механических явлений.

- Исследование зависимости скорости равноускоренного движения от времени.

- Исследование движения тела под действием нескольких сил.

- Определение ускорения тела по величине действующей на него силы.

- Изучение закона сохранения механической энергии.

- Измерение ускорения свободного падения с помощью математического и физического маятников.

- Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины.

- Изучение законов вращательного движения на приборе Обербека.

- Определение момента инерции твердого тела методом крутильных колебаний.

3. Исследования электромагнитных явлений.

- Исследование электрического поля системы неподвижных точечных зарядов (компьютерная модель).

- Исследование взаимосвязи силовой и энергетической характеристиками электростатического поля в сплошной среде.

- Определение емкости конденсатора методом зарядки и разрядки.

- Исследование зависимости силы тока на однородном участке цепи от приложенного напряжения и сопротивления.

— Измерение электрического сопротивления методом мостика.

— Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника постоянного тока.

— Определение КПД электродвигателя постоянного тока.

— Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли и индуктивности катушки.

— Исследование свободных электромагнитных колебаний в R, L, C-контуре (компьютерная модель).

— Проверка закона Ома для цепи переменного тока.

— Определение больших сопротивлений методом релаксационных колебаний.

— Анализ режима разветвленной цепи постоянного тока (интерактивная компьютерная программа).

4. Эксперименты по волновой и квантовой оптике.

— Наблюдения интерференции и дифракции света.

— Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

— Определение длины волны и энергии кванта излучения газового лазера.

— Исследование внешнего фотоэффекта и экспериментальное определение постоянной Планка.

5. Физика полупроводников.

— Исследование влияния температуры на сопротивление металла и полупроводника.

— Снятие вольт-амперной характеристики полупроводникового диода.

— Исследование характеристик фоторезистора.

Примечание. Каждая исследовательская группа (3–4 человека) выполняет работы из приведенного перечня в объеме 14 часов.

6. Заключительное занятие.

Подведение итогов курса. Контроль уровня сформированности методологических знаний и практических умений. Анкетирование учащихся.

Тематическое планирование

№ п/п	Тема занятия	Кол-во часов	Содержание занятия	Деятельность учащихся	Деятельность учителя
1	Вводное занятие	2	Физика и методы научного познания. Эксперимент — основной метод исследования в физике. Этапы планирования и проведения эксперимента. Измерительные приборы. Погрешности измерений	Ответы на опросник входного контроля. Самооценка практических умений. Участие в беседе. Усвоение правил техники безопасности в физической лаборатории. Формирование исследовательской группы	Ознакомление учащихся с целями и задачами курса, технологией проведения практикума. Входной контроль уровня подготовленности учащихся. Ориентация учащихся на конечный результат. Проведение лекции-беседы о роли эксперимента в цикле научного познания. Выдача методических указаний к практикуму
2	Экспериментальные исследования механических явлений	2	1. Исследование зависимости пути и скорости от времени при равноускоренном движении, экспериментальная проверка второго закона Ньютона, закона сохранения механической энергии, определение ускорения свободного падения, периода колебаний маятника.	Работа с учебной и методической литературой, систематизация и обобщение теории по теме. Беседа с учителем и получение допуска к выполнению лабораторной работы. Проведение эксперимента и обработка опытных данных. Оформление и сдача отчета по работе	Беседа с учащимися по теме лабораторной работы, консультирование. Рекомендации по проведению экспериментальной части, координация деятельности учащихся. Обсуждение отчетов по проделанной работе, текущая оценка образовательных результатов

		2	2. Изучение закономерностей вращательного движения, экспериментальное определение момента инерции твердого тела	– " –	– " –
3	Исследование электромагнитных явлений	2	1. Исследование электрического поля системы неподвижных точечных зарядов, взаимосвязи напряженности и потенциала электростатического поля, определение электрической емкости конденсатора.	– " –	– " –
		2	2. Измерение электрического сопротивления проводника, определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника постоянного тока, КПД электродвигателя, экспериментальная проверка законов Ома и Джоуля-Ленца.	– " –	– " –
		2	3. Определение индукции магнитного поля, исследование свободных и вынужденных электромагнитных колебаний, определение параметров электрического колебательного контура, экспериментальная проверка закона Ома для цепи переменного тока	– " –	– " –
4	Эксперименты по волновой и квантовой оптике	2	Наблюдения интерференции и дифракции света, определение длины световой волны, энергии излучения лазера, экспериментальное определение постоянной Планка	– " –	– " –
5	Физика полупроводников	2	Исследование влияния температуры на сопротивление металла и полупроводника, снятие вольт-амперной характеристики диода, фоторезистора	– " –	– " –
6	Заключительное занятие	1	Подведение итогов курса	Выполнение заданий итогового контроля, обсуждение образовательных результатов. Участие в беседе. Рефлексия и самооценка	Тестирование и анкетирование учащихся, оценивание их практической деятельности. Беседа по профориентации и итоговой аттестации в формате ЕГЭ. Учет мнения учащихся об элективном курсе

Ниже приведен пример варианта итогового контрольного задания-опросника по оценке освоения учащимися элементов содержания элективного курса:

1. Какая из приведенных ниже формулировок дает, по вашему мнению, лучший ответ на вопрос, что такое физический эксперимент?

а) Измерения, выполненные для определения физической величины;

б) наблюдения, проводимые с целью получения информации о происходящих физических явлениях;

в) наблюдения физических явлений, проводимые в контролируемых и управляемых условиях с целью проверки выдвинутых гипотез;

г) исследования, проводимые с помощью научных приборов для проверки действия физических законов.

2. Что такое физическая модель? Объясните и приведите примеры физических моделей.

3. На рис. 1 представлен график зависимости от времени угла отклонения нити математического маятника от вертикального положения. В соответствии с этим графиком длина нити равна:

а) 1 м; б) 2 м; в) 3 м; г) 4 м

4. Пользуясь набором элементов, условные обозначения которых приведены на рис. 2, составьте схему электрической цепи

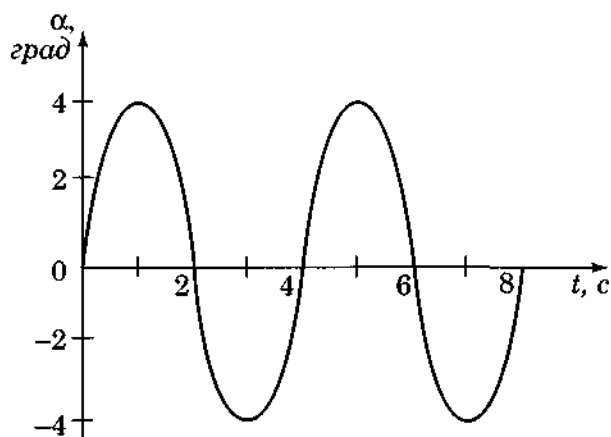


Рис. 1.

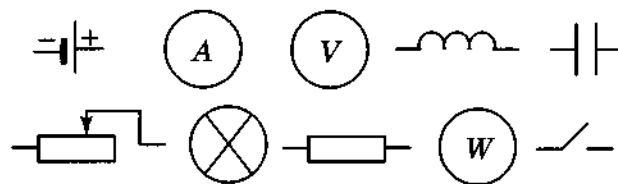


Рис. 2.

для измерения электродвижущей силы источника постоянного тока.

5. Исследовалась зависимость силы тока в цепи от напряжения на концах резистора. Результаты измерений представлены в таблице:

I, A	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U, B	4	8	12	14	15

На основании эксперимента можно сделать следующий вывод:

а) сопротивление резистора равно 30 Ом;

б) сопротивление резистора в конце опыта увеличилось;

в) закон Ома выполняется при значениях силы тока в диапазоне от 0,3 до 0,5 А;

г) закон Ома выполняется до значения напряжения $U \approx 12$ В.

6. При исследовании зависимости силы тока через «черный ящик» от частоты при постоянном значении амплитуды колебаний напряжения построен график $I = f(\nu)$, изображенный на рис. 3. «Черный ящик» содержит:

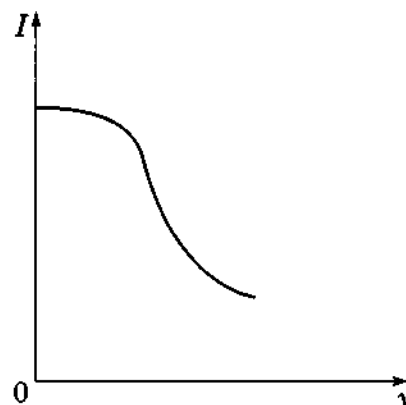


Рис. 3.

- а) резистор; б) катушку индуктивности;
в) конденсатор;
г) последовательно соединенные элементы R , L , C .

7. На дифракционную решетку нормально падает свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Чему равен период дифракционной решетки, если максимум второго порядка наблюдается под углом $\varphi = 30^\circ$?

- а) 2 мкм; б) 4 мкм; в) 0,25 мкм; г) 10 мкм

8. В некоторых опытах по изучению внешнего фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором фототок полностью прекращается, называют задерживающим напряжением. В таблице представлены результаты подобного опыта при освещении одной и той же металлической пластины, в ходе которого было получено значение постоянной Планка $h = 5,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Задерживающее напряжение U , В		0,6
Частота ν , 10^{14} Гц	5,5	6,1

Каково не указанное в таблице первое значение задерживающего напряжения?

- а) 0,8 В; б) 0,7 В; в) 0,5 В; г) 0,4 В

9. Способствовал ли данный элективный курс повышению уровня Вашей практической подготовленности по физике? (Да. Нет. Затрудняюсь ответить.)

10. Повлиял ли элективный курс на Ваши представления о дальнейшем продолжении образования и профессиональном самоопределении? (Да. Нет. Затрудняюсь ответить.) Сформулируйте Ваши предложения по улучшению содержания и организации элективного курса.

Литература

- Интернет-сайт ОСКАФ Ассоциации кафедр физики технических вузов РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.physicsnet.ru>.
- Кабардин О.Ф. Экспериментальные задания по физике. 9–11 кл.: учеб. пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. — М.: Вербум-М, 2001.
- Концепция профильного обучения на старшей ступени общего образования // Стандарты и мониторинг в образовании. — 2002. — № 5.
- Орлов В.А. Элективные курсы по физике и их роль в организации профильного и предпрофильного обучения // Физика в школе. — 2003. — № 7. — С. 17–19.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ (элективный профильный курс)

Е.В. Сиякин (Волгоградская обл., Еланский р-н, с. Морец)

Пояснительная записка

Для понимания фундаментальных понятий и законов физики необходимы не только их формулировка и аналитическое представление, но и демонстрация, показ, проведение опытов. Умения обобщать, синтезировать знания более всего требуются при выполнении физических лабораторных работ. Компьютер позволяет моделировать физические явления, физические эксперименты.

Представленный курс дает возможность закрепления приобретенных в лабораторном практикуме умений. Комплект моделей лабораторных работ, используемых в учебном процессе, содержит определенные циклы. Это позволяет сформировать и закрепить устойчивый образ данного явления, так как учащиеся будут к нему обращаться неоднократно. Системный подход в проектировании и применении компьютерных лабораторных работ способствует

формированию системного мышления учащихся.

Курс построен с опорой на знания и умения, полученные учащимися при изучении физики, информатики и ИКТ.

Учебно-методический комплект к курсу состоит из программы, пособия для учащихся, электронного приложения «Начала электроники»*. Пособие для учащихся может быть использовано для самостоятельного изучения с выполнением части практических заданий в домашних условиях при наличии персонального компьютера (используется диск с программой «Начала электроники», в которую встроена электронная версия пособия).

Программа представляет собой электронный конструктор, позволяющий имитировать на экране монитора процессы сборки электрических схем, исследовать особенности их работы, проводить измерения электрических величин так, как это делается в реальном физическом эксперименте.

С помощью конструктора можно:

— изучать зависимость сопротивления проводников от удельного сопротивления его материала, длины и поперечного сечения;

— изучать законы постоянного тока — закон Ома для участка цепи и закон Ома для полной цепи;

— изучать законы последовательного и параллельного соединения проводников, конденсаторов и катушек;

— изучать принципы использования предохранителей в электронных схемах;

— изучать законы выделения тепловой энергии в электронагревательных и осветительных приборах, принципы согласования источников тока с нагрузкой;

* Программа разработана в учебной лаборатории компьютерного моделирования механико-математического факультета НИИ механики и математики Казахского государственного национального университета им. аль-Фараби, <http://elektronika.newmail.ru>.

— ознакомиться с принципами проведения измерений тока и напряжения в электронных схемах с помощью современных измерительных приборов (мультиметр, двухканальный осциллограф), наблюдать вид переменного тока на отдельных деталях, сдвиг фаз между током и напряжением в цепях переменного тока;

— изучать проявление емкостного и индуктивного сопротивлений в цепях переменного тока, их зависимость от частоты генератора переменного тока и номиналов деталей;

— изучать выделение мощности в цепях переменного тока;

— исследовать явление резонанса в цепях с последовательным и параллельным колебательным контуром;

— определять параметры неизвестной детали;

— исследовать принципы построения электрических фильтров для цепей переменного тока.

Конструктор можно также использовать и для других задач в самостоятельной творческой работе учащихся.

Одной из главных особенностей комплекса является максимально возможная имитация реального физического процесса. Для этой цели предусмотрено, например, следующее:

— изображения деталей конструктора и измерительных приборов приводятся не схематически, а в таком виде, как «на самом деле»;

— при превышении номинальной мощности электрического тока, протекающего через сопротивление, последнее «сгорает» и приобретает вид почерневшей детали;

— лампочка и электронагревательный прибор при номинальной мощности начинают светиться и «перегорают», если мощность, рассеиваемая на них, превышает рабочее значение;

— при превышении рабочего напряжения на конденсаторе, последний также «выходит из строя»;

— при превышении номинального рабочего тока через предохранитель он «перегорает»;

— большинство операций и их результаты сопровождаются звуковыми эффектами.

Это делается для того, чтобы учащийся наглядно видел последствия своих ошибок, учился разбираться в причинах того или иного неудачного эксперимента и вырабатывал необходимые навыки предварительного анализа схемы.

Основной формой проведения занятий является урок. Компьютерный практикум проводится в кабинете физики при наличии интерактивной доски (теоретические занятия) и в кабинете информатики. Содержание курса предусматривает проведение лабораторных работ, выполнение экспериментальных заданий, самостоятельную работу учащихся.

Курс рассчитан на 34 часа обучения для учащихся X классов, из которых на выполнение лабораторных работ отводится 18 часов.

Цели и задачи изложения и изучения курса

Основная цель компьютерного практикума состоит в том, чтобы способствовать более глубокому изучению физики, формировать у учеников практические навыки работы с имитационным экспериментом, измерения физических величин и вычисления по ним других параметров физической системы.

Формирование и закрепление умений исследования физических моделей — главная цель включения компьютерных моделирующих лабораторных работ в учебный процесс. Эта цель становится реально достижимой только при переносе акцента с качественного на количественное исследование моделей, что позволяет реализовать современное состояние компьютерной техники и методов программирования.

В курсе изучаются темы «Законы постоянного тока», «Переменный ток» раздела «Электродинамика».

В результате изучения курса учащиеся должны иметь представление:

— об основных физических законах электродинамики;

— о роли эксперимента в физике;

— об использовании современных компьютерных технологий для проведения компьютерного лабораторного практикума.

В результате изучения курса учащиеся должны уметь:

— проводить имитационный эксперимент по разделу «Электродинамика»;

— проводить обработку результатов имитационного эксперимента с помощью программы Microsoft Office Excel.

Содержание деятельности учащихся

Познавательная деятельность учащихся предполагает:

— знакомство с соответствующим разделом теории;

— знакомство с ходом выполняемой компьютерной лабораторной работы;

— выполнение всех необходимых измерений;

— выполнение всех необходимых в данной лабораторной работе вычислений физических величин;

— построение всех необходимых графиков;

— оформление лабораторного отчета;

— умение делать вывод по выполненной лабораторной работе.

Принципы построения программы курса

Данный курс разработан для учащихся общеобразовательных школ. Практикум также может быть использован учащимися средней школы для самостоятельной подготовки при наличии дома компьютера.

Содержание курса

Введение (1 час)

Электронный конструктор «Начало электроники» (3 часа)

Назначение и особенности использования конструктора «Начала электроники». Технические требования к оборудованию. Содержание рабочего стола и основные принципы работы с комплектом: монтажный стол, панель деталей конструктора, описание функций кнопок управления, панель комментариев.

Цифровой мультиметр конструктора (1 час)

Общий вид и назначение деталей мультиметра. Правила работы с мультиметром. Измерения с помощью мультиметра.

Постоянный электрический ток (4 часа)

Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников. Закон Ома для участка цепи и для полной цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность в цепи постоянного тока.

Двухканальный осциллограф (1 час)

Общий вид и назначение деталей осциллографа. Правила работы с осциллографом. Изучение органов управления осциллографом.

Переменный ток (4 часа)

Переменный ток. Активное сопротивление в цепи переменного тока. Конденсатор в цепи переменного тока. Емкостное сопротивление. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление.

Лабораторные работы (18 часов)

1. Лабораторная работа № 1 «Изучение зависимости сопротивления реальных проводников от их геометрических параметров и удельных сопротивлений материалов» [9, с. 27].

2. Лабораторная работа № 2 «Исследование вольт-амперной характеристики лампы накаливания» [4, с. 54–58].

3. Лабораторная работа № 3 «Исследование сопротивлений проводников при параллельном и последовательном соединении» [9, с. 32–33].

4. Лабораторная работа № 4 «ЭДС и внутреннее сопротивление источников постоянного тока. Закон Ома для полной цепи» [17; 9, с. 34].

5. Лабораторная работа № 5 «Исследование сложных цепей постоянного электрического тока» [17; 9, с. 34].

6. Лабораторная работа № 6 «Мощность в цепи постоянного тока».

7. Лабораторная работа № 7 «Принцип работы плавких предохранителей в электрических цепях».

8. Лабораторная работа № 8 «Исследование электромагнитных колебаний с помощью осциллографа» [8, с. 134].

9. Лабораторная работа № 9 «Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов» [8, с. 132].

10. Лабораторная работа № 10 «Явление резонанса в цепи переменного тока».

11. Лабораторная работа № 11 «Изучение резонанса в электрическом колебательном контуре» [8, с. 138].

12. Лабораторная работа № 12 «Экспериментальная проверка правил Кирхгофа» [11, с. 57].

Итоговое занятие (1 час)

Резерв (1 час)

Тематическое и поурочное планирование

№ п/п	Тема
1	Введение
2	Назначение конструктора «Начала электроники» и общие особенности. Технические требования к оборудованию

3	Содержание рабочего стола и основные принципы работы с комплексом
4	Практическая работа «Создание простейших схем с помощью комплекса
5	Цифровой мультиметр конструктора. Правила работы с мультиметром. Измерения с помощью мультиметра
6	Сопротивление. Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников
7	Лабораторная работа № 1
8	Лабораторная работа № 2
9	Обработка результатов лабораторных работ № 1 и № 2
10	Лабораторная работа № 3
11	Лабораторная работа № 5
12	Обработка результатов лабораторных работ № 3 и № 5
13	Закон Ома для участка цепи и для полной цепи
14	Лабораторная работа № 4
15	Законы Кирхгофа
16	Лабораторная работа № 12
17	Обработка результатов лабораторных работ № 4 и № 12
18	Работа и мощность в цепи переменного тока
19	Лабораторная работа № 6
20	Лабораторная работа № 7
21	Обработка результатов лабораторных работ № 6 и № 7
22	Двухканальный осциллограф конструктора. Правила работы с осциллографом. Изучение органов управления осциллографом
23	Переменный ток
24	Лабораторная работа № 8
25	Активное сопротивление в цепи переменного тока
26	Конденсатор в цепи переменного тока. Емкостное сопротивление
27	Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление
28	Лабораторная работа № 9
29	Обработка результатов лабораторных работ № 8 и № 9
30	Лабораторная работа № 10
31	Лабораторная работа № 11
32	Обработка результатов лабораторных работ № 10 и № 11
33	Итоговое занятие
34	Резерв

Порядок оформления отчета по лабораторной работе

1. Указать номер и название работы.
2. Сформулировать цель работы.
3. Конспективно изложить теорию метода с записью проверяемых физических фактов.
4. Необходимо выделить рабочие формулы, по которым производится расчет искомых физических величин.
5. Привести схему рабочей установки.
6. В отчете приводятся таблицы измерений, куда вносятся результаты опыта. (Расчеты проводятся в программе Microsoft Office Excel с сохранением файла.)
7. Провести расчеты погрешностей.
8. При выполнении вычислений необходимо руководствоваться практически необходимой точностью.
9. Необходимо правильно округлить полученные значения физических величин.
10. По результатам защиты каждой выполненной работы каждому учащемуся выставляется оценка с учетом качества оформления, точности полученного результата и продемонстрированных теоретических знаний. На основании полученных оценок по всем выполненным и защищенным работам учащемуся выставляется зачет с оценкой.

Литература для учителя

1. *Быков В.В.* Научный эксперимент. — М.: Наука, 1989.
2. *Вольштейн С.Л., Позойский С.В., Усанов В.В.* Методы физической науки в школе: Пособие для учителя / Под ред. С.Л.Вольштейна. — Минск: Нар. асвета, 1988.
3. *Голин Г.М.* Формирование у учащихся знаний о научном эксперименте// Физика в школе, 1984. — № 5.
4. *Иголевиц И.А.* Лабораторная работа «Вольт-амперная характеристика лампы накаливания»//Физика в школе, 2005. — № 7. — С. 54.
5. *Кабардина С.И.* Измерения физических величин. Элективный курс: Учебное пособие / С.И. Кабардина, Н.И. Шефер. Под ред О.Ф. Кабардина. — М.: Бином. лаборатория знаний. 2005.

6. *Оспенникова Е.В. и др.* Использование информационных и коммуникационных технологий в преподавании физики: Учебное пособие/ Оспенникова Е.В., Беляева Н.В., Худякова А.В. — ПГУ, 2006.

7. *Оспенникова Е.В.* Основы технологии развития исследовательской самостоятельности школьников. Эксперимент как вид учебного исследования: Учебное пособие / Перм. гос. пед. ун-т. — Пермь, 2002.

8. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал: Пособие для учителя/ Л.И.Анциферов, В.А.Буров, Ю.И.Дик и др. Под ред. В.А.Бурова, Ю.И.Дика. — М.: Просвещение, 1987.

9. *Степанов С.В., Евстигнеев В.Е.* Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по электродинамике. — М., 2008.

10. *Фетисов В.А.* Оценка точности измерений в курсе физики средней школы: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1991.

11. *Сеин А.А., Тимошенко Ю.А.* Фронтальная лабораторная работа по проверке закона Ома и уравнений Кирхгофа для постоянного тока// Физика в школе, 2008. — № 1. — С. 57.

Литература для учащихся

12. *Анциферов Л.И.* Электродинамика и квантовая физика. 11 кл.: Учебник для общеобразоват. учреждений. — М.: Мнемозина, 2001.
13. *Борисов В.Г.* Юный радиолюбитель. — М.: Радио и связь, 1992.
14. *Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Пономарева А.В.* Факультативный курс физики. 8 класс: Учебное пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1977.
15. *Кабардина С.И.* Измерения физических величин. Элективный курс: Учебное пособие/ С.И.Кабардина, Н.И.Шефер. Под ред О.Ф.Кабардина. — М.: Бином. лаборатория знаний. 2005.
16. *Касьянов В.А.* Физика 11 кл.: Учебн. для общеобразоват. учеб заведений. — М., 2002.
17. *Поляков В.А.* Практикум по электротехнике: Учеб. пособие для учащихся 9 и 10 кл. — М.: Просвещение, 1974.
18. *Хорошавин С.А.* Физико-техническое моделирование: Учеб. пособие для учащихся по факультатив. курсу. 8–10 кл. — М.: Просвещение, 1983.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ОБРАЩЕНИЯ СПУТНИКА ЮПИТЕРА

И.И.Моисеев (г. Псков, МОУ «Псковский технический лицей»)

Развитие астрономии немыслимо без проведения наблюдений. В настоящее время несмотря на массовое развитие наблюдательной техники, позволяющей получать информацию о различных объектах и процессах во Вселенной, любительские астрономические наблюдения еще не утратили своей значимости. Наблюдения в астрономии играют такую же роль, как и эксперимент в физике. Если же в школе ведется углубленное преподавание физики, то и курс астрономии целесообразно ориентировать на более высокий уровень, что поможет связать эти два учебных предмета друг с другом. Покажем на примере, как можно использовать астрономические наблюдения для вычисления периода обращения спутника Юпитера.

Фотоснимки Юпитера можно получить, применяя телескоп и цифровой фотоаппарат, позволяющий осуществлять длительную экспозицию. Специальные компьютерные программы дают возможность сложить несколько снимков для получения яркого изображения. Используя фотоснимки спутников Юпитера, сделанные с большим интервалом времени, можно оценить периоды обращения спутников. Для того чтобы вывести наиболее простую формулу для расчета периода спутника, целесообразно выбрать одинаковые интервалы времени между снимками.

Будем считать орбиту спутника круговой (см. рис.). Пусть 0, 1 и 2 — это последовательные положения спутника на орбите, разделенные равными промежутками вре-

мени. Тогда x_0, x_1, x_2 — это проекции спутника на плоскость, перпендикулярную лучу зрения. Если φ — угол между плоскостью проекций спутника и направлением на его нулевое положение, а ω — его угловая скорость, то нетрудно видеть, что

$$\begin{aligned} x_0 &= R \cos \varphi, \\ x_1 &= R \cos (\varphi + \omega t_1), \\ x_2 &= R \cos (\varphi + \omega t_2), \end{aligned}$$

где t_1 — интервал времени между первым и вторым снимками Юпитера, а t_2 — между первым и третьим снимками Юпитера.

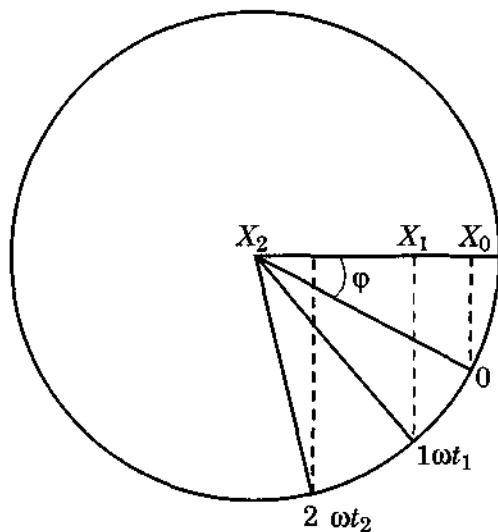


Рис.

Проведя необходимые математические преобразования и учитывая, что $t_2 = 2 t_1$, получим:

$$\cos \omega t_1 = \frac{x_0 + x_2}{2x_1}.$$

Как свидетельствует практика, результаты оказываются приемлемыми, если интервалы между фотоснимками будут не менее 2 ч (поскольку в противном случае при небольшом увеличении телескопа смещение спутника на фотоснимках незначительно).

Фотосъемка спутников Юпитера через телескоп и вычисление периода обращения спутника Ио по данному методу были проведены нами в конце мая — начале июня 2006 г. Но ввиду сложностей, связанных с отсутствием возможности проводить съемку через большие интервалы времени (из-за короткой продолжительности ночи), период обращения спутника был рассчитан не с помощью полученных снимков, а с

использованием компьютерной программы-планетария StarCalc.

После выполнения многократных измерений для спутника Юпитера Ио было получено значение периода обращения $T_{\text{ср}} = 40,53$ ч. Относительная ошибка составила около 5%, что дает основания для возможности в дальнейшем применять этот метод в практике работы школьного астрономического кружка. При благоприятных условиях видимости Юпитера вычисления можно произвести, используя фотоснимки. Такие снимки могут получить члены астрономического кружка.

Подобные работы позволяют учащимся лучше познать Вселенную.



предложения и советы

В.В.Скачков (Псковская обл., Успенская основная школа)

О введении в VIII классе физической величины «Электрическое напряжение»

Казалось бы, в VIII классе действующий учебник физики (*Перышкин А.В.* Физика-8. — М.: Дрофа, 2004) позволяет логически безупречно (насколько это возможно на первой ступени изучения физики) ввести эту величину. Но изучение приведенных в книге рисунков (63 и 64 на с. 91) убеждает в том, что для ученика отнюдь не бесспорен тот факт, что сила тока одна и та же в цепи лампы карманного фонарика, питаемой от батареи аккумуляторов, и в цепи бытовой лампы накаливания, питающейся от сетевой розетки. Внимательный ученик заметит, что шунты амперметров подключены к различным клеммам, а это и означает, что не доказан факт одинаковости значений силы тока в обеих цепях при одинаковых отклонениях стрелок. Объяснить же учащимся необходимость подключения шунтов разномвариантно на этом этапе просто невозможно и, следовательно, трудно убедить учащихся в

том, что сила тока в обеих цепях одна и та же. Кроме того, осуществить постановку таких опытов затруднительно и учителю: нужно правильно подобрать и мощность сетевой лампы, и сопротивление лампы карманного фонаря. Иначе говоря, совсем непросто добиться одинаковых показаний амперметров.

Еще один недостаток этих опытов связан с необходимостью иметь в физическом кабинете два одинаковых амперметра (далеко не во всех школах такое возможно). Неизбежны при этом и затраты времени на уроке. (Ведь требуется перенос амперметра из одной цепи в другую, что сопровождается еще и перестановкой шунта.)

Между тем после изучения предыдущего параграфа (§ 38. «Амперметр. Измерение силы тока») не надо собирать две различные цепи. Более того, нет необходимости даже в амперметре. Ведь по сути главной целью этого пара-

графа является экспериментальное подтверждение того факта, что во всех участках последовательной цепи сила тока одинакова. Отсюда и вытекает схема гораздо более «экономного» опыта (рис. 1), где источником тока служит сетевая розетка, а вышеуказанные лампы (много использованы лампы: 220 В, 60 Вт и 6,3 В; 0,3 А) соединяются последовательно.

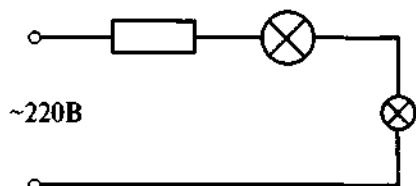


Рис. 1

Для уменьшения силы тока в цепи во избежание перегорания лампочки от карманного фонаря (она условно изображена меньшего размера, чем лампа накаливания) в эту цепь включаем также последовательно реостат

на 100 Ом. В нашем случае оказалось удобно включить его нерегулируемо, т.е. без ползунковой клеммы.

Возможен и другой вариант защиты «холодной» спирали малой лампы от перегорания при включении (рис. 2): параллельно ей подсоединяем «обходной» ключ, размыкаемый сразу, как только зажигается большая лампа.

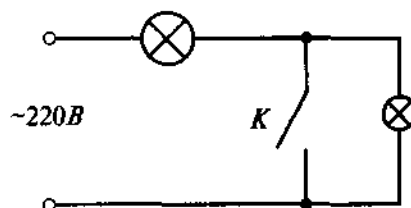


Рис. 2

Разумеется, предварительно на этом уроке непременно вновь должно быть обращено внимание учащихся на то, что сила тока во всех участках последовательной цепи одна и та же.

Г.С.Тугова (Республика Саха, п.Витим, ВСОШ)

Определение коэффициента поверхностного натяжения

Определить коэффициент поверхностного натяжения можно известным способом, но с помощью очень простого оборудования, имеющегося в каждой школе. Приведу пример опыта, который проводим мы в нашей школе.

Для эксперимента используется такое оборудование: весы, гири, склянка с хорошо просеянным песком, блюдце с водой и кусок специально приготовленной для опыта проволоки (в центре отрезка проволоки сделана петля). Опыт проводим следующим образом.

Измерив длину проволоки l и вычислив длину границы поверхности воды L , соприкасающейся с проволокой ($L = 2l$), подвешивают к одной чашке весов проволоку и уравнивают весы с помощью бумаги. Располагают проволоку над поверхностью воды на расстоянии 1–2 см,

а затем опускают ее на поверхность воды так, чтобы она прилипла к воде. Равновесие весов нарушается.

Этот простой опыт показывает, как при смачивании тел силы поверхностного натяжения удерживают их.

Для определения силы поверхностного натяжения на другую чашку весов очень аккуратно сыпят песок до тех пор, пока не произойдет отрыв проволоки от воды. Масса этого песка и равна силе поверхностного натяжения: $mg = F$, где m — масса песка. У нас в опыте получился следующий результат. При $l = 83$ мм, $L = 116$ мм и $m = 1$ г 150 мг сила поверхностного натяжения $F = 11,5 \cdot 10^{-3}$ Н. Тогда коэффициент поверхностного натяжения $\varepsilon = \frac{F}{L}$, $\varepsilon = 69 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

ФССО-2009

Хочется отметить проведенную для участников конференции экскурсию в музей оптики, созданный при Санкт-Петербургском государственном университете информационных технологий, механики и оптики.

Посещение музея произвело сильное впечатление на всех его посетителей: великолепно отреставрированное помещение, со вкусом и любовью оформленные витрины, хорошо отлаженные действующие оптические установки.

Но, кроме того, здесь функции музея удачно сочетаются с функциями технопарка. И все посетители могут получить удовольствие от игры на арфе, струнами которой служат лазерные лучи; созерцания живописных полотен, созданных люминесцентными красками, и использования приборов ночного видения.



Во время экскурсии

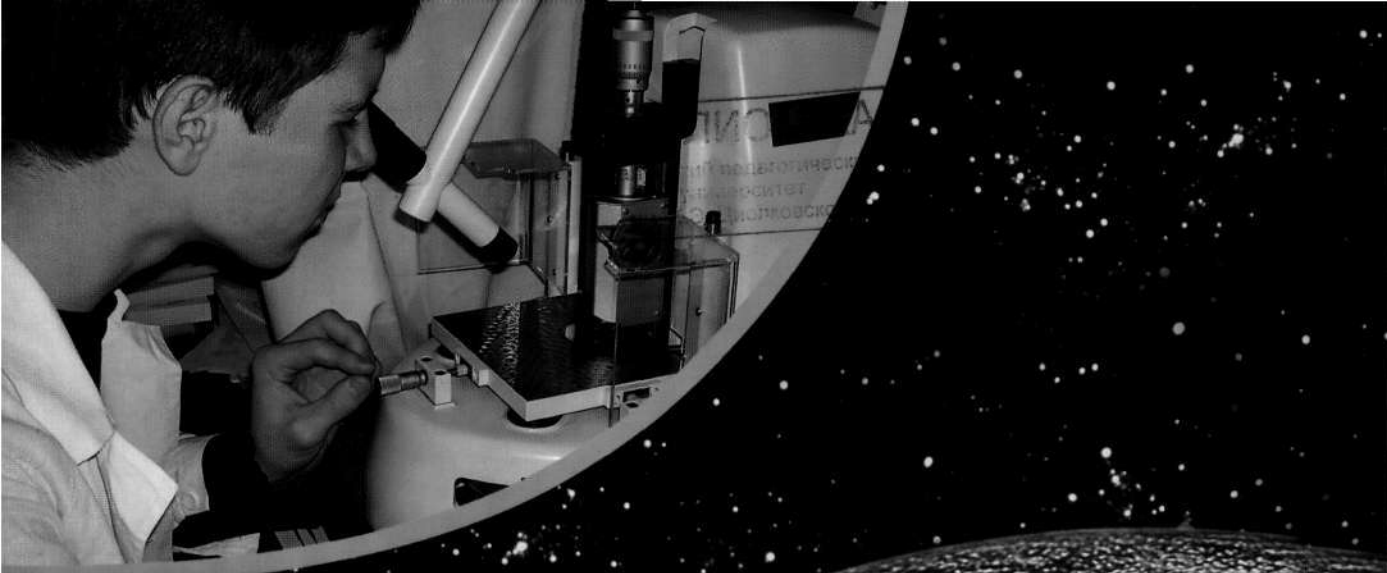


В залах музея



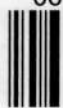
В зале голографии





ISSN 0130-5522

06



9 770130 552090

Подписной индекс 71019
Подписка осуществляется
по каталогу «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать»